



## **Impacto en el aprendizaje por el uso de las tecnologías de información**

## **Measure and evaluation of effects to learning by the use of technology**

Verónica Hernández-Morales<sup>1</sup>, Guillermo Carlos Peña-García<sup>1</sup>, Carlos Eusebio Mar-Orozco<sup>1</sup>, Alfonso Barbosa-Moreno<sup>1</sup>, Blanca Nelva Castillo-Bolaños<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, México.

---

Recibido: 30-09-2020  
Aceptado: 24-11-2020

Autor correspondal: [acinorevhm1967@gmail.com](mailto:acinorevhm1967@gmail.com)

## Resumen

¿Qué efectos puede traer el uso de los dispositivos móviles en el aprendizaje de los alumnos? En el presente documento se muestran los resultados de una investigación exploratoria, acerca de las posibles repercusiones que los aparatos electrónicos pueden causar en la población estudiantil, específicamente el celular y si éstos impiden que el alumno se desempeñe satisfactoriamente en sus estudios por el uso inapropiado dentro de las aulas, mermando la máxima capacidad que posee, ó si estas Tic's, utilizándolas responsablemente de acuerdo a los nuevos modelos educativos, traerán grandes beneficios para desarrollar competencias en los alumnos en un entorno global, para lo cual se utilizaron técnicas estadísticas, para recopilar y analizar información pertinente de un segmento muestreado por conveniencia del alumnado de la carrera de ingeniería industrial del Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Madero, que permitieron mostrar cuantitativamente si la hipótesis planteada se acepta o rechaza de acuerdo a un nivel de significancia, lo cual permitirá que el uso de la tecnológica, se utilice como un instrumento didáctico que motive a los alumnos no sólo en materias que requieran el uso de tecnología, mediante este estudio fue posible determinar los intervalos de los grupos de estudio entre los cuales se pudo apreciar una diferencia que impacta en su nivel de concentración.

Palabras clave: Impacto, rendimiento, efectos, comparación, instrumento didáctico.

## Summary

¿What effects can bring the use of mobile devices in the learning of the students? This document shows the results of an exploratory research, about the repercussions that this devices can cause in the student population, especially the phone and if this ones avoid a good performance in their studies by the inappropriate use inside the classrooms, diminishing the maximum capacity that posses or if this Tic's would bring great benefits. These benefits are to develop skills in the students in a global way. The use of statistics techniques help us to collect and analyze relevant information of sample size segments. The students of Industrial Engineering of the “Tecnológico Nacional de México”, Campus Madero City, allow to show quantitatively if the hypothesis propose is accepted or rejected. This will motivate the students to use it as a didactic instrument, and not only in the subjects that

requires technology, through this study it was possible to determine the intervals of the study groups between which a difference could be seen that impacts their concentration level.

Keywords: Impact, Performance, effects, comparison, didactic instrument

## **Introducción**

El ser humano siempre ha tenido la necesidad de comunicarse entre sí, es algo que, a lo largo de los años, iniciando desde tiempos muy remotos, ha ido evolucionando hasta llegar a las videollamadas que utilizamos hoy en día y es precisamente “ La evolución de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) que ha permitido generar nuevos escenarios educativos para propiciar el aprendizaje y favorecer con ello el desarrollo de modalidades educativas con una mejor adaptación a las necesidades de los estudiantes (Blázquez, 2001; De la Serna, 2011; Marqués, 1999; Rodríguez, 2011) lo que implica el uso de laptops, celulares, entre otros. Convirtiéndose así, la tecnología en algo indispensable en cualquier ámbito de nuestra vida y que sin duda alguna, irá mejorando y creciendo en cuestión de innovación. Es precisamente esta innovación lo que tanto atrae a los jóvenes por lo que, la mayoría del tiempo, los estudiantes suelen distraerse en las redes sociales como Facebook, Whatsapp, Twitter, Instagram, Snapchat, etc., en los dispositivos móviles en clase y éste es uno de los mayores motivos por los que no aprovechan el tiempo de aprendizaje y se prefieren perder la clase por la preferencia al celular. De acuerdo a los estudios realizados por la empresa de ciberseguridad McAfee,” resalta que el 86% de los alumnos que utiliza algún dispositivo está conectado a internet al menos una hora al día mientras que el 45% de éstos, consulta sus redes sociales mientras se imparte la clase”. (Press, 2017).

Si bien es cierto que esta tecnología es una necesidad y que cada vez será más indispensable también es cierto que, “Cuando la relación que la persona mantiene con ellas comienza a ser problemática (por que pasa excesivo tiempo realizándolas, porque deja de hacer otras cosas de más relevancia, porque el tiempo que no está realizándolas lo está deseando etc.), se considera que la persona tiene una adicción conductual (RUIZ-OLIVARES, LUCENA, PINO, & HERRUZO, 2010).

Precisamente esta necesidad y facilidad de acceso a las nuevas tecnologías “conlleva el riesgo de ser un elemento distractor en sus actividades académicas, comentan Mendoza R. Baena G. Baena A.(2016); por otra parte también deben entenderse las necesidades e inquietudes de su época y estilos de aprendizaje, por lo que el objetivo de esta investigación exploratoria, consistió en la aplicación de un cuestionario para analizar los resultados obtenidos a través de la estadística descriptiva y determinar el porcentaje de asertividad cuando se utiliza y no se utiliza el celular, para “ incentivar al docente a crear sus propios recursos de enseñanza, basado en las características y necesidades del estudiante, y fundamentalmente un diseño instruccional adecuado para generar autoaprendizaje y alcanzar los logros del aprendizaje” (Ausín, 2016) y que en lugar de prohibir las Tic’s, se conviertan en una herramienta útil y motivadora dentro del aula.

### **Materiales y métodos**

Es una investigación de tipo de exploratoria que deriva de un fenómeno de estudio que se presenta cada día con mayor frecuencia en los diferentes niveles académicos, pero que impacta en mayor grado en licenciatura porque ya desarrollar el hábito del apego al celular; por otro lado, cabe destacar que es una investigación colectiva ya que se está llevando a cabo por varios académicos.

También se presenta una investigación basada en un muestreo de conveniencia en donde se aplicó un cuestionario a dos grupos, la estrategia consiste en la proyección de un episodio de una serie; al primer grupo se le permitirá conservar sus celulares, mientras que al segundo se les recogerá, esta metodología tiene el fin de evaluar las condiciones que el alumnado genere al término de las proyecciones, destacando su habilidad y asertividad al tener y no tener consigo su dispositivo, para responder las preguntas.

Después de aplicarse las encuestas se estimó el intervalo de confianza que contiene el parámetro ( $P$  en este caso) calculado a partir de los datos de la muestra. El nivel de confianza se denota por  $1-\alpha$ , donde valor de  $\alpha$  es de 0.05 para un nivel de confianza del 95%. Se aplicó la siguiente fórmula para encontrar los intervalos de confianza:

Donde:

$$\hat{p} - Z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{\hat{p}(1 - \hat{p})}{n}} \leq p \leq \hat{p} + Z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{\hat{p}(1 - \hat{p})}{n}}$$

$\hat{p}$  estimador puntual del parámetro  $p$  de la distribución binomial.

$$\hat{p} = \frac{x}{n}$$

$p$  Proporción de la población

$n$  Tamaño de la muestra

$$Z = \frac{\hat{p} - p}{\sqrt{\frac{\hat{p}(1 - \hat{p})}{n}}}$$

Después se determinó el margen de error para cada proporción y está dado por:

$$E = Z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{\hat{p}\hat{q}}{n}}$$

**E**= margen de error.

Con la anterior fórmula del margen de error se pudo conocer cuánto puede ser el tamaño muestral mínimo **n** para cada proporción de la investigación. A continuación, se muestra la fórmula utilizada para calcular el tamaño muestral:

$$n = \frac{\left[ z_{1-\frac{\alpha}{2}} \right]^2 \frac{1}{2} \cdot \left( 1 - \frac{1}{2} \right)}{E^2} = \frac{\left[ z_{1-\frac{\alpha}{2}} \right]^2 \left( \frac{1}{2} \right)}{E^2} = \left( \frac{z_{1-\frac{\alpha}{2}}}{2E} \right)^2$$

Para conocer el porcentaje de asertividad se hizo uso de la estadística inferencial; en primera instancia se calcularon los intervalos de confianza de la proporción de aciertos de los cuestionarios a cada grupo y posteriormente se comprobó si la hipótesis nula de que la proporción de aciertos de los 2 grupos son iguales contra la hipótesis alternativa de que la

proporción de aciertos al grupo sin celular es mayor que la proporción de aciertos del grupo con celular. Para el desarrollo de los resultados obtenidos se llevaron a cabo los intervalos de confianza y pruebas de hipótesis, como sigue;

Propiedades de la distribución muestral de  $\hat{P}_1 - \hat{P}_2$

1. La distribución es aproximadamente normal
2.  $\mu_{\hat{p}_1 - \hat{p}_2} = \hat{p}_1 - \hat{p}_2$
3.  $\sigma_{\hat{p}_1 - \hat{p}_2} = \sqrt{\frac{p_1(1-p_1)}{n_1} + \frac{p_2(1-p_2)}{n_2}}$

Donde  $p_1$  es la primera proporción poblacional,  $p_2$  es la segunda proporción poblacional,  $n_1$  es el tamaño de la primera muestra y  $n_2$  es el tamaño de la segunda.

### **Resultados y discusión**

El desarrollo de toda la metodología nos permitió llegar a lo siguiente:

Primero se hizo el conteo del grupo sin celular para verificar el porcentaje de aprovechamiento en clase al tener consigo sus dispositivos, en este caso sus celulares, y así poner a prueba la hipótesis de la investigación.

Se aplicaron encuestas a 32 alumnos con 15 preguntas. Si todos los alumnos contestaran correctamente habría 480 aciertos con un aprovechamiento del 100%.

Tabla 1. Resultados del grupo con celular.

(ACIERTOS) DE ACIERTOS	(N° DE ALUMNOS)	= N° TOTAL	
0	1	0	
1	2	2	0.004
3	3	9	0.018
4	1	4	0.008
5	3	15	0.031
6	2	12	0.025
7	1	7	0.014
8	2	16	0.033
9	5	45	0.093
10	1	10	0.02
11	3	33	0.068
12	5	60	0.125
13	3	39	0.081
			5.2

Fuente: Los Autores.

El valor obtenido de N en tabla es de 5.2, es decir 52% de aprovechamiento.

Como resultado de la investigación exploratoria se obtuvieron los siguientes resultados: en el grupo no controlado se obtuvo un 52% de aprovechamiento, teniendo un alumno que no contestó nada en la encuesta.

Suma de Total de Aciertos es de 252, Si todos los alumnos contestaran correctamente habría 480 aciertos con un aprovechamiento del 100%.

$$\hat{p} = \frac{x}{n} = \frac{252}{480} = 0.52$$

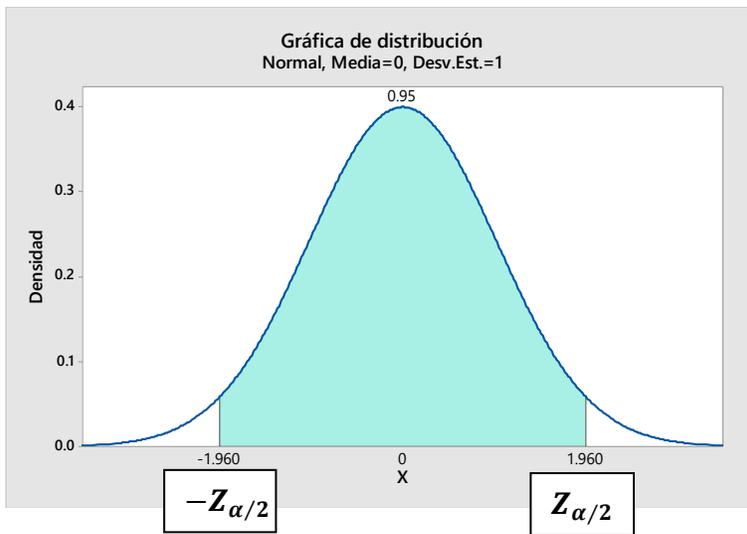
Proporción de éxito del grupo sin control del uso del celular.

$$\hat{p} - Z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{\hat{p}(1 - \hat{p})}{n}} \leq p \leq \hat{p} + Z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{\hat{p}(1 - \hat{p})}{n}}$$

### Prueba e IC para una proporción

La muestra de 252, de la población de 480, tiene un comportamiento el cual se representa en la siguiente gráfica.

Grafica 1. Distribución de los datos.



Fuente: Los Autores.

Se concluyó que de acuerdo a un nivel de confianza del 95% la proporción de respuestas correctas del grupo sin control se encuentra entre una proporción de 0.47 a 0.57 de respuestas correctas.

Ahora se muestran los resultados del segundo grupo al que se le restringió el uso de sus celulares, recogiendo cada uno de estos, esperando que el índice que aprovechamiento fuera mayor en comparación con el grupo no controlado.

Tabla 2. Resultados del grupo sin celular.

(ACIERTOS)	(N° DE ALUMNOS)	= N° TOTAL DE ACIERTOS	
5	1	5	0.01
6	4	24	0.05
8	2	16	0.033
9	4	36	0.075
10	10	100	0.208
11	4	44	0.092
12	2	24	0.05
13	2	26	0.054
14	2	28	0.058
15	1	15	0.031
			<b>0.661</b>

Fuente: Los Autores.

Como se muestra, el grupo controlado se obtuvo un 0.661, lo cual es equivalente a 66.1% de aprovechamiento de los alumnos, lo que indica que hubo un incremento del 14.1%. Ese aumento se debe a que 7 alumnos mejoraron su nivel de concentración.

De esta manera se comprueba la hipótesis de que los alumnos tienen un mejor aprovechamiento cuando los estudiantes no utilizan el celular en clases como un distractor.

Resultados para: Grupo con Control

La prueba e IC para una proporción, de una muestra de 318, de una N=480 arrojo un que el intervalo de confianza del parámetro p de respuestas correctas para el grupo con control de uso de celular de acuerdo a un nivel de confianza del 95% es de una proporción de 0.61 al 0.70.

Comparación de los intervalos de confianza para los dos grupos considerados:

**GRUPO CON CONTROL:**

Se concluye que el intervalo de confianza del parámetro  $p$  de respuestas correctas para el grupo con control de uso de celular de acuerdo a un nivel de confianza del 95% es de una proporción de 0.61 al 0.70.

**GRUPO SIN CONTROL:**

Se concluye que de acuerdo a un nivel de confianza del 95% la proporción de respuestas correctas del grupo sin control se encuentra entre una proporción de 0.47 a 0.57 de respuestas correctas.

Cálculo del intervalo de confianza de la diferencia de dos proporciones: es decir muestra 1 con un valor de  $n=318$  y  $N=480$  arrojo una proporción de 0.66, mientras que la muestra 2 con una  $n=252$  y una  $N=480$  una proporción de 0.52, al realizar el cálculo del intervalo de confianza para la diferencia de esas dos proporciones se encontró que es 0.0759761, 0.199024, es decir

$$0.759761 \leq p_1 - p_2 \leq 0.199024$$

$$(\hat{p}_1 - \hat{p}_2) - Z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{\hat{p}_1 \hat{q}_1}{n_1} + \frac{\hat{p}_2 \hat{q}_2}{n_2}} \leq p_1 - p_2 \leq (\hat{p}_1 - \hat{p}_2) + Z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{\hat{p}_1 \hat{q}_1}{n_1} + \frac{\hat{p}_2 \hat{q}_2}{n_2}}$$

También concluimos que el uso correcto de las Tic's, es un instrumento indispensable para que el alumno pueda desarrollar las competencias que marcan nuestro modelo educativo, lo cual les permitirá insertarse en un ámbito laboral cada día más globalizado, pero para ello es necesario que el docente tenga empatía con las necesidades y características de aprendizaje que cada estudiante requiere, al mismo tiempo se sienta motivado para reestructurar sus prácticas docentes y pueda lograrse la sinergia entre ambas partes.

**Agradecimientos**

Agradecemos al Instituto Tecnológico de Ciudad Madero por las facilidades prestadas para el desarrollo de este trabajo, a los estudiantes Kassandra Treviño Juárez y José Arturo Alcocer Cuevas, por su contribución en la aplicación de los cuestionarios.

## Referencias bibliográficas

Ausin, V., Abella, V., Delgado, V., y Hortiguera, D., Aprendizaje Basado en Proyectos a través de las TIC: Una Experiencia de Innovación Docente desde las Aulas Universitarias, Formación Universitaria, doi: 10.4067/S0718-50062016000300005, (en línea), 9 (3), 31-38 (2016)

Blázquez, F., Sociedad de la Información y Educación. Junta de Extremadura. Consejería de Educación, Ciencia y Tecnología, Mérida, España (2001)

De la Serna, M., Las TIC en la enseñanza universitaria: estudio, análisis y tendencias, Revista de currículum y formación del profesorado, ISSN 1989-639X. (En línea: <http://www.ugr.es/local/recfpro/rev151ed.pdf>, acceso 10 de diciembre 2014), 15(1), 5-8, Recuperado de (2011)

Marqués, P. (1999)., Evolución de la Tecnología Educativa. La Tecnología Educativa: conceptualización, líneas de investigación. (En línea: <http://peremarques.pangea.org/tec.htm>, acceso 12 de febrero 2015), (2011)

Mendoza R. Baena G. Baena A. Un análisis de la adicción a los dispositivos móviles y su impacto en el rendimiento académico de los estudiantes de la Licenciatura en Informática Administrativa del Centro Universitario UAEM TEMASCALTEPEC. Atlante. Cuadernos de Educación y Desarrollo. 2015 febrero. Revisado 2016 octubre 15. Disponible en: <http://atlante.eumed.net/wpcontent/uploads/moviles.pdf>

Rodríguez, R., Repensar la relación entre las TIC y la enseñanza universitaria: problemas y soluciones. Profesorado, revista de currículum y formación del profesorado. (En línea: <https://goo.gl/LbhDDA>, acceso 13 de marzo 2015), 15(1), 9-22. (2011)

RUIZ-OLIVARES, R., LUCENA, V., PINO, M., & HERRUZO, J. (2010). Análisis de comportamientos relacionados con el uso/abuso de Internet, teléfono móvil, compras y juego en estudiantes. Adicciones. Revista de sociodrogalcohol 301- 309



**Análisis influyente de las Tecnologías de la Información y la Comunicación en estudiantes de nivel superior**

**Influential analysis of Information and Communication Technologies in higher level students**

Irma Lizette Martínez-Hernández<sup>1</sup>, Mariela Lizeth Martínez-Hernández<sup>1</sup>, Braulio Bautista-López<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tamazunchale, San Luis Potosí, México.

---

Recibido: 13-09-2020  
Aceptado: 02-12-2020

Autor correspondiente: [marielalizeth\\_05@hotmail.com](mailto:marielalizeth_05@hotmail.com)

## **Resumen**

Esta investigación designada con el nombre de Análisis influyente de las Tecnologías de la Información y la Comunicación e identificación de los trastornos emocionales que pueden ocasionar en los jóvenes en la Universidad del Tecnológico de Tamazunchale se realizó con el fin de poder identificar que tanto puede interferir el uso de las Tecnologías de la información y la Comunicación (Tics) en los jóvenes estudiantes, tomando en cuenta primordialmente las consecuencias emocionales que puede provocar en ellos por el uso constante. El uso de las tecnologías en los jóvenes estudiantes es cada vez mayor donde dichos jóvenes en ocasiones dan incorrectamente el uso por lo que consiguen ser víctimas emocionalmente. Por lo que el objetivo principal de esta investigación fue identificar el trastorno que predomina más en los jóvenes por el uso excesivo de las Tics.

La metodología empleada fue de tipo cuantitativa ya que interesa medir el fenómeno que se presenta tal es el caso del uso influyente de las tics en la salud emocional de los jóvenes con alcance de estudio de tipo explicativo por lo que se llegó a la conclusión de que efectivamente es cierto que las tecnologías influyen ya que de acuerdo con los instrumentos aplicados los alumnos tuvieron respuestas asimiladas a los posibles comienzos de estos trastornos.

**Palabras clave:** Tic's, estrés, ansiedad, estilo de vida, herramientas educativas.

## **Abstract**

This research designated as Influence analysis of Information and Communication Technologies and identification emotional disorders that can cause young people at Tamazunchale University of Technology were to be able to identify that both the use of Information and Communication Technologies (Tics) in young students, taking into account primarily the emotional consequences it can have on them by constant use. The use of technologies in young students is growing where these young people sometimes incorrectly give use so they manage to be emotionally victimized. So the main objective of this research was to identify the disorder that dominates the most in young people due to the excessive use of Tics.

The methodology used was quantitative in that it is in the interest of measuring the phenomenon that arises such is the case of the influential use of tics in the emotional health of young people with explanatory type study explanatory type so it was concluded that it is

indeed true that technologies influence because according to the instruments applied the students had similar responses to the possible beginnings of these disorders.

**Keywords:** Tic's, stress, anxiety, lifestyle, educational tools.

## **Introducción**

Es evidente que las Tecnologías de la Información y la Comunicación son la clave en estos tiempos ya que con los diferentes tipos de medios de soporte técnicos como son las computadoras, celulares, radios, televisores hasta las consolas de juegos podemos procesar y compartir todo tipo de información dependiendo los distintos servicios que se tengan que utilizar.

Con la llegada de las tecnologías de información y comunicación, englobando lo que son los dispositivos electrónicos, aplicaciones y medios sociales estos nos transportan a un mundo cada vez más relacionado, dando un radical cambio a la vida cotidiana de todas las personas (Palomino, 2017).

De acuerdo a un estudio que se realizó en el año 2018 en México, bajo la colaboración de organismos nacionales publicaron que un total de 74.3 millones son usuarios de internet considerando que más de la mitad de los usuarios son mujeres con un porcentaje del 51.5% y 48.5% son hombres (INEGI, 2019).

Tal como opina Garrote (2013) la sociedad en general transcurre a los medios, servicios y establecimientos que nos ofrece hoy en día las tecnologías, formando parte en hogares, empresas y organizaciones. Los jóvenes estos tiempos viven en un ambiente más digitalizado influenciando sus conductas ya sea en la forma de desenvolverse, relacionarse y comunicarse.

La característica principal de estos trastornos que son influenciados por las tecnologías en los jóvenes de entre 13 y 25 años primordialmente, es que comienzan a tener síntomas que a primera vista no son tan notables pero mientras transcurre el tiempo y los jóvenes siguen usando constantemente de las tecnologías estos comienzan con síntomas emocionales y llegando a ser físicos.

De acuerdo con Alfaro (2009), las Tics por sí solas no son garantía de bienestar y calidad de vida laboral, por lo que resulta importante tomar en cuenta acciones para tratar de minimizar sus efectos negativos como el estrés.

Por el uso de las tecnologías y las redes sociales algunos jóvenes comienzan a desarrollar conductas antisociales, tal como argumenta Orantes (2010) en una investigación que realizó en donde las conductas antisociales que se presentan con mayor frecuencia y cuyos porcentajes de aceptación fueron superiores al 50% de la muestra.

Los descubrimientos con los que se cuenta actualmente derivado de investigaciones en cuanto a la adicción de las NTICs (Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación) y los cuadros de ansiedad, proporcionan un apoyo a los profesionales de la educación para que puedan detectar conductas de uso incorrecto en los estudiantes, y de esta manera dar un mejor uso de las nuevas tecnologías en la sociedad actual (Rodríguez, 2012).

Existen asociaciones que se han puesto a indagar que las nuevas tecnologías de la información y comunicación mencionando que se pueden considerar dentro de las adicciones relacionadas a las conductas o comportamientos sin embargo se continúa indagando sobre esta concordancia de la dependencia a las NT (Nuevas Tecnologías) (Labrador, Villadangos, Crespo y Becoña, 2013).

De otro modo Carlevaro (2015) estudia más a fondo a los jóvenes que han sido los más influenciados por las tecnologías, específicamente lo referido a redes sociales lo que ha provocado depresión y ansiedad al no sentirse aceptados, simplemente por no estar a la moda o cumplir ciertos estándares o estereotipos, de estas circunstancias surge el querer ayudar a los jóvenes y poder identificar cuál de los trastornos presentan.

Hay propuestas de autores para identificar y poder ayudar a los jóvenes que llegan a ser adictos a las tecnologías tal es el caso de Cabañas y Korzeniowski (2015) el cual proponen realizar test neuropsicológicos para que se pueda tener una mayor información de los jóvenes que utilizan en exceso el internet y poderlos ayudar.

En un estudio elaborado por la Universidad de Cuenca, Ecuador y de acuerdo a la investigación que realizaron Torres y Ugalde (2013) referente al estado de ánimo de los estudiantes de esta universidad, se encontró que las prevalencias de ansiedad y depresión fueron de 39,8% y 18,3% respectivamente, siendo la mayor la que se dio en estudiantes con adicción a las Tic. De este estudio también se obtuvo que la adicción a las tic aumenta el riesgo de depresión en 2,61 veces (IC 95% 1,664-4,159) y el riesgo de ansiedad en 1,88 veces (IC 95% 1,45-2,44).

No obstante Carbonell y Oberst (2015) llega a la conclusión de que es de mucha importancia llevar a cabo labores de enseñanza educacional que puedan ayudar a jóvenes que sufran de conductas psicológicas, proporcionando información a los padres de familia y profesores con el fin de que lleven un mejor estilo de vida (p.17).

Entre tanto De la Villa y Suárez (2016) argumentan que para las nuevas líneas de investigación lo más conveniente sería ampliar estos estudios con muestras de mayor tamaño, así como una variación en criterios de esta, de la misma manera seguir con investigaciones de perfiles clínico y psicosocial de los jóvenes que llegan a mostrar signos de problemas de conductas por la utilización de las tecnologías (p. 75).

En un artículo se plasma la investigación de Caro (2017) en la cual desde su punto de vista la adicción a las tecnologías más que una enfermedad es una conducta que el joven o adulto empiezan a adecuar en sus vidas, en otras palabras, lo mejor para combatir la adicción de las tecnologías es convivir con el entorno.

En otras opiniones Martin (2018) menciona que las redes sociales así como el uso de los dispositivos sean vuelto indispensables en la vida cotidiana en los jóvenes, por tanto hasta cierta parte empiezan a generar estrés y de ahí otros trastornos como la ansiedad, depresión y lo más recomendable es limitar el uso de las redes ya que eso influencia más en el comportamiento de los jóvenes.

Como argumenta la Universidad Internacional de Valencia (2018) empiezan a surgir nuevos trastornos emocionales a causa de las tecnologías sin embargo estas mismas se pueden utilizar para ayudar. Ha surgido una manera nueva de atender a los jóvenes y es teniendo citas virtuales con psicólogos que estos brindan ayuda.

## **Materiales y métodos**

### **Metodología**

El presente proyecto es de tipo cuantitativo ya que interesa medir el fenómeno que se presenta tal es el caso del uso influyente de las tics en la salud emocional de los jóvenes determinando así causa-efecto. Comúnmente los métodos cuantitativos se generalizan en gran tamaño en efectividad de validez puesto que con solo tener una proporción representativa de la población sacan de esta, una muestra con una certeza y exactitud determinada. Por esta razón el alcance del estudio que se eligió fue del tipo explicativo ya

que se determinan las causas que el fenómeno está provocando al igual que se centra del por qué ocurre dicho fenómeno y como es que se está manifestando. Y por esto mismo el diseño de investigación es no experimental y transeccional.

### **Instrumentos de recolección**

Los instrumentos utilizados fueron la entrevista dirigida a profesionales y/o especialistas en el comportamiento y detección de trastornos emocionales en jóvenes tal fue el caso de la psicóloga Brenda Sarahi Espinoza Hernández Directora de CAPA Tamazunchale, San Luis Potosí mientras que para los alumnos se elaboró la escala de estimación para identificar el estrés y la ansiedad donde las preguntas fueron sacadas en encuestas que previamente fueron abaladas y aplicadas.

### **Procedimiento**

El procedimiento constó de 5 fases identificado primeramente la cantidad de alumnos para después obtener solo una muestra de cada carrera y así aplicar los instrumentos a los alumnos del Instituto Tecnológico Superior de Tamazunchale en la cual cada alumno contestó dos escalas de estimación una siendo para la identificación del estrés y la otra para determinar la ansiedad.

### **Análisis estadístico**

El análisis estadístico se hizo en el software SSPS (Statistical Package for the Social Sciences) mediante tablas de frecuencia y gráficas de barra.

### **Resultados y discusión**

#### **Resultados relevantes de la entrevista**

De acuerdo a la entrevista realizada a la psicóloga Brenda Sarahi las respuestas más relevantes obtenidas sobre cuáles son los síntomas que se presentan cuando se tiene estrés y ansiedad fue lo siguiente.

Tabla 1 Síntomas del estrés y ansiedad.

<b>Estrés.</b>	<b>Ansiedad</b>
Molestias físicas	Sensación de estarse ahogando
Dolor de cabeza	Falta de aire
Desesperación	Mareos
Falta de control de sus emociones	Náuseas
Palpitaciones	Manos sudorosas
Sudoración excesiva	Dificultad para respirar
No se concilia el sueño	Sudoración
Pérdida la concentración	Cambio de temperatura corporal.

Fuente: Elaboración propia, 2019

De acuerdo a las preguntas realizadas en el Software SPSS se verificó que tanto son viables para ser aplicables o no y como se puede ver el resultado en cada una de estas fue lo siguiente en la estadística de fiabilidad de alfa de Cronbach.

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N de elementos
.849	.850	16

*Ilustración 1 Estadística de fiabilidad de la escala de la escala de estimación de ansiedad con fiabilidad de .922. fiabilidad de .849.*

Fuente: Elaboración Propia, 2019.

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N de elementos
.922	.922	13

*Ilustración 2 Estadística de fiabilidad estimación del estrés con*

Fuente: Elaboración Propia, 2019.

La pregunta más relevante para determinar el estrés se muestra mediante una gráfica y tabla de frecuencia. Se muestra gráficamente que el 33.7% de los alumnos contestaron frecuentemente, 27.7% poco, 24.7 % nunca y un 14% Siempre.

Tabla 2 Resultados de pregunta 13 (Referente a síntomas de estrés). Fuente: Elaboración propia, 2019.

<b>13.- Te has desvelado por conectarte (a computadora, celular, etc.) y amanece cansado/a e irritable</b>					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje
Válido	Nunca	74	24.7	24.7	24.7
	Poco	83	27.7	27.7	52.3
	Frecuentemente	101	33.7	33.7	86.0
	Siempre	42	14.0	14.0	100.0
	Total	300	100.0	100.0	

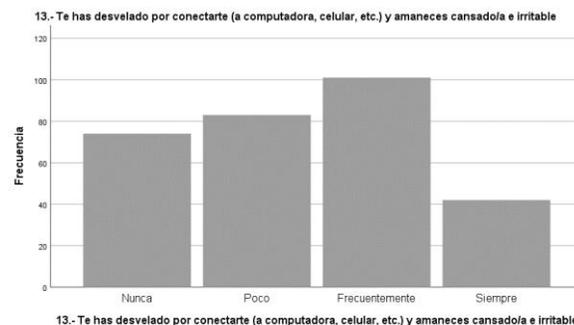


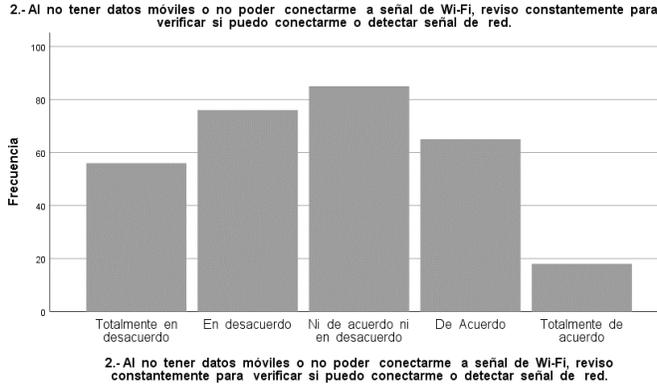
Ilustración 3 Representación gráfica correspondiente a la pregunta 13 (Referente a síntomas de estrés). Fuente Elaboración propia, 2019.

Algunos de los síntomas que comienzan a aparecer a causa de la ansiedad por el uso constante de las tecnologías se quedan reflejados en actos como se muestra a continuación:

Tabla 3 Tabla de frecuencia pregunta 2 (Referente a síntomas de ansiedad)

<b>2.- Al no tener datos móviles o no poder conectarme a señal de Wi-Fi, reviso constantemente para verificar si puedo conectarme o detectar señal de red.</b>					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Totalmente en desacuerdo	56	18.7	18.7	18.7
	En desacuerdo	76	25.3	25.3	44.0
	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	85	28.3	28.3	72.3
	De Acuerdo	65	21.7	21.7	94.0
	Totalmente de acuerdo	18	6.0	6.0	100.0
	Total	300	100.0	100.0	

Fuente: Elaboración propia, 2019



*Ilustración 4 Gráfica de barras pregunta 2 (Referente a síntomas de ansiedad) Fuente: Elaboración propia, 2019*

La presente investigación fue diseñada con el objeto de identificar como es que las Tics influyen emocionalmente en los alumnos tomando como referencia a los principales problemas emocionales como el estrés y la ansiedad. Así como la mayoría de los estudios ya hechos anteriormente fueron utilizadas las escalas de estimación donde las preguntas fueron escogidas para identificar si se encuentran presentes o con comienzos de síntomas que derivan a dichos problemas. Por lo que las respuestas que fueron obtenidas son subjetivas. Se encontró que la mayoría de los alumnos tienen comienzos de estos síntomas por lo que pueden ser propensos a llegar a tener estrés o ansiedad.

Las principales causas surgen por el estilo de vida que se ha estado llevando últimamente por el constante desarrollo de las tecnologías, se determinó que los estudiantes hacen uso de los dispositivos tecnológicos así como redes sociales les pueden ocasionar estos problemas de manera directa ya que esto se da en la vida diaria.

### **Conclusiones**

Con base a la realización de esta investigación en los resultados se pudo ver que los alumnos si son propensos a tener estos trastornos emocionales por el uso de las tecnologías y que la mayoría presentaba ya sean síntomas o principios de estos. Tal como lo menciona la psicóloga a la que se entrevistó. Como se puede ver los dos trastornos pueden ser predominantes a tener.

Así que de acuerdo a la hipótesis hecha anteriormente el cual menciona que el uso excesivo de las tecnologías de la información y la comunicación provocan conductas

emocionales negativas en los adolescentes como son el estrés y ansiedad, podemos afirmar que es cierto ya que de acuerdo con los instrumentos aplicados los alumnos tuvieron respuestas asimiladas a los posibles comienzos de estos trastornos. De acuerdo a las escalas de estimación aplicadas a los alumnos se pueden y las respuestas elegidas se puede asegurar que se pueden responder los objetivos específicos que fueron hechos al principio de la investigación.

### **Referencias bibliográficas**

- Alfaro, A. (2019). Estrés Tecnológico: Medidas Preventivas para potenciar la calidad de vida laboral. *Temas Laborales*. 102, 123-155.
- Cabañas, M y Korzeniowski, C. (2015). Uso de celular e Internet: su relación con planificación y control de la interferencia. *Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento*. 7(1). 5-16.
- Carbonell, X., y Oberst, U. (2015). Las redes sociales en línea no son adictivas. *Revista Aloma*, 33(2), 13-19.
- Carlevaro, A. (2015). Depresión en adolescentes y su relación con las TIC. (Trabajo final de grado). Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.
- Caro, M. (2017). Adicciones tecnológicas: ¿Enfermedad o conducta adaptativa? *Revista de Ciencias Médicas de Cienfuegos Medisur*, Cienfuegos, Cuba. Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/ms/v15n2/ms14215.pdf>
- De la Villa y Suárez. (2016). Factores de riesgo en el uso problemático de internet y de teléfono móvil en adolescentes españoles. *Revista iberoamericana de psicología y salud*. 7, 69-78
- Garrote, P.G. (junio de 2013). Uso y abuso de tecnologías en adolescentes y su relación con algunas variables de personalidad, estilos de crianza, consumo de alcohol y autopercepción como estudiante. (Tesis Doctoral). Universidad de Burgos, Burgos.
- INEGI. (2 abril de 2019). En México hay 74.3 millones de usuarios de internet y 18.3 millones de hogares con conexión a este servicio: ENDUTIH 2018. Comunicado de prensa núm. 179/19

- Labrador, F.J., Villadangos, S.M., Crespo, M., y Becoña, E. (2013). Desarrollo y validación del cuestionario de uso problemático de nuevas tecnologías (UPNT). *Anales de Psicología*. 29(3). 836-84
- Martin, B. (2018). El impuesto psicológico de la tecnología. El país. Recuperado de [https://elpais.com/elpais/2018/11/12/ciencia/1542040259\\_063401.html](https://elpais.com/elpais/2018/11/12/ciencia/1542040259_063401.html)
- Orantes, S.L. (2010). Influencia de la estructura familiar en la conducta antisocial de los adolescentes salvadoreños. (Investigación). Universidad Tecnológica de El Salvador, San Salvador, El Salvador.
- Palomino, F.B. (23 de agosto de 2017). ¿CÓMO AFECTA LA TECNOLOGÍA A LA SOCIEDAD? Recuperado de [http://www.cusur.udg.mx/es/sites/default/files/adjuntos/como\\_afecta\\_la\\_tecnologia\\_a\\_la\\_sociedad\\_02.pdf](http://www.cusur.udg.mx/es/sites/default/files/adjuntos/como_afecta_la_tecnologia_a_la_sociedad_02.pdf)
- Rodríguez, C.R. (2012). Adicción a las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (ntics) y ansiedad en adolescentes. *Revista de Psicología*. 1(1). 347-356
- Torres, O.M., y Ugalde, T.D. (2013). Prevalencia de adicción a las Tics y trastornos del estado del ánimo en estudiantes de la facultad de ciencias médicas de la universidad de cuenca. (Tesis de Título Médico). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- Universidad Internacional de Valencia. (2018). Problemas psicológicos y nuevas tecnologías. Recuperado de <https://www.universidadviu.com/problemas-psicologicos-nuevas-tecnologias/>



# **Optimización del proceso de manufactura del ensamble de un troquel a través de su administración**

# **Optimización del proceso de manufactura del ensamble de un troquel a través de su administración**

Blanca Nelva Castillo-Bolaños<sup>1</sup>, Enedina Álvarez-Cruz<sup>1</sup>, Guillermo Carlos  
Peña-García<sup>1</sup>, Orlando Merinos<sup>1</sup>, Luis Bertino Mar- Carpio<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Tamaulipas, México.

---

Recibido: 24-09-2020  
Aceptado: 24-11-2020

Autor corresponsal: [nelva06@hotmail.com](mailto:nelva06@hotmail.com)

## **Resumen**

El documento describe la administración de la manufactura del ensamble de un troquel a partir de su diseño y establecimiento de los procesos de producción y su secuencia, con la utilización de herramientas de los sistemas de apoyo a la manufactura; para cumplir en tiempo y forma la entrega satisfactoria del producto terminado al cliente, y con ello, optimizar dichos procesos y por consecuencia aumentar la productividad de la organización. Es muy importante la realización de éste trabajo, debido a que se han estado presentando algunos problemas, como: entrega del producto en un lapso de tiempo posterior al establecido, no se utilizan herramientas de sistemas de apoyo en la manufactura de un troquel, inexistencia de un sistema de información, así como errores y extravío de material durante el proceso de producción.

Se muestra la aplicación detallada de la Ingeniería de Manufactura, la Planeación y Control de la Producción, el Control de Calidad y la Medición e Inspección, diseñando y elaborando documentos, diagramas y otras herramientas que son necesarias para llevar a cabo el proceso de producción del troquel 294 que ha sido solicitado.

Como resultado del desarrollo de éste trabajo se logró entregar el troquel 294 con 5 días de anticipación, todos los componentes del ensamble se fabricaron con las especificaciones requeridas, no hubo extravíos de material y se estandarizó el proceso de manufactura de un troquel.

## **Palabras clave**

Proceso de manufactura, ensamble, troquel, herramientas.

## **Abstract**

The document describes the management of the manufacture of the assembly of a die from its design and establishment of the production processes and their sequence, with the use of tools from the manufacturing support systems; to meet the satisfactory delivery of the finished product to the customer in a timely manner, and thereby optimize these processes and consequently increase the productivity of the organization. It is very important to carry out this work, since there have been some problems, such as: delivery of the product in a

period of time after the established one, tools of support systems are not used in the manufacture of a die, lack of information system, as well as errors and loss of material during the production process.

The detailed application of Manufacturing Engineering, Production Planning and Control, Quality Control and Measurement and Inspection is shown, designing and preparing documents, diagrams and other tools that are necessary to carry out the production process of the die 294 that has been requested.

As a result of the development of this work, die 294 was delivered 5 days in advance, all the components of the assembly were manufactured with the required specifications, there were no material losses and the manufacturing process of a die was standardized.

### **Key words**

Manufacturing process, assemble, die, tools.

### **Introducción**

Una administración exitosa de los procesos productivos se da con el conocimiento de la estructura y el funcionamiento de sus sistemas de planeación y control de la producción, identificando si cuentan con sistemas de información, planeación y control adecuados y confiables y con las técnicas y herramientas adecuadas para la toma de decisiones (Jaramillo, Tejeda y Clavijo, 2013).

Groover (2007) dice que los sistemas de apoyo a la manufactura son los procedimientos utilizados por la empresa para administrar la producción, que se encuentran en la ordenación de materiales, el movimiento del trabajo por la fábrica y se aplican para asegurar que los productos satisfagan estándares de calidad, los cuales son llevados a cabo en las áreas de Ingeniería de manufactura, Planeación y control de la producción y de Control de calidad.

Medina (2010), menciona a la productividad como “la forma de utilización de los factores de producción en la generación de bienes y servicios para la sociedad”, tiene como principal motivo mejorar la eficiencia y la eficacia con las que son utilizados los recursos de la empresa. La productividad es un objetivo estratégico de las empresas, ya que sin ella los

productos o servicios no llegan a los niveles de competitividad que se necesitan en una economía globalizado (Medina, 2010).

Dado el nivel de competitividad que existe entre las industrias, es primordial que su oferta de productos sea con calidad y a precio mínimo, además su desempeño deberá ser profesional y adecuado para aportar beneficios económicos y a la sociedad (Maturano, Sarabia y Ribera, 2017).

En la industria, la producción de bajas cantidades también es conocida como producción intermitente la cual es habitualmente llevada a cabo en talleres por lo que a su vez es conocida también como producción de taller. A pesar de desarrollarse en unidades productivas de reducido tamaño, presenta grado de complejidad y dificultades que se derivan de sus propias características. Administrar bien este tipo de flujo productivo no resulta sencillo (Arredondo, Ocampo, Orejuela y Rojas, 2016).

En el sentido tecnológico, la manufactura es la aplicación de procesos físicos y químicos para alterar la geometría, propiedades o apariencia de un material de inicio dado para fabricar piezas o productos; la manufactura también incluye el ensamble de piezas múltiples. Los procesos para llevar a cabo la manufactura involucran una combinación de máquinas, herramientas, energía y trabajo manual. Casi siempre, la manufactura se ejecuta como una secuencia de operaciones. Cada una de éstas lleva al material más cerca del estado final que se desea (Groover, 2007).

En un proceso de ensamble de piezas que busca obtener un producto final que cumpla con las especificaciones dimensionales, puede existir un problema cuando los componentes a ensamblar tienen variaciones geométricas dimensionales importantes, que impactarán en los costos de producción al considerar el producto como no conforme e incluso se convierte en una mala imagen para la empresa, aunado a esto, se agrava cuando el producto es entregado en un tiempo posterior a lo pactado (Gámez, Sánchez, Satorres y Gómez, 2012).

Un troquel es una herramienta conformada por múltiples componentes en su ensamble que a través de su montaje en una prensa permite transformar una lámina o chapa de material en el producto deseado por medio de diferentes operaciones (Campos, Escamilla y Alonso, 2014).

Madrigal y Mandy (2018) definen los diferentes tipos de troqueles de acuerdo al producto a obtener y los describen como: simple, realiza una sola operación; compuesto, realiza dos o más operaciones de transformación de lámina por cada golpe; y progresivo, realiza operaciones de alta complejidad.

Para el diseño de piezas industriales complejas, como lo es un troquel, son utilizados programas de diseño asistido por computadora (CAD) que elevan la calidad en el diseño mecánico y permiten una respuesta rápida y eficiente al cliente en tiempo real (Rodríguez, Méndez y Hernández, 2019).

En los últimos años se ha visto un gran avance en el software de diseño para la elaboración de diversos gráficos, diagramas y sobre todo piezas en el ámbito de la industria. El CAD es una técnica de análisis que crea un modelo de comportamiento de un producto antes de que se fabrique, una de sus características es el uso de la Ingeniería inversa al obtener un modelo a partir del escaneo de una pieza real (Rojas y Rojas, 2006).

Una actividad relevante es la inspección para lograr la mejor calidad en los productos manufacturados, representa un proceso a través del cual se define si una pieza o producto cumple o no con las especificaciones indicadas. De manera usual éstas especificaciones, también llamadas tolerancias son representadas como un conjunto de valores de ciertas características de la pieza, así como las desviaciones que son aceptables en dichos valores (Jaramillo, Prieto y Boulanger, 2007).

Dadas las condiciones no óptimas en las que se están produciendo troqueles, reflejado en el incumplimiento de fecha de entrega, se realiza la aplicación de la administración del proceso de manufactura de un troquel con la finalidad de optimizarlo y atender de manera adecuada al cliente.

### **Materiales y métodos**

En un sistema de producción intermitente se realiza la aplicación de las herramientas de los diferentes sistemas de apoyo a la manufactura para la fabricación del troquel 294, el cuál necesita ser fabricado en un lapso de tiempo de 10 semanas a partir de la fecha de liberación del diseño final.

El área de ingeniería del departamento de Proyectos se encargó de la elaboración del diseño del troquel de acuerdo con las especificaciones del cliente, utilizando la técnica CAD y la Ingeniería inversa, ilustrado a través de su ensamble inferior (figura 1) y su ensamble superior (figura 2) que en conjunto forman el ensamble de dicho troquel.

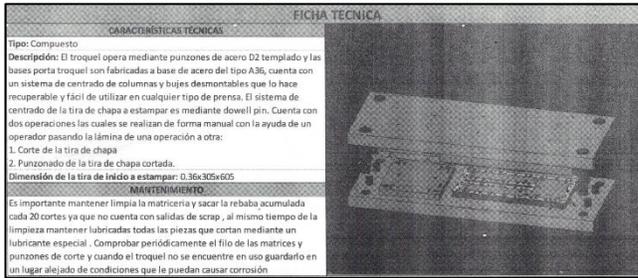


Figura 1. Ensamble inferior del troquel 294.

Fuente: los Autores.

LISTA DE MATERIALES (BOM)						
Num. Parte cliente:		284D1567P001				
Proyecto:		CHAPA DESPLEGADA EQUISA				
Fecha:						
CLIENTE:						
NUM. PARTES	DENOMINACIÓN	DIM. BRUTAS	MATERIAL	TBTAMIENTO	DUREZA(HRC)	CANT
1	ZAPATA INF	48.00x500.00x1315.00	A36			1
2	MATRIZ	25.00x40.00x190.00	AC D2	TEMPLADO Y REVENIDO	S8-60HRC	1
3	MATRIZ*	25.00x40.00x190.00	AC D2	TEMPLADO Y REVENIDO	S8-60HRC	1
4	MATRIZ	25.00x32.03x174.92	AC D2	TEMPLADO Y REVENIDO	S8-60HRC	1
5	MATRIZ	25.00x32.08x174.92	AC D2	TEMPLADO Y REVENIDO	S8-60HRC	1
6	MATRIZ	25.00x42.25x140.58	AC D2	TEMPLADO Y REVENIDO	S8-60HRC	1
7	MATRIZ	25.00x30.00x130.00	AC D2	TEMPLADO Y REVENIDO	S8-60HRC	1
8	MATRIZ	25.00x38.13x270.00	AC D2	TEMPLADO Y REVENIDO	S8-60HRC	1
9	MATRIZ*	25.00x38.13x270.00	AC D2	TEMPLADO Y REVENIDO	S8-60HRC	1
10	MATRIZ	25.00x30.00x271.15	AC D2	TEMPLADO Y REVENIDO	S8-60HRC	1
11	MATRIZ	25.00x38.13x270.00	AC D2	TEMPLADO Y REVENIDO	S8-60HRC	1
12	MATRIZ**	25.00x38.13x270.00	AC D2	TEMPLADO Y REVENIDO	S8-60HRC	1

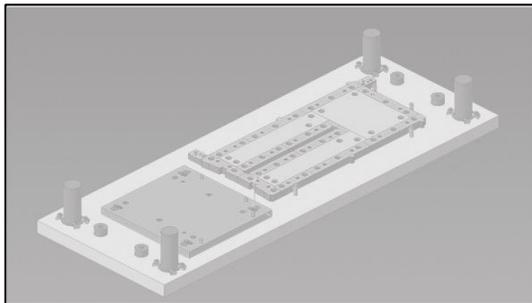
Figura 2. Ensamble superior del troquel 294

Fuente: los Autores.

A continuación, se elabora una ficha técnica, figura 3, con las características del troquel, identificando el tipo y descripción del troquel.

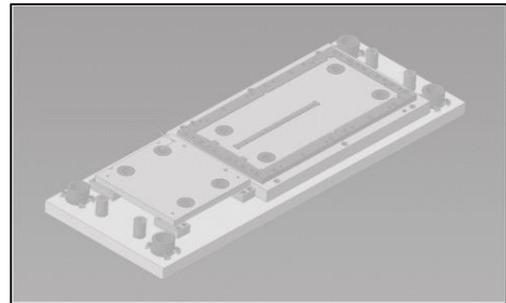
Se analizan las dos partes del troquel para identificar los materiales o componentes que los formarán, la figura 4 muestra una lista de dichos componentes.

Figura 3. Ficha técnica del troquel 294.



Fuente: los Autores.

Figura 4. Materiales del troquel 294.



Fuente: los Autores

A partir del diseño final del troquel 294 se procede a la aplicación de las herramientas para la manufactura del troquel.

A continuación, se detallan las herramientas de Ingeniería de Manufactura que se utilizaron, la su planeación se detalla en la figura 5.

Se llevó a cabo la realización detallada de los planos (figura 5) correspondientes a los componentes para la fabricación interna mediante el despiece del producto final. El despiece se realizó con acotaciones detalladas y tolerancias requeridas para poder cumplir con los requerimientos de calidad de los componentes a través de todo el flujo de las operaciones de fabricación necesarias.

Con la finalidad de establecer la secuencia de operaciones de ensamble que debe seguirse para obtener el producto, se elaboran diagramas de explosión del ensamble inferior y superior, así como el diagrama de Gozinto de ensamble inferior, superior y final.

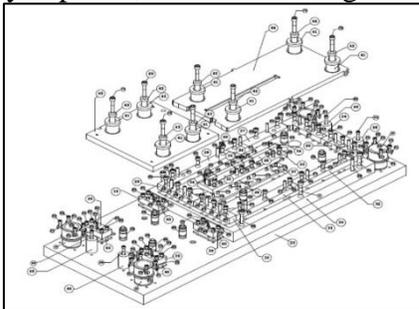


Figura 5. Planeación de la ingeniería de manufactura del troquel 294.

Fuente: los Autores.

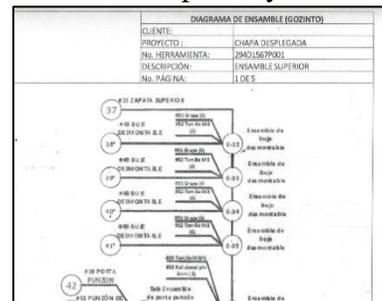


Figura 6. Plano del troquel 294.

Fuente: los Autores.

En referencia a la lista final de materiales del troquel (figura 4) se procedió a la realización de diagramas de explosión correspondientes al ensamble inferior (figura 7) y ensamble superior que conforman el ensamble completo del troquel como apoyo visual para el ensamble del mismo.

La figura 8 muestra un diagrama de ensamble de Gozinto del ensamble superior del troquel.



Figura 7. Diagrama de explosión de ensamble inferior.

Fuente: los Autores.

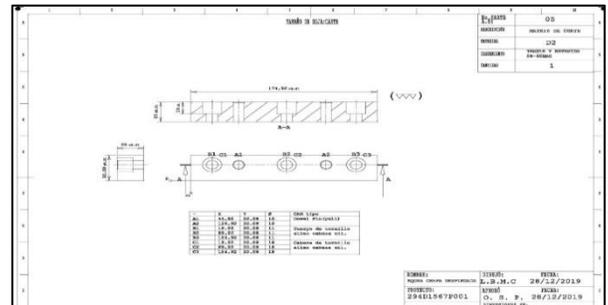


Figura 8. Diagrama de ensamble de Gozinto.

Fuente: los Autores.

Para obtener los diagramas de operaciones de los componentes de fabricación interna que integran el ensamble del troquel 294 se llevó a cabo una serie de procedimientos de 4 pasos en total:

Paso 1. Se identificaron los componentes que se van a manufacturar. En este caso se tenía una lista previamente de los componentes de fabricación interna (figura 4).

Paso 2. Se determinaron las operaciones y la secuencia requeridas para fabricar cada componente. En la figura 9 se muestra el resultado de este paso.

Paso 3. Se identificaron y agruparon los componentes que presentan la misma secuencia de operaciones para su fabricación dando como resultado 9 familias de productos. La familia de productos 5 se muestran de la figura 10.

No. P Int. A S.	PROCESO/ COMPONENTE	ÁREA CONVENCIONAL					ÁREA CNC		ÁREA ENSAMBLE		TOTAL DE PROCESOS	
		CORTE	EDM BÁSICO	FRESADO PLANEADO	VARIOS (FRESADORA)	TORNEADO	RECTIFICADO	VARIOS(CNC)	WEDM	ENSAMBLE		TEMPLE
1	ZAPATA INF	X	X	X	X	X	X	1	X	2	X	2
2	MATRIZ	1	X	2	3	X	5	X	6	7	4	7
3	MATRIZ	1	X	2	3	X	5	X	6	7	4	7
4	MATRIZ	1	X	2	3	X	5	X	6	7	4	7
5	MATRIZ	1	X	2	3	X	5	X	6	7	4	7
6	MATRIZ	1	X	2	3	X	5	X	6	7	4	7
7	MATRIZ	1	X	2	3	X	5	X	6	7	4	7
8	MATRIZ	1	X	2	3	X	5	X	6	7	4	7

Figura 9. Asignación de secuencia de procesos a componentes de fabricación interna

Fuente: los Autores.

No. Parte	FAMILIA 5 PROCESO/ COMPONENTE	ÁREA CONVENCIONAL				ÁREA ENSAMBLE
		CORTE	FRESADO (PLANEADO)	VARIOS (FRESADORA)	RECTIFICADO	ENSAMBLE
17	PLACA PISADORA	1	2	3	4	5
18	PLACA PISADORA	1	2	3	4	5
19	PLACA PISADORA*	1	2	3	4	5
21	CUÑA	1	2	3	4	5

Figura 10. Familia de productos.

Fuente: los Autores.

Paso 4. Se procedió a la creación de los diagramas de operaciones por familia de componentes, en total se crearon 9 diagramas de operaciones por las 9 familias existentes. En la figura 11 se observa el diagrama de operaciones de la familia 5.

Se prepara el plan de proceso mediante la hoja de ruta y operaciones, que especifica la secuencia de operaciones y procesos que visitará la pieza durante su producción, la hoja de ruta y operaciones de la familia 5 se ilustra en la figura 12.

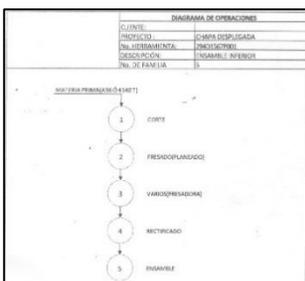


Figura 11. Diagrama de operaciones.

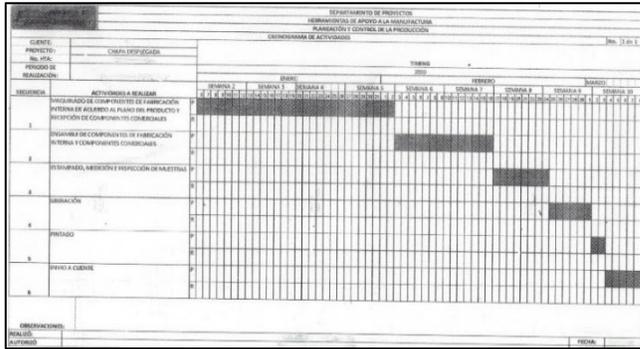
Fuente: los Autores.

HOJA DE RUTA Y OPERACIONES			No. 017
CLIENTE:		No. PART. CLIENTE(HTA): 29401567001	
NOMBRE DE LA PIEZA:		PLACA PISADORA	
NO. PARTE A.S.:		17	
CANTIDAD:		1	
DIMENSIONES:		25.00x171.28x21.15	
FAMILIA:		5	
MATERIA PRIMA:		A38	
PROCESO	SECUENCIA DEL PROCESO	DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN	
CORTE		ASERRADO: DEJAR SOBREMATERIAL DE 4MM POR LADO A LA DIMENSIONES REQUERIDAS	
FRESADO(PLANEADO)		FRESADO/PLANEADO DEL BLOQUE(SOBREMATERIAL DE 2) 0.3MM ADICIONAL A DIMENSIONES REQUERIDAS)	
VARIOS(FRESADORA)		3) TALADRADO: 4 ORIFICIOS DE Ø 13MM	
RECTIFICADO		4) ESCARIADO: 4 ORIFICIOS DE Ø 18MM	
ENSAMBLE		5) RECTIFICADO: DIMENSIONES REQUERIDAS	
ELABORO:	FECHA:	6) ENSAMBLE: LISTO PARA ENSAMBLE	
AUTORIZO:	FECHA:		

Figura 12. Hoja de ruta y operaciones.

Fuente: los Autores.

A continuación, se describe la Planeación y Control de la Producción del troquel 294, su calendarización se representa en la figura 13. Se estableció el proceso de producción del



troquel y se representó en un diagrama de flujo de procesos (figura 14) para apoyo a la planeación de fabricación de la herramienta, así como el cumplimiento de su producto final.

Figura 13. Planeación y Control de la Producción del troquel 294.

Fuente: los Autores.

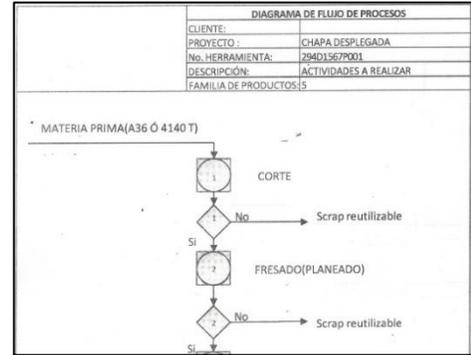


Figura 14. Diagrama de flujo de procesos de la familia 5.

Fuente: los Autores.

Del análisis de la situación actual se concluyó que la programación de la producción es una actividad compleja en sus distintas funciones, por lo que se decidió la formulación de órdenes de producción para la asignación de recursos (carga de máquinas) y la sincronización (que comprende la terminación de la secuencia y cronología de los trabajos).

La carga consistió en asignar órdenes de producción (figura 15) a las distintas estaciones de trabajo, buscando el mejor aprovechamiento de la maquinaria, la mano de obra y cualquier otro recurso que se aplique a la producción.

La sincronización trató de cumplir con los plazos de entrega requeridos, para lo cual se determinó la secuencia en que serían procesadas las ordenes de producción.

ORDEN DE PRODUCCIÓN							No.
FECHA DE ELABORACIÓN:	CLIENTE:						
	No. PART. CLIENTE(HTA): 294D1567P001						
NOMBRE DE LA PIEZA:							
NO. PARTE A S:							
CANTIDAD:							
DIMENSIONES:							
MATERIA PRIMA:							
	PROCESO	SEÑAL DE AVISO	No. MAQUINA ASIGNADA	FECHA DE INICIO	FECHA DE TERMINACIÓN	RESPONSABLE	

Figura 15. Formato de orden de producción.

Fuente: los Autores.

Se procedió a crear un procedimiento para el Control de Calidad de los componentes que conforman el ensamble de un troquel.

En primera instancia se definió un estándar de calidad para el producto terminado el cual determinó que se realizarían dos controles de calidad:

1. Control de calidad durante el proceso de fabricación
2. Control de calidad de producto terminado

Para establecer un estándar de calidad del producto se hizo una evaluación de la producción actual de troqueles y tomando en cuenta las quejas anteriores de los clientes con las cuales se llegó a la siguiente conclusión: el troquel es funcional pero las características de los componentes del ensamble final del troquel no coinciden con las características de su diseño final, lo cual afectaría en un futuro a una posible refacción de algún componente a fabricar.

Con la información anterior se define un estándar de calidad del producto de la siguiente manera:

Realización del troquel a fabricar de acuerdo a las especificaciones técnicas plasmadas en el plano del producto, elaborado con tolerancias y materiales adecuados para su correcto funcionamiento durante el estampado y duración estimada de vida.

Para la verificación de la calidad en las etapas de producción de los componentes de ensamble que conforman el troquel 294 y que se fabricarán internamente, se estableció el siguiente procedimiento a seguir apoyándose con las herramientas de medición e inspección:

1. Con las especificaciones técnicas de cada componente detallado en cada orden de producción, se prepara la hoja de control, figura 16, de las piezas a fabricar internamente, integrando la secuencia y orden de los diferentes tipos de procesos para la verificación de los estándares generales de calidad ya definidos, apoyándose con los detalles de las especificaciones técnicas contenidas en el plano del producto (despiece general).

2. Se aplica la hoja de control, en este caso se realizó una lista para facilitar el seguimiento de grandes cantidades de componentes. Al aplicar la lista de control de acuerdo

a las inspecciones que se marcan en los diagramas de flujo de procesos se pueden encontrar con dos situaciones:

Que el componente este conforme a los criterios de calidad establecidos en cada proceso y por tanto es apto para pasar al siguiente proceso.

Que el componente no cumpla con los criterios de calidad definidos y por lo tanto no puede pasar al siguiente proceso.

3. Si al terminar un proceso al inspeccionar el producto no está conforme se elaborará una hoja de no conformidad, lo que significará que será rechazado, ya que la pieza no alcanza los criterios de calidad requeridos. Al mismo tiempo se realizará una nueva orden de producción para cubrir la pérdida, lo que significará un gasto mayor a la empresa. La pieza será rechazada al terminar su proceso correspondiente de acuerdo a los motivos detallados en la figura 17.

HOJA DE CONTROL			No.		
CLIENTE:					
PROYECTO: CHAPA DESPLEGADA					
No. HTA: 294D1567P001					
FECHA:					
NOTA: Marcar con una X en la columna SI, si el estándar se cumple o en la columna NO, si el estándar no se cumple					
No. PARTAS	PROCESO	CUMPLIMIENTO		OBSERVACIONES	FECHA
		SI	NO		

Figura 16. Formato de hoja de control.

Fuente: los Autores

PROCESO	MOTIVO DE RECHAZO
Corte	Material equivocado No cumple con las dimensiones y/o sobrematerial requerido.
Fresado	No cumple con los tipos de CAM en las coordenadas correctas de acuerdo al plano del producto.
(planeado)	No cumple con las tolerancias de los diámetros especificadas en las operaciones de la hoja de ruta correspondiente.
Rectificado	No cumple con las tolerancias requeridas.
Tornado	No cumple con el planeado a 90°.
Tornado	No cumple con las tolerancias de acuerdo al plano del product En caso de planeado a 90° si no cumple con tolerancias de acuerdo al plano del producto.
Varios(CNC)	No cumple con los tipos de CAM en las coordenadas correctas de acuerdo al plano del producto.
WEDM	No cumple con las tolerancias de los diámetros en los tipos de CAM.
Tratamiento térmico	No cumple con las tolerancias y/o coordenadas de corte especificadas de acuerdo al plano del producto
Térmico	No cumple con la dureza en HRC solicitada

Figura 17. Motivos de rechazo de inspección de control de calidad.

Fuente: los Autores.

Se realizó el control de calidad del producto final por parte del cliente con el fin de garantizar el nivel de calidad del producto establecido en el expediente técnico. Lo anterior se llevó a cabo utilizando herramientas de medición e inspección del producto final del troquel (chapa estampada) comparándolo con el producto definido por el cliente. Los puntos definidos para el control de calidad en el producto terminado son los siguientes:

1. Verificación física de la chapa estampada del troquel 294, esto quiere decir que el producto tiene que entrar en las tolerancias requeridas.
2. Verificación de los puntos finales definidos por el cliente para liberación del troquel.

Para cumplir con las especificaciones técnicas establecidas por el ingeniero de diseño en el plano del producto se comparó el producto terminado en cada proceso por medio de la medición.

La inspección durante el proceso de producción fue hecha de forma manual con ayuda de los instrumentos de medición, de acuerdo al control de calidad en cada proceso establecido en los diagramas de flujos de procesos realizados para cada familia de productos.

Los instrumentos de medición utilizados durante el proceso de producción para la medición e inspección del troquel de acuerdo a su categoría fueron los siguientes:

a. Instrumentos de medición para dimensiones lineales: calibrador vernier y micrómetro para medición de especificaciones de componentes durante los diferentes procesos de manufactura.

b. Instrumentos comparativos: en esta categoría se utilizó el indicador de carátula para el correcto alineamiento de componentes a maquinar, así como su verificación. También se utilizó la escuadra a 90° para verificar los maquinados.

Las piezas que fueron llevadas al proceso externo como lo es el tratamiento térmico fueron inspeccionadas por control de calidad debido a que se solicitó una dureza requerida, entregando un certificado que avala la dureza requerida.

En el control de calidad para el producto terminado se definieron dos puntos en los cuales se basó la medición e inspección:

1. Verificación física de la chapa estampada del troquel 294, esto quiere decir que el producto tiene que entrar en las tolerancias requeridas.

2. Verificación de los puntos finales definidos por el cliente para liberación del producto.

Los puntos anteriores se pueden definir de la siguiente manera:

1. Inspección y medición de la chapa estampada.

2. Inspección final del producto terminado.

Para cumplir al cliente con las dimensiones y tolerancias especificadas de la lámina estampada como producto del troquel se procede al uso de las tecnologías avanzadas de medición como lo es el Scanner 3D Artec Spider en conjunto con su software correspondiente para su uso, Artec Studio.

Debido a la solicitud del cliente se inspeccionaron y se midieron 3 muestras aleatorias de 10 piezas estampadas, las cuales entraron en las tolerancias requeridas.

El cliente se encargó de definir los puntos para liberación (BuyOff) de la herramienta a partir de su propio formato, el cual a partir de la aprobación de la chapa estampada se partió para la inspección final para cumplimiento de los puntos especificados.

## Resultados

La utilización de las herramientas de apoyo a la manufactura permitieron el objetivo de optimizar el tiempo de la manufactura del troquel 294 para la entrega puntual del producto terminado al cliente: se entregó 5 días antes de la fecha límite pactada.

Los resultados de los cronogramas de actividades propuestos para la aplicación de la Ingeniería de Manufactura (figura 5) y la Planeación y Control de la Producción (figura 13) se cumplieron en tiempo y forma con la debida sincronización y ejecución de las actividades a realizar.

De 77 componentes fabricados internamente 77 alcanzaron los requerimientos mínimos de calidad que fueron especificados de acuerdo al plano del producto de cada componente, lo anterior quiere decir que no se presentaron errores durante el proceso y se obtuvieron 0 piezas depuradas, así mismo no se presentó ningún componente extraviado durante el proceso de producción. Ver tabla 1.

Componentes fabricados	Componentes con la calidad de fabricación requerida	Componentes depurados por falta de calidad requerida	Componentes extraviados durante el proceso de producción
77	77	0	0

Tabla 1. Componentes fabricados del troquel 294.

Fuente: los Autores.

Es importante resaltar que la metodología y procedimientos diseñados en éste proyecto y utilizados para la manufactura del troquel 294 podrán ser aplicados en cualquier otro diseño de troquel que sea requerido, logrando con ello su estandarización que permite la organización y estructuración de los procesos internos, con los cuales se pueden obtener mejores estándares de servicio para cumplir con las expectativas y necesidades de los clientes.

## **Conclusiones**

Se concluye, que, a pesar de trabajar en un sistema de producción intermitente, al implementar herramientas de los diferentes sistemas de apoyo de la manufactura para la fabricación de un troquel, se puede llevar un correcto seguimiento de las actividades a realizarse en el taller de trabajo y así poder hacer la entrega en la fecha pactada, trayendo con ello beneficios de ambas partes tanto para el cliente como para el vendedor del producto.

La correcta planeación de procesos, basándose en el plano del producto puede traer como resultado nulos o reducidos problemas en un sistema de producción tan complejo como el intermitente, lo que a su vez incrementa la productividad de la organización y la calidad del producto final.

Es muy importante cumplir con las especificaciones del plano del producto, sobre todo cuando su manufactura tiene una complejidad alta, como lo es un troquel, pues se refleja al momento de ensamblar el producto final (chapa estampada), por ello, se debe hacer una medición e inspección detallada y evitar retrabajos por falta de precisión en sus componentes.

## **Referencias bibliográficas**

- Arredondo, G., Ocampo, K.V., Orejuela, J.P., Rojas, C.A. (2016). Modelo de planeación y control de la producción a mediano plazo para una industria textil en un ambiente make to order. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 16(30), 169-193.
- Campos, A., Escamilla, A., Alfonso V.A. (2014). Proceso de diseño de un troquel progresivo para grapa que regula la longitud de recorrido de corriente eléctrica en una resistencia.

*Twelfth LACCEI*. Recuperado de <http://www.laccei.org/LACCEI2014-Guayaquil/RefereedPapers/RP020.pdf>

- Díaz, L.L., Rodríguez, Y., Méndez, R.F., Hernández, L. (2019). Uso de programas de diseño asistido por computadoras en el diseño de troquel para obtener la pieza enganche del sistema andamios. *Revista Avances*, 21(2), 238-247.
- Gámez J., Sánchez, A., Satorres, S., Gómez, J. (2012). Ensamblaje automático de piezas con desviaciones dimensionales. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial*, (9), 383-392.
- Groover, M. (2007). *Fundamentos de manufactura moderna* (3ª ed.). México, DF: McGraw-Hill Interamericana.
- Jaramillo, O., Tejeda, A., Clavijo, A. (2013). Caracterización de la planeación y el control de la producción en las MIPIMES del sector manufacturero en la Ciudad Neiva. *Revista ENTORNOS*, 26(2), 201-212.
- Madrigal, M., Mandy, R. (2018). Formalización del conocimiento para el diseño de troqueles de corte progresivos. *UCLV*. Recuperado de <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/10260/Madrigal%20Marrero2C%20Robert%20Mandy.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Maturano, B.A., Sarabia, E. y Rivera, K. (2017). *Revista de Ingeniería y Tecnología para el Desarrollo Sustentable*, 3(2017), 54-62.
- Medina, J.E. (2010). Modelo integral de productividad, aspectos importantes para su implementación. *Revista EAN*, (69), 110-119.
- Rojas, O., Rojas, L. (2006). Diseño asistido por computador. *Revista Diseño y Tecnología*, 9(1), 7-15.

## REVISTA DIGITAL



ISSN 2448-8003

### **La Química Verde, definiciones y aplicaciones Green Chemistry, definitions and applications**

**Prof. PhD. Enrique Ruiz Reyes<sup>1</sup>, Prof. PhD. José Alberto Ruiz<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Instituto de Ciencias Básicas, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo

<sup>2</sup> Asesor del proyecto de investigación de plantas medicinales, Universidad  
Técnica de Manabí, Portoviejo  
Ecuador

---

<sup>1</sup> Universidad Técnica de Manabi, Portoviejo, Ecuador.

---

Recibido: 07-07-2020

Aceptado: 17-09-2020

Autor corresponsal: [enriqueruizreyes@yahoo.es](mailto:enriqueruizreyes@yahoo.es)

## Resumen

La química es indispensable para asegurar que las siguientes generaciones de productos químicos, materiales y energía sean sustentables y renovables. La química es también indispensable para eliminar de nuestro planeta los contaminantes que ya existen en el mismo. En este trabajo se realiza una revisión del desarrollo de la Química Verde, poniendo énfasis en sus principios, así como citando ejemplos específicos de compuestos usados en procesos no contaminantes sustentables y de apoyos otorgados para motivar el estudio y desarrollo de procesos sustentables y Química Verde en las futuras generaciones.

En la actualidad, existe un enorme deterioro del medio ambiente que ha generado la necesidad de buscar alternativas que conduzcan a la sostenibilidad ambiental. Una de estas herramientas es la “química verde”, concepto que contempla el diseño de productos y procesos que reduzcan la generación de sustancias peligrosas y maximicen la eficiencia en la utilización de recursos materiales y energéticos. El empleo de tecnologías menos contaminantes, permitirá a las empresas químicas disminuir los efectos ambientales asociados a su actividad, reduciendo el consumo de materiales e incrementando la participación de recursos renovables. Para alcanzar estas metas, se han propuesto 12 principios básicos de química verde, aplicables en diferentes campos, tales como la medicina, la agricultura, la industria química y farmacéutica. Esta revisión detalla los principios y usos principales de la química verde así como los antecedentes que dieron lugar a su surgimiento, y su aplicación como una metodología de trabajo para avanzar hacia un verdadero desarrollo sostenible.

**Palabras clave:** química verde, sustentabilidad, eficiencia, recursos, procesos.

## Abstract

Chemistry is essential to ensure that the next generations of chemicals, materials and energy are sustainable and renewable. Chemistry is also essential to remove contaminants that already exist on our planet. This work reviews the development of Green Chemistry, emphasizing its principles, as well as citing specific examples of compounds used in sustainable non-polluting processes and of support given to motivate the study and development of sustainable processes and Green Chemistry in future generations.

Nowadays, there is an enormous deterioration of the environment, which has generated the need to look for alternatives, which lead to environmental sustainability. One of these tools is "green chemistry", a concept that includes the design of products and processes that reduce the generation of dangerous substances and maximize efficiency in the use of material and energy resources. The use of less polluting technologies will allow chemical companies to reduce the environmental effects associated with their activity, reducing the consumption of materials and increasing the participation of renewable resources. To achieve these goals, 12 basic principles of green chemistry have been proposed, applicable in different fields, such as medicine, agriculture, and the chemical and pharmaceutical industries. This review details the main principles and uses of green chemistry as well as the antecedents that gave rise to it, and its application as a working methodology to advance towards true sustainable development.

**Keywords:** green chemistry, sustainability, efficiency, resources, processes

## **Introducción**

Problemas ambientales como el cambio climático, la contaminación del aire y de los recursos hídricos, la erosión, la deforestación, el declive de la biodiversidad, y el deterioro de la capa de ozono, entre otros, han avanzado de forma progresiva en los últimos años, afectando la calidad de vida de los habitantes del Planeta y la integridad de su patrimonio natural, lo cual ha generado la necesidad de promover acciones tendientes a preservar el medio ambiente, Heine L. (2007). Gran parte de estos problemas se generan por procesos químicos, uso indiscriminado de recursos naturales, manejo inadecuado de residuos industriales, agrícolas y domésticos, Rodríguez M. (2002). Por consiguiente, han surgido un conjunto de acciones encaminadas a reducir el deterioro ambiental, denominado "química verde" Centi (2003), Kirchhoff M. (2005) y García L. (2009).

Desde su inicio conceptual en 1991, la química verde ha crecido de forma continua nacional e internacionalmente, con la creación de organismos, redes, instituciones, revistas y programas educativos Kirchhoff M. (2005), Anastas P (2002).

Desde la prehistoria, el hombre ha estado consciente o inconscientemente acompañado por procesos químicos. Muchos de los descubrimientos que le han posibilitado su desarrollo tecnológico y la mejora de su calidad de vida están relacionados a dichos cambios: el fuego,

la cocción de los alimentos, la fermentación que permitió la obtención de bebidas, quesos y pan, la obtención de metales y sus aleaciones, son todos procesos químicos que el hombre aprendió a utilizar para su provecho.

En épocas más recientes, el aumento de la expectativa de vida se debe en gran parte a adelantos procedentes de la química. Dos de los factores que más han incidido en este aspecto son la potabilización del agua mediante la cloración y la utilización de antibióticos. Estos recursos han posibilitado el combate efectivo de diversas enfermedades infecciosas que antes constituían epidemias y eran incurables.

Tal como lo señala Beloso, W (2009): “A principios del siglo XX la expectativa de vida al nacer para el promedio de la población era de 47,3 años en los Estados Unidos de Norteamérica y de 40 años en la Argentina. Hacia fines del siglo XX esta cifra superaba los 75 años.

Desde el punto de vista epidemiológico las razones fundamentales de esta virtual duplicación de la expectativa de sobrevivencia al nacer recaen en la disponibilidad de agua potable y la disponibilidad de tratamiento para las enfermedades infecciosas.

Estos dos avances científicos son debidos a la química asociada a otras disciplinas y, junto con muchos otros, han permitido el aumento de la expectativa de vida, con el consecuente aumento de la población mundial, así como la mejora de la calidad de vida, mediante innumerables adelantos vinculados, muchos de ellos, a la química de los materiales. Otro tanto puede decirse de la importancia que ha tenido la química en el desarrollo de la medicina y en la producción de fertilizantes y agroquímicos. Se puede hablar también en esta misma línea, del desarrollo que ha tenido la industria de los derivados del petróleo, con su importancia como principal fuente de energía, que ha posibilitado el transporte de personas y mercancía a los niveles que hoy tenemos, así como el funcionamiento de las industrias. Otro tanto se puede decir de los materiales poliméricos, con un sin fin de aplicaciones. Este desarrollo ha ido acompañado de un enorme crecimiento de la industria química a nivel mundial. “...la evolución de las ventas de la industria química durante los últimos 10 años, reportadas por CEFIC (Consejo Europeo para la Industria Química) para los 28 países con el mayor nivel de ventas en el negocio químico, provenientes de todas las regiones del globo y que representan más del 90% de las ventas mundiales. Según estas estadísticas, durante los

10 últimos años, el negocio químico creció en promedio, a razón de un 3,8% interanualmente” (Gabaldón, 2005).

Paralelamente a este crecimiento, y como consecuencia del mismo, se va registrando un aumento de la generación de residuos que son perjudiciales, de diferentes maneras, para los seres vivos presentes en el planeta, incluidos los seres humanos. Muchos de estos efectos no fueron percibidos en el momento en que empezaron a generarse los productos. Este fue el caso del uso de freones como gas refrigerante en las heladeras y equipos de aire acondicionado y como propelentes para aerosoles. Luego de años, se descubrió, su participación en las reacciones que convierten el ozono estratosférico en oxígeno, eliminando su potencial como protección de los rayos ultravioleta provenientes del sol.

Lo mismo sucedió con dióxido de carbono y su contribución al efecto invernadero.

Estos son algunos ejemplos de cómo la investigación y la industria química generan problemas de contaminación. A esto se pueden agregar los efectos provocados por los agroquímicos, y por los nuevos materiales no biodegradables (plásticos), que se van acumulando sin encontrarse una forma óptima de reutilización o eliminación. También algunos de los avances en medicamentos han ido acompañados de consecuencias indeseables no previstas. Valga como ejemplo el caso de la talidomida, un medicamento que se utilizó en la década del 60 como sedante y calmante. Luego se descubrió que uno de sus isómeros (el S) resultó teratogénico e indujo malformaciones fetales mientras que el isómero R solamente producía los efectos sedantes buscados.

En base a todo esto la imagen de la química como ciencia empezó a deteriorarse, al punto de llegar a que hoy, para muchas personas, decir “productos químicos” es una expresión que hace pensar en algo negativo, perjudicial para el ambiente o la salud, y olvidando que la mayoría de las mejoras en salud y calidad de vida se deben también a los “productos químicos”.

Hasta la primera mitad del siglo XX, los investigadores químicos trabajaban con el objetivo de solucionar los problemas inmediatos que eran identificados. Pero a partir del reconocimiento de los efectos perjudiciales para el ambiente que tiene la actividad humana, comenzó a surgir una conciencia de que se debía hacer algo al respecto. La primera manifestación importante de esta conciencia, a nivel mundial, fue la Declaración de Estocolmo realizada por la Convención de las Naciones Unidas en 1972. A continuación de

ésta, se han sucedido una serie de documentos (Carta Mundial de la Naturaleza, Informe de la Comisión Mundial “Nuestro Futuro Común”, Informe Geo 4), la creación de comisiones especiales (PNUMA, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente; IPCC, Panel Intergubernamental en Cambio Climático); y encuentros internacionales (Río, Copenhague, Johannesburgo, entre otros); acuerdos internacionales (Protocolo de Montreal, Protocolo de Kioto, etc.), que cada vez más centran la atención sobre estos aspectos.

El informe Geo4 (2007) da cuenta de múltiples aspectos vinculados a la situación ambiental mundial, en particular en relación al suelo, la biodiversidad, el aire y el agua. En relación al suelo denuncia su degradación como consecuencia del uso indebido en la agricultura, por el pastoreo excesivo, por la deforestación de bosques naturales, entre otras razones.

La industrialización ha generado innegables problemas ambientales. Es imprescindible cambiar las estrategias de fabricación de bienes por otras más amigables con el ambiente.

Cuando se considera al agua, se calcula que un tercio de la población mundial tiene problemas de disponibilidad altos o moderados, previéndose que la cifra aumentará en los próximos años. También podrían considerarse los efectos que ha tenido la llamada lluvia ácida, tanto en la agricultura como en bosques o en centros urbanos.

Si consideramos el aire, es ampliamente conocido el incremento de dióxido de carbono atmosférico por la quema de combustibles fósiles, contribuyendo al efecto invernadero, o la contribución con gases productores de lluvia ácida por otros productos de dicha combustión, o la disminución del efecto protector de la capa de ozono a radiaciones UV a nivel ártico y antártico.

A nivel mundial se utiliza el concepto de “Huella ecológica” como indicador en los análisis ambientales, referida al área de tierra o de zonas marinas productivas requeridas para generar los recursos que una población consume y para asimilar los desechos que esa misma población genera.

La huella ecológica ha crecido apreciablemente por incremento de la población como por su consumo. Según el Global Footprint Network, 2019, se están necesitando los recursos de 1,75 Tierras para vivir en forma sostenible y se está generando dióxido de carbono más rápido de lo que la tierra tarda en absorberlo o sea que la tierra necesita un tiempo apreciable para recuperarse de lo que le exigimos en un año.

## **Materiales y métodos**

Con el objetivo de identificar los conceptos, características, principios y aplicaciones de la química verde se realiza una revisión documental en bases de datos, revistas, investigaciones relacionadas con el término. Se utilizaron los métodos teóricos, debido a sus características, sus ventajas y desventajas, y los requisitos de la conceptualización de la química verde. El primero, es el método análisis – síntesis en base a la situación problemática de esta tendencia a nivel mundial, definir los gurús y necesidades prácticas. Por otro lado, el método inductivo – deductivo para valorar y correlacionar los resultados de este enfoque ambientalista. El método histórico – lógico para el estudio de las aplicaciones de la química verde en diferentes países, para la toma de experiencia y aplicación en diferentes procesos.

## **Resultados y discusión**

### **Surgimiento de la Química Verde**

A principios de los años setenta del siglo pasado comenzó la asociación de la palabra verde con el ambiente, teniendo como antecedente la filosofía ambiental concebida por Rachel Carson, quien publicó su libro Primavera Silenciosa (Silent Spring) en 1962 (Carson, 1962; Carson, 2010), donde advertía de los efectos perjudiciales de los pesticidas en el ambiente y atribuía la creciente contaminación a la industria química. El título del libro pretendía enfatizar que, de seguir así, podríamos vivir una primavera sin pájaros, “silenciosa”. Si se asume que la palabra “verde” significa ambientalmente inocuo, surge la pregunta: ¿es posible que la química sea verde? Existen opiniones opuestas respecto a ello, algunas personas piensan que química es sinónimo de toxicidad, contaminación y riesgo, otros creen que el conocimiento generado por esta ciencia será suficiente para resolver la crisis ambiental que vive el mundo, específicamente desde el comienzo de la era de la industrialización. Lo cierto es que en muchos aspectos de la vida, el estudio de la química ha servido para solucionar problemas, pero su aplicación, sobre todo a nivel industrial, también ha provocado problemas ambientales. La química juega un papel esencial desde la formación de la Tierra hasta prácticamente todos los aspectos de la vida diaria actual; está implicada en el aire que respiramos, el agua que tomamos, los plásticos que usamos, nuestras comidas, ropa y los edificios que habitamos. La química es el corazón de la ciencia en el sentido de que es fundamental para crear tecnologías sobre las que se puede construir y desarrollar una

nación, también es indispensable para lograr que la siguiente generación de productos químicos, materiales y energía sean sustentables (Sanghi, 2012).

Antes del concepto de “Química Verde”, los químicos habían valorado el éxito de una reacción o proceso utilizando casi exclusivamente el concepto de "rendimiento". Un avance significativo para cuantificar los residuos químicos fue el concepto de "economía atómica" introducido por Trost en 1991, como la cantidad de átomos de los reactivos que son incorporados en el producto (Trost, 1991).

El concepto de “Química Verde” se relaciona con el diseño de procesos y productos químicos que reduzcan o eliminen el uso y generación de sustancias peligrosas. Esta definición fue introducida por Paul Anastas, quien junto con John Warner escribieron el libro “Green Chemistry: Theory and Practice” en 1998 (Anastas, 1998) donde aparecen los 12 principios de la Química Verde, como criterios que buscan valorar cuán respetuosa es una reacción, un proceso o un producto químico con el medio ambiente. Estos principios han sido ampliamente difundidos por el mismo autor, quien fue editor del libro del simposio de la ACS sobre Química Verde que se llevó a cabo en 1994 (Anastas, 2010; Horvath, 2007; Anastas, 1996).

Se puede resumir el pensamiento de Anastas y Warner que llevó a la formulación de sus principios en tres apartados fundamentales y distintivos: a) Prevención de la causa de riesgo; b) Metodologías químicas, y c) Acción de acuerdo con un diseño.

La prevención de la causa de peligro es el mensaje del primer principio de Anastas y Warner. Resulta evidente que la mejor opción cuando se trata de cuestiones de sustancias y materiales peligrosos es evitarlas en su misma fuente.

Por “metodologías químicas” se pretende significar que la contaminación y los peligros que tienen su origen en las sustancias químicas deben tener también solución química: la química y la ingeniería química del propio proceso. El énfasis en la metodología química es compatible con el trabajo conjunto de la química y la ingeniería con la biología y otras áreas científicas y tecnológicas; pero es radicalmente distinto de la química y la ingeniería que trata de evitar la dispersión y efectos de las sustancias y residuos contaminantes y peligrosos generados o empleados en la planta industrial.

El término “diseño” se encuentra en casi todos los escritos y conferencias de Paul Anastas (2007) y pone de relieve que, para que se pueda hablar propiamente de química

verde, el reverdecimiento de la actividad debe ser fruto, no de la casualidad, sino de un propósito definido y de una planificación orientada precisamente a la consecución de un proceso más eficiente, inherentemente limpio y seguro.

### **¿Química Verde o Química Sostenible? ¿Química Ambiental?**

La Química Verde está enfocada en el diseño de procesos, la preparación y el uso de productos químicos con un potencial de contaminación y riesgo ambiental menor a los tradicionales, basados en diferentes tecnologías. La “Química Sostenible” expande su definición a sistemas más grandes que sólo a una reacción, contempla un enfoque holístico en el cual se incluyen la aplicación de la filosofía de la Química Verde, los principios de la Ingeniería Verde y el establecimiento de un programa multidisciplinario. El término “sostenible” es más amplio que el “verde” (Krähling, 1999). La Química Ambiental es la química del ambiente natural y de productos químicos contaminantes en la naturaleza. Así, la Química Verde se encarga de la "sostenibilidad del ambiente" ocupándose del asunto a nivel molecular, centrándose principalmente en el diseño de productos y procesos químicos de riesgos reducidos, en el uso eficiente de materiales y energía, y en el desarrollo de recursos renovables. Esto lo lleva a cabo a través de la catálisis, el uso de disolventes alternativos, la química analítica, la ciencia de polímeros y la toxicología, por citar algunos ejemplos. En varios casos es necesario “rediseñar” materiales básicos para nuestra sociedad buscando que sean benignos para el ser humano y el medio ambiente, de preferencia con ventajas económicas y sociales.

El término “Green Chemistry” fue acuñado y definido por primera vez por Anastas y es hoy universalmente aceptado. Química Sostenible es una traducción preferida cuando el término “verde” no parece adecuado en el contexto social del país, aunque los dos términos no son totalmente equivalentes. En efecto, “sostenible”, en el contexto de la química, responde a la obligación ética de contribuir al desarrollo y bienestar de todas las naciones del planeta, sin afectar a la naturaleza ni a las generaciones futuras. Esta contribución tiene lugar de manera primordial por la sostenibilidad de la propia actividad química industrial, que ve amenazada la viabilidad de su producción por el previsible agotamiento irreversible de las fuentes de las materias de partida, y por las normativas legales, formuladas en defensa de la sociedad y de la naturaleza, cada vez más estrictas y económicamente onerosas. Química Sostenible designa más claramente una finalidad general: la reducción de la contaminación

por las sustancias nocivas para la salud y para el medio ambiente, sin merma de las ventajas sociales que aporta la actividad química. La Química Verde, en el sentido que Anastas y Warner dan a Green Chemistry, contiene los principios de actuación para conseguir la sostenibilidad en la producción de las sustancias químicas (Warner, Cannon & Dye, 2004). Los principios de Anastas y Warner constituyen así el instrumento eficaz y el fundamento del modo de pensar propio de la química sostenible.

Los “12 principios” están dirigidos primordialmente a la química preparativa, y los mayores éxitos de su aplicación se han dado en las industrias de química fina y farmacéutica. Sin embargo, a la química del siglo XXI se le presenta un reto de ámbito mucho más amplio: cortar en su mismo origen cualquier tipo de contaminación y riesgo debido a las sustancias y conversiones químicas.

La demanda social de bienes materiales es satisfecha por diversos tipos de industrias y sectores, que se pueden presentar en cuatro grupos: producción de energía (incluido el transporte), industria química, cemento (y otros materiales de construcción) y metalurgia. Existe un quinto grupo importante que comprende el amplio espectro de sectores y actividades que usan productos y materiales derivados de la industria química: farmacia, agricultura, fibras y colorantes textiles, materiales plásticos, pigmentos, disolventes, papel, etc. Todos estos sectores sin excepción: a) contribuyen directamente a la generación y emisión de contaminantes químicos, y b) se nutren fundamentalmente de materiales extraídos del subsuelo. Así, por ejemplo, la producción de energía eléctrica por combustión de carbón es uno de los orígenes principales del dióxido de carbono, de los óxidos de azufre y nitrógeno, del mercurio y de otros metales tóxicos, emitidos a la atmósfera. La utilización de sustancias químicas en la agricultura ha conducido a la diseminación por todo el planeta de los insecticidas policlorados, mientras que una multitud de aplicaciones tecnológicas ha justificado el amplio uso de los policlorobifenilos (PCB), también presentes en todo el planeta. Los plásticos son particularmente persistentes en el medio ambiente y aparecen diseminados en multitud de lugares. Algo parecido ocurre con el cemento y otros materiales de construcción.

Por otra parte, la extracción de petróleo y gas del subsuelo, la minería del carbón y los imprescindibles procesos de limpieza y refinado son orígenes muy importantes de contaminación. Lo mismo es válido para la minería, metálica y no metálica, el procesado

inmediato de los minerales y la metalurgia del hierro, del acero y de otros metales, causantes de contaminación fuerte y persistente por metales tóxicos, polvo y ácidos de roca (Bridge, 2004).

En este contexto resulta conveniente añadir tres consideraciones. En primer lugar, la simple introducción en la ecosfera de materiales hasta ahora mantenidos en el subsuelo supone un incremento del potencial global de contaminación. En segundo lugar, la condición limitada de las fuentes de materiales fósiles disponibles en el planeta para la producción de energía y para la industria química orgánica, obliga a la búsqueda de fuentes alternativas. El agotamiento irreversible de las fuentes es válido, así mismo, para los metales escasos, y no se puede olvidar que el agua es localmente escasa en algunos países en desarrollo, y puede serlo de manera general en un próximo futuro.

Como tercera consideración, el incremento antropogénico de la concentración de los gases invernadero en la atmósfera es una forma de contaminación. Este incremento provoca un desajuste en el estado estacionario del efecto invernadero y puede contribuir de manera sustancial al calentamiento global. Excepto los compuestos halocarbonados, cuya sustitución por otras sustancias inocuas es un tema de alta prioridad en la industria química, los gases invernadero estaban ya presentes en la atmósfera antes de la era industrial; las emisiones asociadas a la actividad humana contribuyen simplemente a la elevación de su concentración. Se trata de una situación de contaminación debida al incremento de concentración de un componente natural (Doménech, 1999).

Debe esperarse de la química una contribución relevante al reverdecimiento de todos los sectores productivos mostrados anteriormente. Esto supone la minimización de la introducción en la ecosfera, y de la generación, de materiales susceptibles de contribuir a la contaminación y de ocasionar otros efectos nocivos. Las estrategias sostenibles, los campos de investigación y los progresos alcanzados son notables en industrias como la química fina y la farmacéutica, pero la definición de rutas para la contribución química al reverdecimiento de la metalurgia, la producción de cementos o la reducción del recurso a los carburantes de origen fósil, queda muy por detrás. Bajo la orientación de estas estrategias se abren unos campos en los que la química debe aportar soluciones efectivas (Mestres, 2008).

### **Camino a la sostenibilidad. Del pensamiento a la práctica.**

Es posible conseguir un ahorro económico mediante la disminución en la generación de residuos y en el uso de energía. Estas estrategias no sólo implican un beneficio económico, sino que se evitaría la sobre explotación de recursos naturales y la alteración de ecosistemas. Si además, se utilizan fuentes de energía renovables, la industria puede ser realmente sustentable. De esta manera se disminuye el riesgo por el manejo de sustancias peligrosas, así como, de accidentes que impacten tanto a la sociedad como a la naturaleza.

Existen ejemplos de casos específicos de alternativas químicas significativas en la lucha contra la contaminación, el empleo de productos “verdes” ha aumentado, no simplemente por moda sino por necesidad, basados en la metodología de 12 principios propuestos por Anastas (Anastas y Warner, 2000:30).

### **La química verde sus principios y ejemplos de los mismos.**

La química verde es, a la vez, un reconocimiento de que la química está en la base de muchos de nuestros problemas ambientales, y de que en ella están latentes muchas de las soluciones (Peiró Muñoz, 2003). A continuación, se muestran los principios en los que se basa y algunos logros que se han llevado adelante, de forma consciente en algunos casos e inconsciente en otros, siguiendo los mismos.

#### **1. Prevención. "Es preferible evitar la producción de un residuo que tratar de limpiarlo una vez que se haya formado".**

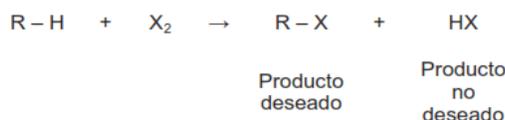
Tradicionalmente la investigación y la industria química no se preocupaban demasiado de los residuos que generaban. Si se generaba un problema, otros investigadores se ocupaban de buscar una solución. La química verde apunta a que no se generen esos residuos. Este principio está presente en todos los que le siguen, y por eso casi cualquier logro siguiendo la filosofía de la química verde cumplirá con este principio. A modo de ejemplo: si se incorporan la mayor cantidad de los reactivos en los productos se producirán menos residuos (segundo principio, economía atómica); si trabajamos con sustancias no tóxicas y producimos sustancias no tóxicas (principios tres y cuatro) no tendremos residuos tóxicos para limpiar; si no usamos solventes o utilizamos solventes inocuos (principio cinco) luego no tendremos que buscar la forma de eliminar los residuos generados por dichos solventes. Tal como lo señala el propio Anastas, este principio es equivalente a aquel principio médico que dice “es mejor prevenir que curar” (Anastas y Warner, 2000).

Los procesos de producción de cemento, hierro, acero y otros metales se basan en conversiones químicas que parten de mezclas de materiales de origen mineral. La mejora de estos procesos con el fin de reducir su consumo energético, la generación de dióxido de carbono en el propio proceso y la emisión de metales tóxicos a la atmósfera constituye un gran desafío para la química. Algunos estudios ya muestran que es posible la manufactura del cemento con menor consumo energético y mejor calidad del producto y rentabilidad económica, a partir de productos reciclados o de desechos del tratamiento de minerales (Phair, 2006).

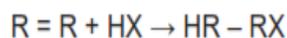
**2. Economía atómica. "Los métodos de síntesis deberán diseñarse de manera que incorporen al máximo, en el producto final, todos los materiales".**

Una economía atómica óptima supone que todos los átomos de las sustancias reactivas se encuentran en el producto después de la reacción (Trost, 1991).

Tanto en la investigación como en la industria química, así como en la enseñanza de la química, es costumbre hablar del rendimiento de las reacciones químicas, considerando como tal la relación entre la cantidad de producto obtenido y la cantidad de producto esperado a partir de la cantidad del reactivo limitante disponible. El rendimiento suele ser menor a cien por ciento por diversas razones: reacciones secundarias, reacciones incompletas, impurezas de los reactivos, etc. Sin embargo, hay un factor que no se toma en cuenta. Esto es que, aún con un rendimiento de cien por ciento, en la mayoría de las reacciones se obtienen, junto con el producto que se tiene como objetivo, otros que no son los deseados, pero que se forman también en la reacción. Si, por ejemplo, se desea obtener un halogenuro de alquilo mono sustituido, a través de una reacción de sustitución de un alcano con el halógeno correspondiente, se obtendrá también, aunque no sea el objetivo, halogenuro de hidrógeno:



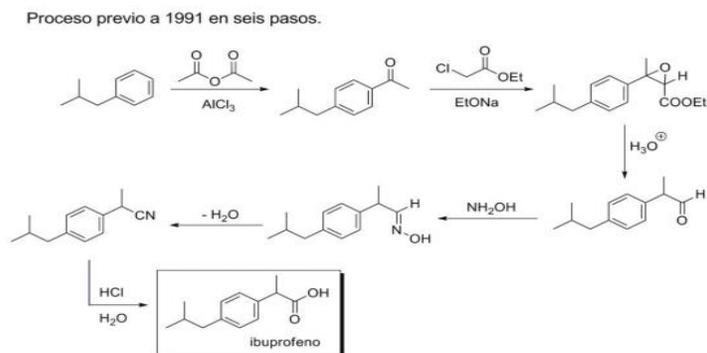
Sin embargo, si este mismo halogenuro de alquilo, se obtiene a partir de una reacción de adición de un halogenuro de hidrógeno a un alqueno, todos los reactivos se incorporan al producto:



La relación entre la cantidad de reactivos y la cantidad de producto deseado se expresa en el concepto de economía atómica. Cuanto mayor sea este valor, menos cantidad de reactivo quedará en productos no deseados. Estos productos no deseados pueden ser residuos que luego hay que ver cómo eliminar o neutralizar y, en el mejor de los casos, pueden ser inocuos, pero se estaría gastando materia prima en producir algo inútil, o en algo que hay que buscar una forma de separar y encontrarle una utilidad. En el ejemplo aquí mencionado, la adición tendría una economía atómica de cien por ciento, mientras que en la sustitución sería menor. Si bien se habla de economía atómica (E.A.), este valor se expresa habitualmente como un porcentaje en masa:

$$E.A. = \frac{\text{masa producto deseado}}{\text{masa reactivo}} \times 100$$

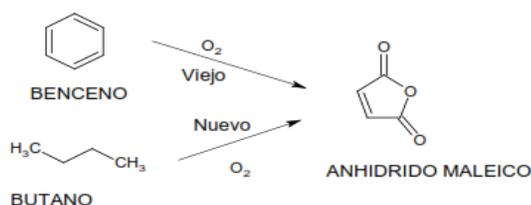
Uno de los primeros logros de la química verde aplicando este principio fue en la reducción de la cantidad de residuos generados en la obtención industrial del ibuprofeno. Este analgésico de amplio uso, se produjo entre 1960 y 1991 en un proceso de seis etapas, generándose residuos en cada una de ellas, de tal manera que la economía atómica del proceso era de un 40 %. En 1991, la BHC Company desarrolló un proceso en tres etapas, que tiene una economía atómica de 77 %. (González y Valea, 2009: 51). La eficiencia fue incrementada a un 77% con la posibilidad de llegar a un 99%, reciclando los subproductos de la primera reacción (el ácido acético puede ser fácilmente convertido en anhídrido acético, reactivo de la primera reacción). La ruta verde produce más ibuprofeno en menos tiempo y facilita la reducción de los requerimientos energéticos, en comparación con el proceso original (figura 1).





**Figura 1.** Dos procesos de síntesis de ibuprofeno.  
Fuente: Los Autores

En la actualidad, se han publicado innumerables estudios que proponen el uso de los principios de química verde. Un ejemplo es la síntesis del anhídrido maleico; el punto de partida de este proceso catalítico era el benceno, que fue reemplazado por butano, aplicando principios de la química verde, tales como el uso de reactivos no tóxicos, economía atómica mejorada, obtención del producto en una etapa sin uso de solventes y reducción en la producción de residuos (Figura 2).



**Figura 2.** Ruta de síntesis antigua y nueva del anhídrido maleico.  
Fuente: Los Autores.

**3. Uso de metodologías que generen productos con toxicidad reducida. "Siempre que sea posible, los métodos de síntesis deberán diseñarse para utilizar y generar sustancias que tengan poca o ninguna toxicidad, tanto para el hombre como para el medio ambiente".**

Una de las posibles estrategias para reducir el peligro de explosión, incendio o fugas de materiales tóxicos puede ser el uso de reactivos más suaves, pero no siempre es la mejor. Un reactivo suave puede ser ciertamente más selectivo y menos peligroso, pero por lo general exige mayores tiempos de residencia o temperaturas superiores; y cada una de estas condiciones se opone a la selectividad de la conversión. La sustitución de reactivos peligrosos por otros más suaves resulta factible cuando se puede diseñar una conversión equivalente en la que se emplean catalizadores o biocatalizadores apropiados, con energías de activación más bajas, o en la que se acude a la activación selectiva de algunos de los reactivos (tabla 1).

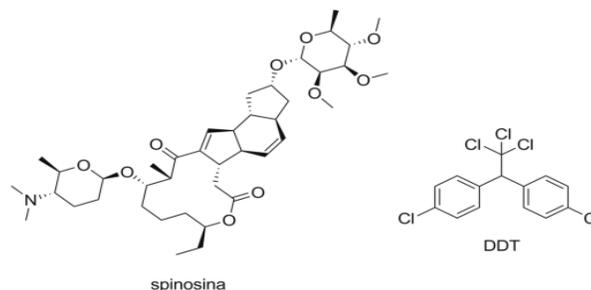
**Tabla 1.** Reducción de riesgos por reactivos y condiciones. Fuente: Los Autores

<b>Origen</b>	<b>Estrategias</b>	<b>Áreas de Desarrollo</b>
Reactivos peligrosos	Uso de reactivos suaves	Métodos catalíticos
		Métodos biocatalíticos
	Activación selectiva	Fotoquímica
		Electroquímica
		Microondas
Escala reducida	Intensificación de proceso	
Condiciones peligrosas	Temperatura ambiente	Métodos catalíticos
		Métodos biocatalíticos
	Reacciones a presión ordinaria	Métodos catalíticos
		Métodos biocatalíticos

Una activación por irradiación con luz ultravioleta, como se emplea en las reacciones fotoquímicas, puede excitar alguna de las moléculas reaccionantes, de manera que las conversiones consiguientes pueden entonces transcurrir adecuadamente con reactivos suaves y a temperatura ambiente. La activación selectiva tiene lugar también en reacciones electroquímicas, o en otras formas de activación, tales como las microondas o los ultrasonidos (De la Hoz, Diaz-Ortis & Moreno, 2005; Mestres, 2010; Cravotto & Cintas, 2012; Montilla et al., 2012). Las reacciones fotoquímicas y las otras formas de activación selectiva pueden ciertamente evitar el uso de algunos reactivos peligrosos, pero de manera más importante, aportan al arsenal de la síntesis química nuevas conversiones inalcanzables de otro modo (Fagnoni et al., 2007; Mestres, 2010).

El segundo y tercer principio de la química verde se refieren a conseguir sustancias químicas que mantengan su utilidad, pero que a su vez no sean tóxicas. Tradicionalmente la química ha tenido mucho que ver en el control de plagas, y un ejemplo es el uso del DDT (diclorofeniltricloroetano), que según la Organización Mundial de la Salud (OMS), ha contribuido a salvar millones de vidas, junto con otros insecticidas. Sin embargo, se descubrió que el DDT es tóxico para numerosas especies útiles de peces y aves, y aun para el propio ser humano. En 1972 se prohibió su uso en Estados Unidos, pero se siguió vendiendo a otros países.

A partir de esta prohibición se ha buscado que sustituir el DDT por otros plaguicidas igualmente efectivos, pero menos tóxicos. Uno de estos es la spinosina (figura 3), un insecticida obtenido a partir de una bacteria, la *Saccharopolyspora spinosa* (López Gressa, 2006: 18).



**Figura 3.** Estructuras de spinosina y DDT  
Fuente: Los Autores

Un gran número de compañías farmacéuticas están reduciendo drásticamente la cantidad de residuos peligrosos en la manufactura de los productos farmacéuticos más vendidos. Pfizer, por ejemplo: rediseñó la síntesis de varios principios activos por medio de química verde, como el sildenafil citrato, ingrediente activo de Viagra (R), y resultó una ruta de síntesis más eficiente que requiere menos trabajo y proporciona una mayor recuperación de disolventes. Del mismo modo, el proceso de fabricación del clorhidrato de sertralina, principio activo de Zoloft (R), fue rediseñado, siguiendo los principios de química verde. GlaxoSmithKline, también modificó la ruta de síntesis del ácido 7-aminocefalosporánico (7-ACA), mediante la síntesis enzimática, reduciendo el número de etapas requeridas por la ruta de síntesis química.

**4. Generación de productos eficaces pero no tóxicos. "Los productos químicos deberán ser diseñados de manera que mantengan la eficacia a la vez que reduzcan su toxicidad".**

El enfoque de la química sostenible ante esta cuestión es que las nuevas sustancias deben ser diseñadas para presentar las propiedades químicas y físicas idóneas para cubrir perfectamente la función para la que van a ser comercializadas, y presentar al mismo tiempo toxicidad e impacto ambiental bajos o nulos. Un mejor conocimiento de la bioquímica, fisiología, microbiología y toxicología facilita ciertamente este proceso de diseño, por lo que el diseño de sustancias intrínsecamente inocuas debe ser llevado a cabo de la mano de científicos pertenecientes al área toxicológica de la medicina y la farmacia. Existen ya métodos predictivos que establecen relaciones entre la estructura de la sustancia y sus efectos de tipo biológico (Quantitative Structure-Activity Relationship, QSAR) o basados en la topología molecular, pero queda todavía un gran camino por recorrer (García-Doménech et

al., 2008; Voutchkova, Osimitz & Anastas, 2010; Verma & Hansch, 2011; Pla Franco et al., 2011).

A fin de evitar efectos imprevistos por las nuevas sustancias, se hace preciso comprender mejor la química del medio ambiente, los equilibrios y las cinéticas de la difusión de las sustancias, así como los procesos químicos y biológicos de su degradación ambiental. Los efectos de un producto químico en el ambiente están estrechamente relacionados con sus propiedades físico-químicas (Schwarzenbach, Gschwend & Imboden, 1993; Doménech; 1999; Figueruelo & Marino-Dávila, 2004; Mestres, 2010). Así, la movilidad ambiental y la bioacumulabilidad de una sustancia química es fácilmente predecible a partir del conocimiento de algunos parámetros, a saber, la presión de vapor, la constante de Henry y el coeficiente de reparto octanol/agua. También es predecible la inercia de las sustancias a los agentes químicos ambientales oxidantes, reductores e hidrolíticos. Sin embargo, la predicción de la toxicidad resulta mucho más difícil. Esto es cierto incluso cuando se ha establecido la modalidad (aguda o crónica), y la vía (ingestión, pulmonar, cutánea) de la exposición. Con todo, son innegables los avances logrados en el diseño para evitar efectos tóxicos específicos (Roncaglioni & Benfenati, 2008).

Precedentes en la industria química demuestran cómo el cambio estructural de una molécula puede mejorar su comportamiento ambiental sin reducir su funcionabilidad, como en el caso del tetrapropilénbencensulfonato (TPS), un surfactante que se usó en detergentes durante los años 50. Su biodegradabilidad era baja y dio lugar a grandes formaciones de espuma en los ríos y plantas de tratamiento de aguas residuales. Los químicos lograron solucionar este problema, transformando el TPS en sulfonato de alquil benceno lineal (LAS), que se degrada con mayor facilidad.

**5. Reducción del uso de sustancias auxiliares. "Se evitará, en lo posible, el uso de sustancias que no sean imprescindibles (disolventes, reactivos para llevar a cabo separaciones, etcétera), y en el caso de que se utilicen que sean lo más inocuos posible".**

Formando parte de los ingredientes y constituyendo un origen sustancial de los residuos, los disolventes merecen un comentario especial (tabla 2).

**Tabla 2.** Reducción de contaminación y riesgos por los disolventes.

<b>Origen</b>	<b>Estrategias</b>	<b>Áreas de Desarrollo</b>
Disolventes como medio de reacción	Disolventes de baja toxicidad	Disolventes más seguros
	Reacciones sin disolvente	Agua
		Fluidos supercríticos
		Líquidos iónicos
	Sin disolvente	
Disolventes como medio de separación	Disolventes de baja toxicidad	Disolventes más seguros
	Reacciones con separación del producto	Condiciones bifásicas
		Reactivos poliméricos
		Catalizadores heterogéneos
Condiciones de reacción	Reacciones a temperatura ambiente	Métodos catalíticos
	Reacciones a presión atmosférica	Métodos biocatalíticos

Fuente: Los Autores

Son necesarios ordinariamente tanto como medio de reacción, como en la separación y purificación del producto. Son empleados en cantidades que están en uno o más órdenes de magnitud respecto a las materias de partida, reactivos y catalizadores. El hecho de ser fluidos los hace propensos a fugas en forma de vertidos y, si son volátiles, de pérdidas por evaporación. Para mayor complicación, la mayoría de disolventes orgánicos son ambientalmente nocivos, o fácilmente inflamables. Por esta razón existe actualmente una actividad muy intensa dirigida a la sustitución de los disolventes orgánicos convencionales como medio de reacción por otros sistemas, tales como agua, fluidos supercríticos, líquidos iónicos o disolventes orgánicos más seguros y de origen renovable. La última opción es la ruta más usual para el reverdecimiento inmediato de los procesos actualmente en planta en las industrias de química fina y farmacéutica (Horváth et al., 2008).

Se ensayan también estrategias para la reducción de la necesidad de disolventes en las fases de separación y purificación. Por ejemplo, sistemas bifásicos, reactivos poliméricos, otras formas de reactivos soportados, catalizadores heterogéneos. Las reacciones “sobre agua”, en la interfase agua-aceite, puede convertirse en una línea significativa para reducir la necesidad de disolventes orgánicos como medio de separación de productos (Jung & Marcus, 2007; Cozzi & Zoli, 2008). Especial interés presentan las técnicas de expansión de líquidos por gases a presión (CO<sub>2</sub> o dimetil éter), que permiten modificar la solubilidad de los productos o los catalizadores, y facilitar así la separación de los componentes de la mezcla de reacción (Akien & Poliakoff, 2009; Eckert et al., 2004).

Este principio apunta a que en los procesos químicos se use la menor cantidad posible de sustancias auxiliares, disolventes especialmente. En caso de necesitar usarlos, que sean lo menos contaminantes posible. En este sentido se procura que alguno de los propios reactivos actúe como disolvente. En cuanto al uso de disolventes inocuos, la química verde ha llevado adelante variadas investigaciones sobre este tema, y especialmente han cobrado importancia el uso de disolventes en estado supercrítico y el uso de líquidos iónicos.

Los fluidos supercríticos se han utilizado como disolventes extractores. Estos fluidos se encuentran por encima del punto crítico en un estado tal que difunden como gases y disuelven como líquidos y pequeños cambios de presión y temperatura producen grandes cambios en su densidad (Gordon, 2006). Ejemplos de éstos son el agua ( $H_2O$ ) y el dióxido de carbono ( $CO_2$ ). En este estado supercrítico, el  $CO_2$  adquiere un gran poder de solvatación y puede ser usado como disolvente de muchas sustancias y desde los años 70's se utiliza en la extracción de la cafeína de las semillas verdes del café, para la obtención de café descafeinado, sustituyendo a disolventes nocivos como el diclorometano o el acetato de etilo (Ordóñez, 2006). También se emplea en la extracción de fragancias, sabores de especias y aceites, entre otros (Luque de Castro, 1993). El agua supercrítica se utiliza para la destrucción de residuos orgánicos bajo condiciones oxidantes y como disolvente en reacciones de hidrólisis como en el reciclado del PET, por mencionar algunas de sus aplicaciones (Gordon, 2006).

La capacidad de los disolventes supercríticos varía al variar la densidad, aumentando o disminuyendo la presión. Eso permite separar sustancias. Un ejemplo concreto de esto es la extracción de la cafeína con dióxido de carbono en estado supercrítico, para obtener el café descafeinado (Brown, Burdsten y Lemay, 2004: 424).

Otro ejemplo son las investigaciones llevadas a cabo para obtener biodiesel utilizando etanol en estado supercrítico y sin utilizar hidróxido de potasio como catalizador, como se hace habitualmente. El etanol en estado supercrítico puede disolver los aceites vegetales, que de otra forma son insolubles. Esto favorece la rapidez de la reacción. Investigaciones en este sentido han sido llevadas adelante por la Facultad de Química de la Universidad de la República de Uruguay (Vieitez, 2008: 2085 - 2089).

Los líquidos iónicos son sales orgánicas líquidas a temperatura y presión ambiente pero que, por ser sales, tienen una baja presión de vapor. Desde el punto de vista de su estructura

química, normalmente son sales formadas por un catión orgánico y un anión poliatómico (Hernández, 2008: 33).

Los líquidos iónicos, frente a otros disolventes, presentan las siguientes ventajas: tienen baja presión de vapor, son químicamente estables en rangos amplios de temperatura, tienen bajo punto de fusión, presentan mayor densidad que el agua, son más viscosos que la misma, son bastante estables en procesos electroquímicos y buenos conductores eléctricos, pueden tener diferentes propiedades ácido base, dependiendo de la sal que trate y son incoloros en estado puro. Estas propiedades hacen que sean muy versátiles en cuanto a las aplicaciones que se les pueden dar.

**6. Disminución del consumo energético. "Los requerimientos energéticos serán catalogados por su impacto medioambiental y económico, reduciéndose todo lo posible. Se intentará llevar a cabo los métodos de síntesis a temperatura y presión ambientes".**

Este principio se refiere específicamente a buscar procesos químicos que puedan llevarse adelante con el menor gasto de energía posible. En este sentido cobra importancia buscar reacciones que puedan llevarse adelante en condiciones ambientales de presión y temperatura.

Los procesos químicos que se llevan adelante en los seres vivos, se realizan en estas condiciones, o por lo menos a temperaturas y presión relativamente bajas. La mayoría de los procesos químicos de origen biológico son catalizados por enzimas. En realidad las biotransformaciones, como suelen llamarse a los procesos químicos catalizados con enzimas, son de los recursos más utilizados por la química verde ya que permiten cumplir simultáneamente con varios principios. Las enzimas son catalizadores altamente selectivos, lo que permite obtener productos con alto grado de pureza. Son selectivos en cuanto a las reacciones que catalizan (quimioselectividad), y son selectivos desde el punto de vista estereoquímico, pueden reaccionar muy bien con un diastereoisómero y no con otro (diastereoselectividad), y también son capaces de catalizar la producción de un determinado enantiómero y no su imagen especular. Son altamente efectivas en cuanto al aumento de la velocidad de reacción con poca cantidad de enzima. Por otro lado, debido a su origen biológico, son totalmente biodegradables cuando terminan su ciclo. También tienen algunas desventajas: en la naturaleza solo aparecen normalmente en una forma enantiomérica, operan

dentro de rangos de temperatura y pH estrechos, su mayor actividad la muestran en disolución acuosa, aunque también se han logrado reacciones efectivas en disolventes no polares y algunas enzimas pueden ser inhibidas por el producto de la misma reacción (Faber, 1997: 2-8). Una aplicación concreta del uso de biocatalizadores es la producción estereoselectiva de sustancias que son precursoras para la obtención de bloqueadores  $\beta$  adrenérgicos. Un ejemplo es el Atenolol, que se utiliza en el tratamiento de la hipertensión arterial, un problema bastante extendido en el mundo.

Generalmente estas sustancias se venden como mezclas racémicas, por lo difícil que es separar los enantiómeros. Mediante el uso de biocatalizadores se ha logrado obtener sólo el isómero deseado de la materia prima de la síntesis de esta sustancia, eliminando de esta manera los problemas que implica la presencia del isómero no deseado, como los controles adicionales que deben hacerse para asegurar que no tiene efectos indeseados, y la pérdida de materia prima que implica su producción.

**7. Utilización de materias primas renovables. "La materia prima ha de ser preferiblemente renovable en vez de agotable, siempre que sea técnica y económicamente viable".**

Sin duda la reducción del uso de materiales fósiles en la producción industrial ha de venir de la mano del empleo eficiente de la biomasa. Además de una fuente importante de carburantes, la biomasa puede proporcionar materias primas para la industria química orgánica. Todos los esfuerzos y logros en la preparación de combustibles, como el etanol, el gas de síntesis o el glicerol, a partir de la biomasa, son válidos en relación a materias primas industriales (Corma, Iborra & Veltz, 2007; Díaz-Álvarez et al., 2011). Existe una variedad de sustancias oxigenadas obtenibles mediante procesos fermentativos a partir de los carbohidratos del material lignocelulósico, que pueden constituir bloques útiles para la síntesis. Para mayor interés, algunas de ellas son obtenidas en forma homoquiral, especialmente conveniente para la preparación de sustancias con actividad farmacológica.

Por otro lado, además de los productos naturales tradicionales, la manipulación de grandes cantidades de materia vegetal, exigida por la producción de combustibles, puede hacer rentable la obtención de sustancias tales como hormonas vegetales, vitaminas, aminoácidos, o azúcares, que se encuentran en cantidades pequeñas en la planta y que hasta

hace poco tiempo resultaba impensable separar o modificar de manera sostenible (Martín-Luengo et al., 2011).

La producción directa de plásticos por procesos fermentativos a partir de la glucosa o de otros azúcares presenta también un interés especial. Los polihidroxicanoatos y el ácido poliláctico han demostrado poseer propiedades excelentes para competir con plásticos del tipo del polietileno o poliestireno, con el atractivo adicional de ser biodegradables (Krochta & De Mulder, 1996).

Cabe añadir aquí que el reciclado químico de los plásticos puede convertirse en un medio de recuperación de los productos derivados de las fuentes fósiles, y que por lo tanto constituye una especie de fuente de materia prima renovable (Aguado & Serrano, 1999).

Otra clase de materiales susceptibles de agotamiento irreversible son algunos de los metales empleados como catalizadores en la síntesis orgánica. Algunos de ellos, como paladio, rutenio, rodio e iridio han estado confinados en sus yacimientos durante millones de años, por lo que resultan totalmente extraños al ambiente. Su uso hace imprescindible evitar su difusión ambiental, con un impacto absolutamente desconocido, que puede resultar persistente e irreversible (Poliakoff & Licence, 2007; Cano, Ramón & Yus, 2011). De ahí el extraordinario interés del desarrollo de catalizadores basados en metales de transición asequibles y ordinariamente empleados por los seres vivos, tales como hierro, zinc, cobalto, molibdeno (Enthaler, Junge & Beller, 2008), a los que se pueden añadir oro, plata, níquel, cobre (Stephen & Hashmi, 2007; Alonso, Riente & Yus, 2011), metales que, aunque no inocuos, han sido empleados durante muchos siglos, sin mostrar especial peligrosidad ambiental. Dentro de la misma línea de pensamiento, presenta extraordinario interés el desarrollo, muy activo en la actualidad, de la llamada organocatálisis (Alcaide & Almendros, 2008; Dondoni & Massi, 2008; Hernández & Juaristi, 2012), y por supuesto, de la biocatálisis (Faber, 2000; Mestres, 2010; Alcántara, Hernaiz & Sinisterra, 2011).

Cabe también considerar aquí que el agua es o puede ser un componente escaso, especialmente en algunos países. Uno de los Green Chemistry Presidential Awards fue concedido el año 2003 por el desarrollo de un proceso de preparación de óxidos metálicos en el que se evitaba el empleo de agua, requerida en gran cantidad en un procedimiento anterior (Ritter, 2003).

Hace falta conseguir métodos simples y eficaces que utilicen alcoholes como agentes alquilantes directos, sin la generación de residuos (Alonso, Riente & Yus, 2011).

Debido a la discusión sobre la competencia con la producción de alimentos, se ha impulsado la generación de los biocombustibles a partir de materias primas de origen vegetal, pero que no compitan con la producción de alimentos, como el aprovechamiento de desechos agrícolas para producir biogás, o la producción de biodiesel a partir de algas.

En Uruguay, un equipo de químicos se ha dedicado también a la extracción y modificación de un aceite esencial del eucalipto, el eucaliptol o 1,8–hidroxicineol. A partir de esta sustancia han obtenido derivados de importancia industrial con distintos objetivos. Algunos de estos derivados han demostrado ser eficaces como insecticidas. Otros son utilizados en spray nasales y algunos en cosméticos. Muchas de las transformaciones para obtener los derivados han sido a través del uso de biocatalizadores. Por otro lado, los productos obtenidos son biodegradables.

**8. Evitar la derivatización innecesaria. "Se evitará en lo posible la formación de derivados (grupos de bloqueo, de protección/desprotección, modificación temporal de procesos físicos/químicos)".**

En muchos casos, especialmente en química orgánica, los procesos para obtener un producto tienen varias etapas. En algunas etapas se protege un grupo funcional para que no intervenga en una reacción mientras se hace reaccionar otro grupo activo que se encuentra en la misma molécula. O al revés, se sustituye un grupo especialmente inerte frente a un reactivo, por otro grupo más activo frente al mismo. Cuantas más etapas tenga un proceso, menor será su economía atómica. Todas las sustancias auxiliares que se utilicen en cada una de las etapas aparecerán como desechos. Además, cada etapa extra implica nuevos procedimientos con mayores gastos de energía y mayores riesgos para los operarios.

Las ideas y avances de la química verde giran de manera primordial alrededor de la reducción de la generación de residuos en el proceso químico y de los riesgos de incendio, explosión e intoxicación en la planta.

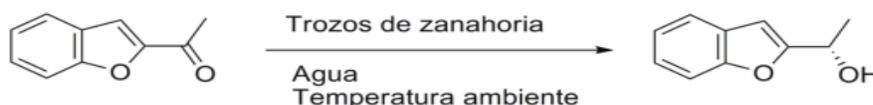
Toda persona dedicada a la química es consciente de la importancia de evitar la generación de productos secundarios en una reacción de síntesis. Significan bajos rendimientos y gravan el coste de producción. La novedad estriba ahora en que la formación

de los productos secundarios supone la generación de residuos y una separación y purificación del producto más laboriosa y costosa, con cristalizaciones, extracciones, destilaciones o cromatografías que incrementan notablemente la cantidad de residuos y que exigen un consumo adicional de energía.

Las estrategias para la reducción de productos secundarios están vinculadas al concepto de selectividad, tan familiar para el químico de síntesis. A una selectividad elevada corresponde la formación de cantidades mínimas de productos secundarios o también la reducción del número de pasos de síntesis (Mestres, 2010). En el contexto de las estrategias para los procesos limpios se puede suponer que un número reducido de etapas de síntesis implica también menores cantidades de productos secundarios y concomitantes, de acuerdo con un argumento totalmente similar al dado anteriormente para el impacto de base. La economía de pasos, un término acuñado por Paul Wender para la reducción del número de etapas de síntesis, no es nuevo en síntesis orgánica, pero la química verde reconoce que la multiplicación de pasos es ordinariamente causa de multiplicación de residuos y de menores rendimientos globales. El diseño de los procesos “dominó” y “en cascada” es una de las formas de economía de pasos (Wender, Croatt & Witulski, 2006).

**9. Potenciación de la catálisis. "Se emplearán catalizadores (lo más selectivos posible), reutilizables en lo posible, en lugar de reactivos estequiométricos".**

Un método para aumentar la rapidez de una reacción es utilizar un catalizador, que hace más rápida la reacción pero no se consume en la misma. Aquí vuelve a destacarse la importancia de los biocatalizadores, con las ventajas antes mencionadas. En Uruguay, el Laboratorio de Biocatálisis y Biotransformaciones (LBB) de la Facultad de Química, lleva adelante diversas investigaciones en este sentido. Ejemplos de esto son la reducción enantioselectiva de cetonas utilizando zanahoria cruda (González y otros, 2006: 1049 – 1051). Se parte de una cetona que no posee isomería óptica, por no tener carbono quiral y se obtiene por reducción, solo uno de los alcoholes enantioméricos posibles (figura 4).



**Figura 4.** Reducción enzimática de una cetona

Fuente: Los Autores

Otra forma de catálisis, totalmente concordante con los objetivos de la química verde, es la fotocatalisis. Ésta se basa en la utilización de la energía electromagnética proveniente de la luz para acelerar algunas reacciones. La luz solar es una fuente de energía inagotable, a total disposición y en absoluto contaminante. Investigadores uruguayos han utilizado este recurso para catalizar reacciones que dan origen a sustancias que se han demostrado ser efectivas en el tratamiento de enfermedades parasitarias como la enfermedad de Chagas y la leishmaniasis (Moyna y otros, 2011: 2852 - 2858).

El uso de sistemas catalíticos y biocatalíticos puede llevar a nuevos métodos de síntesis basados en conversiones que transcurren en condiciones suaves (Faber, 2000; Mestres, 2010; Sheldon & van Bekkum, 2001; Sánchez-Montero & Sinisterra, 2007; Climent, Corma & Iborra, 2011; Hudlicky, 2011).

**10. Generación de productos biodegradables. "Los productos químicos se diseñarán de tal manera que al finalizar su función no persista en el medio ambiente, sino que se transformen en productos de degradación inocuos".**

En el diseño de nuevos productos debe ser fuertemente subrayada la conveniencia de la inspiración en la naturaleza. Como ejemplo, el control eficiente y específico de las plagas de insectos en los cultivos mediante el uso adecuado de las mismas moléculas que controlan el comportamiento natural de las especies causantes de la plaga. Las feromonas y otros semioquímicos naturales son aplicadas con indudable éxito desde hace ya muchos años en la agricultura (Cuñat, 1984; Bellés, 1988). Los métodos naturales o inspirados por la naturaleza son sin duda menos agresivos, más específicos y más respetuosos con el ambiente que los basados en productos sintéticos, pero su uso no siempre resulta tan simple.

Los nuevos productos han de ser además fácilmente reutilizados, reciclados o degradados tras su utilización. Así, el diseño de los plásticos debe tener en cuenta no sólo su función, sino también su reciclado o degradación final. Una dificultad muy usual en el reciclado de los plásticos consiste en la presencia de aditivos incorporados en el material con el objeto de proporcionarle algunas de las propiedades requeridas para su función: plastificantes, colorantes, rellenos, antioxidantes, ignífugos, que convierten los plásticos en mezclas complejas. Como consecuencia su reciclado resulta ineficiente y económicamente

insostenible (Aguado & Serrano, 1999). El diseño de nuevos plásticos debe ir dirigido a sus monómeros de partida y procedimientos de polimerización de tal modo que las macromoléculas presenten directamente las propiedades funcionales requeridas, sin necesidad de aditivos. La biodegradación de los plásticos puede ser diseñada, por ejemplo, mediante la inclusión en la macromolécula de sitios susceptibles de hidrólisis o de oxidación. Por supuesto, una opción muy importante para los plásticos degradables se encuentra en los recursos renovables, en los materiales de origen vegetal (Krochta & De Mulder-Johnson, 1996; Meyer, Metzger & Schubert, 2007).

La exigencia de diseño para el reciclado o degradación tras uso es aplicable no sólo a los plásticos, sino también a los productos constituidos por moléculas pequeñas (Boeht-Boehtling, Sommer & Di Fiore, 2007). Existen fármacos en el mercado (protectores estomacales, anticolsterolémicos, anticonceptivos) que son empleados por muchos miles de personas, y son excretados inalterados o en forma de sus metabolitos, para terminar en el medio ambiente. Se realizan estudios predictivos y ensayos exhaustivos para prevenir efectos tóxicos posibles, pero no siempre alcanzan la ecotoxicidad (Kümmerer, 2007). La enorme variedad de aplicación de productos químicos en la actividad humana ofrece múltiples posibilidades para el diseño de productos sostenibles para la limpieza en seco, detergentes, superabsorbentes o material pirotécnico (Herrmann et al., 2008; Steinhauser & Klapötke, 2008).

Los polímeros biodegradables generalmente presentan una doble ventaja: además de su biodegradabilidad, provienen de materias primas renovables, ya que son obtenidos a partir de vegetales. Un ejemplo conocido son los polímeros obtenidos a partir del 1,3-propanodiol obtenido del maíz (García, 2009: 35).

**11. Desarrollo de metodologías analíticas para la monitorización en tiempo real. "Las metodologías analíticas serán desarrolladas posteriormente, para permitir una monitorización y control en tiempo real del proceso, previo a la formación de sustancias peligrosas".**

En la práctica, la selectividad en el reactor industrial viene afectada por el hecho de que la reacción puede transcurrir exclusivamente bajo control cinético, o bien con equilibración parcial o total. La equilibración se ve favorecida por altas concentraciones de los reactivos,

temperaturas elevadas y tiempos prolongados de contacto de los reactivos, y en algunas ocasiones este estado es el que se pretende. Pero el control general y local de la temperatura, la homogeneidad de las concentraciones de los reactivos, así como la brevedad de contacto en el reactor, son cruciales para alcanzar la mejor selectividad posible en una conversión controlada cinéticamente. Son aquí fundamentales las técnicas de análisis a tiempo real para el control de la mezcla reaccionante en el reactor, así como el diseño de reactores convenientes, en los que esté asegurada la homogeneidad de las concentraciones y de las temperaturas (Jachuk, 2002; Jachuck, Selvaraj & Varma, 2006; Mason et al., 2007).

Normalmente, de una industria química se analizan los desechos que vierte a su entorno. Esto lleva implícito el detectar un daño luego de que se produjo. La Química Verde apunta a la prevención. En este sentido, recomienda que los análisis deban estar insertos en el proceso de producción y no al final del mismo. De esta manera, si se está generando alguna sustancia contaminante, será detectada antes de introducirla al ambiente.

**12. Minimización del potencial de accidentes químicos. "Se elegirán las sustancias empleadas en los procesos químicos de forma que se minimice el riesgo de accidentes químicos, incluidas las emanaciones, explosiones e incendios". (Vargas y Pimiento, 2007)**

Una estrategia complementaria para la reducción del peligro en el proceso químico consiste en la reducción de las cantidades de materia en el reactor. Éste es en parte el fin de las técnicas de intensificación de proceso (Jachuk, 2002, Mason et al., 2007). Cuando se alcanza muy rápidamente la mezcla íntima y eficiente de los reaccionantes a nivel molecular en pequeños canales u otros tipos de dispositivos, que actúan como un reactor en continuo, las cantidades en contacto son muy pequeñas, puede haber un control excelente de la temperatura, y queda reducida al mínimo la ocasión de descontrol o de explosión. El control cinético de la reacción y la aplicación más fácil de las formas de activación selectiva son otras de las ventajas que se aducen a favor de los microreactores y de las técnicas de intensificación de proceso (Jachuck, Selvaraj & Varma, 2006).

### **La sonoquímica: una alternativa Ecoamigable**

El uso del ultrasonido en química (sonoquímica) le proporciona al químico sintético una metodología con un amplio potencial; los efectos del ultrasonido sobre las reacciones químicas son debido a la cavitación, un proceso físico de creación, crecimiento e implosión de cavidades gaseosas en el líquido irradiado. La cavitación induce temperaturas y presiones locales muy altas, condiciones estas que favorecen los cambios químicos. En este sentido la sonoquímica se ha constituido en una alternativa a los métodos tradicionales, por cuanto se mejoran los tiempos de reacción y el rendimiento de los productos en condiciones más suaves. Otras características que posee este campo emergente son el uso menores cantidades de disolventes peligrosos, el menor consumo de energía y el incremento de la selectividad de los productos. Características estas que han valido para incluirlo en la llamada Química Verde. En los últimos años se ha incrementado notablemente el número de publicaciones en las que se describen reacciones promovidas por ultrasonido. Los químicos han usado sus conocimientos y habilidades para preparar un gran número de nuevos materiales que han contribuido enormemente con el avance de la civilización moderna, tales como polímeros, cristales líquidos, nanopartículas y cerámicos; así mismo, han sido capaces de obtener sustancias con aplicaciones en áreas tan diversas como medicina, industria alimenticia, cosmética, colorantes y agroquímica, entre otras.

El ultrasonido (U.S.) se define como sonido de una frecuencia que está por encima del límite en el cual el oído humano puede responder. El rango normal de audición está entre 16 Hz y alrededor de 18 kHz, generalmente se considera que el ultrasonido se encuentra en frecuencias que van desde los 20 kHz hasta más allá de 100 MHz.

La sonoquímica generalmente usa frecuencias entre 20 y 40 kHz y este es el rango empleado en los equipos comunes de laboratorio.

Como toda forma de energía, el ultrasonido es propagado por medio de una serie de ondas de compresión y rarefacción (expansión) inducidas en las moléculas del medio a través del cual pasa. Con suficiente potencia el ciclo de rarefacción puede exceder las fuerzas de atracción de las moléculas del líquido y las burbujas de cavitación se formarán. Estas burbujas crecerán después de algunos ciclos tomando algo de vapor o gas del medio (difusión rectificada) hasta alcanzar un tamaño de equilibrio en el que coincide la frecuencia de resonancia de la burbuja con la frecuencia del sonido aplicado. El campo acústico experimentado por la burbuja no es estable debido a la interferencia de otras burbujas que se

forman y resuenan a su alrededor. Como resultado algunas burbujas sufren una expansión repentina hasta alcanzar un tamaño inestable y colapsan violentamente. Es el producto de estas cavidades que colapsan las que generan la energía para efectos mecánicos y químicos.

La comprensión de las burbujas durante la cavitación es más rápida que el transporte térmico, resultando en la generación de puntos calientes (hot spot) localizados de corta vida.

Otra característica que se eleva en gran medida es la presión, estimándose valores de 1700 atm y velocidades de calentamiento y enfriamiento cercanas a 1010 K/s.

### **Algunas Aplicaciones del Ultrasonido en Síntesis Orgánica**

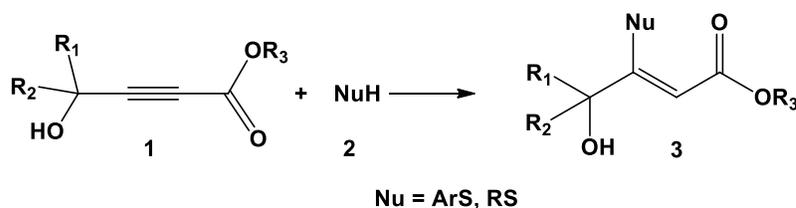
En este orden de ideas las investigaciones van direccionadas hacia la búsqueda de disolventes alternativos más amigables con el medio ambiente, y para ello deben poseer ciertas características como baja toxicidad, inertes, fáciles de reciclar y fáciles de eliminar de los productos; no obstante es necesario aclarar que no existe un disolvente “verde” perfecto que reúna todas estas características a cabalidad. Dentro de los disolventes “verdes” más utilizados en la actualidad encontramos el agua y los líquidos iónicos; caracterizados por presentar mejoras en los rendimientos y tiempos de reacción cuando son combinados con la técnica de ultrasonido.

### **Reacciones en Medio Acuoso Mediadas por Ultrasonido.**

El uso de disolventes es en la mayoría de los casos parte esencial de los procesos químicos; así mismo, la elección de disolventes para una reacción determinada tendrá implicaciones de índole ambiental. El uso del agua resulta atractivo por razones económicas y de seguridad, además de ser considerada como un disolvente ambientalmente benigno y reunir varias características, como ser no tóxico, abundante, barato y no inflamable, así como por poseer propiedades físicas y químicas únicas que hacen posible lograr selectividad y reactividad que no son posibles de conseguir con disolventes orgánicos. Si bien la principal limitante para utilizar el agua como medio para las reacciones orgánicas es la solubilidad de los sustratos, se ha hallado que muchas reacciones orgánicas son más rápidas y eficientes en agua que en disolventes orgánicos, hecho atribuido al llamado “efecto hidrofóbico” que se origina por la tendencia que tienen las moléculas no polares de formar agregados intermoleculares a fin de disminuir el área interfacial agua-molécula orgánica, esto aglomera los reactivos no polares y en consecuencia la velocidad de reacción aumenta, debido a la cercanía de los reactantes en el estado de transición; además del efecto hidrofóbico, la

formación de puentes de hidrógeno entre el agua y las moléculas orgánicas juegan un papel crucial en la velocidad de las reacciones.

De esta forma, los beneficios potenciales de utilizar medios acuosos para llevar a cabo reacciones orgánicas en combinación con irradiación ultrasónica, se han aprovechado realizando diferentes tipos de reacciones, entre ellas se efectuó en 2009 una adición tipo Michael altamente regioselectiva de 2-tioles a 4-hidroxi-2-alkinoatos de etilo (1) bajo condiciones neutras (figura 5), obteniendo como único producto el isómero 3, con un incremento en la velocidad de reacción en comparación con la misma reacción en disolventes orgánicos.

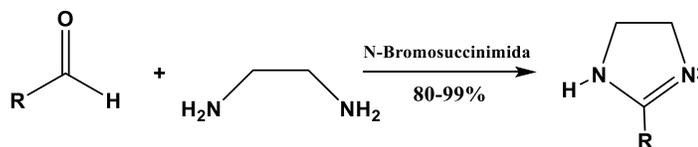


**Figura 5.** Adición tipo Michael altamente regioselectiva de 2-tioles

Fuente: Los Autores

Al llevar a cabo la reacción en acetonitrilo el rendimiento fue inferior; sólo se obtuvo un rendimiento similar al de la reacción acuosa cuando se emplearon condiciones básicas y mayores tiempos de reacción.

Otra reacción recientemente estudiada con la combinación medio acuoso sonicación es la que se da entre aldehídos y etilendiamina en presencia de N-bromosuccinimida (NBS) para formar 2-sustituidoimidazolininas (figura 6) con altos rendimientos y en tiempos cortos de reacción (de 12-18 min); cuando esa misma reacción se realizó con métodos convencionales fue necesaria agitación durante tiempos prolongados. Es de resaltar que los productos se formaron con una pureza muy alta, llegando inclusive a no necesitar purificación posterior a la reacción.



**Figura 6.** Reacción de aldehídos con etilendiamina en presencia de NBS y US.

Fuente: Los Autores

### Reacciones en Líquidos Iónicos Mediadas por Ultrasonido

Como parte del desarrollo de protocolos de “Química Verde” en años recientes los líquidos iónicos han sido reconocidos como una nueva y notable clase de disolventes, junto a sus presiones de vapor muy bajas, muestran un amplio rango de operación (típicamente de -40 a 200 °C), buena estabilidad térmica, y algo muy importante, la posibilidad de variar sus propiedades físicas y químicas variando la naturaleza de los cationes y aniones. Están constituidos sólo por iones (cationes y aniones), pero son líquidos a baja temperatura (típicamente puntos de fusión inferiores a 100 °C). El catión es de naturaleza orgánica, principalmente iones imidazolio o piridinio y un anión de diversa naturaleza, por ejemplo,  $\text{BF}_4^-$ ,  $\text{PF}_6^-$ ,  $\text{CF}_3\text{CO}_2^-$  y  $\text{CH}_3\text{SO}_3^-$ . Un gran número de publicaciones han aparecido en los últimos años relacionadas con reacciones orgánicas llevadas a cabo en líquidos iónicos, demostrándose que estas sales pueden ser usadas como disolventes para reacciones orgánicas, pues son capaces de incrementar la reactividad y/o la selectividad de numerosos procesos químicos. Un ejemplo que ilustra lo anterior lo constituye la nitración para-selectiva de fenoles en líquidos iónicos, mediada por ultrasonido la cual fue efectuada a temperatura ambiente usando  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  o  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  soportado en K10 montmorillonita (Clayfen). El líquido iónico empleado fue nitrato de etil amonio (figura 7). En la reacción en que se empleó  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  se obtuvo la conversión para-selectiva más elevada (85%) en cortos periodos de tiempo; en contraste, las reacciones en condiciones tradicionales presentan tiempos de reacción largos (5-15 h) con baja para-selectividad.

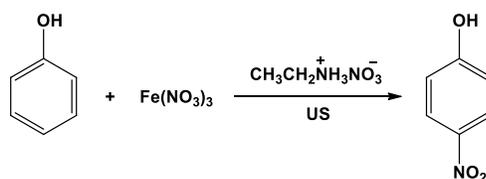


Figura 7. Nitración p-selectiva de fenoles en líquidos iónicos.

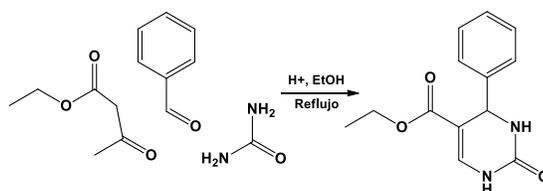
Fuente: Los Autores

### Reacciones Multicomponente Mediadas por Ultrasonido

Anteriormente quedó demostrado que los líquidos iónicos y el agua han emergido como disolventes eficientes y versátiles, en combinación con sonicación, para la promoción de reacciones, pudiéndose emplear en una amplia gama de reacciones orgánicas. Así mismo, el ultrasonido se ha empleado con éxito en reacciones multicomponentes, las cuales son una alternativa a los métodos químicos que se emplean de manera tradicional, caracterizándose

por ser más eficientes y generar menos desechos, siendo su principal logro el conseguir la formación de varios enlaces en una sola etapa, lo cual permite la creación de productos moleculares complejos en un solo paso sintético, facilitando de esta manera la construcción de bibliotecas moleculares con diversidad estructural.

Una reacción multicomponente ampliamente conocida es la reacción de Biginelli, en la que se hacen reaccionar acetoacetato de etilo, aldehídos aromáticos y urea, en medio ácido, obteniéndose 4-aryl-3,4-dihidropirimidin-2(1H)-onas (DHPMs) (figura 8). Zhidovinova y colaboradores, demostraron que la reacción clásica de Biginelli era acelerada por ultrasonido 40 o más veces (2 a 5 minutos de reacción) si se le compara con el método tradicional, obteniéndose rendimientos entre 90-95%, independiente de la naturaleza del aldehído.

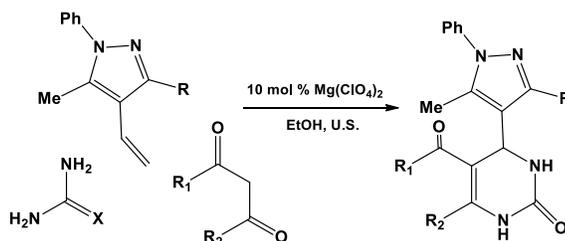


**Figura 8.** Reacción multicomponente conocida por reacción de Biginelli.

Fuente: Los Autores

Informan los autores que en la mayoría de los casos no fue necesaria purificación adicional (recristalización) a causa de la alta selectividad de la reacción que reduce la formación de subproductos. Stefani y colaboradores desarrollaron una variante de la reacción de Biginelli por ultrasonidos en la que el catalizador empleado fue el  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ; el disolvente que mejores resultados arrojó fue el metanol y en ausencia del  $\text{NH}_4\text{Cl}$  la ciclocondensación no ocurre. Los tiempos de reacción oscilaron entre 2,5 y 5 horas, y los rendimientos entre 65-90%.

En este sentido Zhang y colaboradores emplearon  $\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2$  como catalizador eficiente y, dada las propiedades biológicas de los derivados pirazoles, la variabilidad estructural la lograron empleando como aldehídos de partida formilpirazoles, así como urea o tiourea y acetoacetato de etilo o 1,3-dicetona (figura 9).



**Figura 9.** Reaccion multicomponente empleando perclorato de magnesio como catalizador.

Fuente: Los Autores

### **Las Microondas para una Química más verde.**

Es sabido que, en las últimas décadas, el rol de la química verde ha cobrado relevancia en el quehacer de la química en el laboratorio y la industria; pero, dentro de las técnicas desarrolladas para acercarnos a los doce principios enunciados por Anastas y Warner, pocas tuvieron tanta atención como la aplicación de la radiación microondas. Si bien los primeros equipos para síntesis por microondas se asemejaban a los que se utilizan en los hogares, actualmente son más sofisticados y permiten trabajar con diversos volúmenes de muestras, inclusive en el rango de los mililitros (0,2 a 20 mL).

En 1908 comenzó la producción comercial de pectinas en Alemania. Las pectinas se encuentran en las mermeladas y derivados de frutas que se han elaborado desde hace siglos. El método convencional de extracción es engorroso: involucra lavados, hervido de cáscaras, secado en estufas, hidrólisis ácida a pH 2 y 60 °C, filtración y concentración por evaporación, y precipitación con etanol 96°. En 2016, en la universidad de Lisboa, Portugal; se extrajo pectina mediante un método innovador, utilizando solo agua como medio de dispersión y microondas como fuente de energía: “hidrodestilación por microondas”.

El biodiesel tiene muchos méritos como recurso de energía renovable, ya que permite aliviar la dependencia de combustibles derivados del petróleo, y además tiene un perfil de emisiones de combustión más favorable. Una síntesis de biodiesel parte de un litro de aceite usado que debe mezclarse con metóxido de sodio, y ser calentado a 55 °C por una hora. En el departamento de ingeniería química de la universidad del Cairo, Egipto se utilizó radiación microondas para sintetizar biodiesel, y se incrementó la velocidad de reacción (pasó de 150 minutos a 2 minutos), ya que no se requería un pre tratamiento, y se facilitó el proceso de separación.

Otras aplicaciones de la síntesis con microondas incluyen: intensificación de procesos aplicados a microrreactores catalíticos, esterificación con fines didácticos, polimerización de derivados del ácido acrílico, etc.

A pesar de los grandes avances conseguidos en los últimos años en la síntesis con el empleo de las microondas, la naturaleza de esta en procesos en batch imposibilita el rendimiento en cantidades industrialmente aceptables (mayores a las 100 toneladas por año).

A esto se le suma la pérdida de una característica importante de la síntesis asistida por microondas: los perfiles de calentamiento y enfriamiento rápidos. Además, por razones de seguridad, no puede alcanzarse los mismos niveles de presión y temperaturas altos en reactores muy grandes. Estas limitaciones no son difíciles de prever. Las falencias de la técnica son evidentes, pero no puede negarse la importancia que sigue teniendo, especialmente en la industria farmacéutica. Respecto a los principios de la química verde, la síntesis asistida por microondas ofrece ventajas que los métodos alternativos actuales, como la reacción por flujo continuo, no puede ofrecer (como el uso de agua como solvente y ahorro energético).

Queda pendiente una cuestión realmente ardua: el establecimiento de la sostenibilidad en la comparación entre dos o más procesos, o productos. Con todas sus dificultades, se han establecido criterios y parámetros cuando sólo se consideran cantidades y el ciclo de vida de ingredientes y emergentes, pero la tarea resulta todavía más difícil cuando la estimación trata de incluir las diversas formas y grados de toxicidad, ecotoxicidad, persistencia y bioacumulabilidad ambiental, inflamabilidad o el riesgo de reacciones violentas. Se trata de un aspecto de la química sostenible que es objeto de amplia y viva discusión por su indudable interés y dificultad (Azapagic, 2002; García, 2009; Mestres, 2010).

### **Conclusiones**

Se ha presentado aquí una visión somera de los objetivos, estrategias, conceptos y cuestiones relacionadas con la química sostenible. Su objetivo último es minimizar el flujo de productos químicos que se vierten en el medio ambiente, incluidos los gases invernadero, en todo tipo de actividad industrial basada en conversiones químicas. El reverdecimiento debe darse primordialmente en la industria química, con el diseño de procesos y de productos bajo la guía de los principios de Anastas y Warner, con el empleo de productos químicos procedentes de las fuentes renovables, sin generación de residuos peligrosos, para producir nuevos materiales eficientes e inoivos. Cabe esperar del ingenio e inventiva de los químicos que, como resultado de modificaciones espectaculares o, más probablemente, de aproximaciones sucesivas, se consigan procesos y productos notoriamente más satisfactorios que los que están actualmente en operación.

La síntesis orgánica ha ido evolucionando en la búsqueda de metodologías más benignas con el ambiente, en este sentido la sonoquímica ha emergido como alternativa en la inducción de reacciones orgánicas, y se ha demostrado su utilidad en un amplio rango de las mismas, donde, en comparación con los métodos convencionales, mejora los rendimientos, acorta los tiempos de reacción, se logran condiciones más suaves, formación de menos subproductos y simplicidad en los manejos experimentales. Lo anterior representa sin lugar a dudas ventajas medioambientales, máxime cuando se combina la sonicación con el uso de agua o líquidos iónicos como disolventes, o se aplica en reacciones multicomponentes.

Los logros más importantes de la síntesis por microondas son los efectos sobre el aumento de la velocidad de reacción, la disminución considerable del tiempo de reacción, el no empleo de disolventes y sus consecuencias sobre el ahorro de energía.

### **Referencias bibliográficas.**

- Aguado, J. & Serrano, D. P., (1999). *Feedstock Recycling of Plastic Wastes*. Cambridge: The Royal Society of Chemistry.
- Akien, G. R. & Poliakoff, M., (2009). A critical look at reactions in class I and II gas-expanded liquids using CO and other gases, *Green Chemistry*, 11, 1083–1100.
- Alcaide, B. & Almendros, P., (2008). Organocatalytic Reactions with Acetaldehyde, *Angewandte Chemie International Edition*, 47, 4632–4634.
- Alcántara, A. R., Hernaiz, M. J. & Sinisterra, J. V., (2011). Biocatalyzed Production of Fine Chemicals. In: Murray, M.Y. (ed.), *Comprehensive Biotechnology (Second Edition)* (pp. 309-331). Burlington: Academic Press.
- Alonso, F., Riente, P. & Yus, M., (2011). Nickel Nanoparticles in Hydrogen Transfer Reactions, *Accounts of Chemical Research*, 44, 379-391.
- Anastas, P. T. & Warner, J. C., (1998). *Green Chemistry: Theory and Practice*, Oxford: Oxford University Press.
- Anastas, P. T., (2007). Green Chemistry. Design Innovation, Solu-Green Chemistry. Design Innovation, Solutions and a Cohesive System, *Green Chemistry Letters and Reviews*, 1, 3-4.
- Anastas, P., Warner, J. (2000) *Green Chemistry: Theory and Practice*, Primer Edición, Oxford University Press, New Cork

- Anastas, P.; Eghbali, N. (2010). "Green Chemistry: Principles and Practice". Chem. Soc. Rev., 39, 301-312.
- Azapagic, A. (2002). Life Cycle Assessment: a Tool for Identification of More Sustainable Products and Processes. In: Clark, J. & Macquarrie, D. (ed.), Handbook of Green Chemistry and Technology (pp. 62-85). Oxford: Blackwell Publishing.
- Bellés, X. (coord.), (1988). Insecticidas Biorracionales. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Belloso W.H., (2009). Historia de los antibióticos. Revista del Hospital de Buenos Aires, Vol. 2, 102-111.
- Boehling, R. S., Sommer, E. & Di Fiore, D., (2007). Designing Small Molecules for Biodegradability, Chemical Reviews, 107, 207-2227.
- Bravo, J. L. López, ICintas, . P. Silvero G. and Arévalo, M. (2006). J. Ultrason. Sonochem. 13, 408-414.
- Bridge, G., (2004). Contested terrain: mining and the environment, Annual Review of Environmental Resources, 29, 205-259.
- Brown, T., Le May, H., Bursten, B. (2004) Química, La ciencia central, novena edición en español, Prentice Hall, México.
- Cano, R., Ramón, D. J. & Yus, M., (2011). Impregnated Ruthenium on Magnetite as a Recyclable Catalyst for the N-Alkylation of Amines, Sulfonamides, Sulfinamides, and Nitroarenes Using Alcohols as Electrophiles by a Hydrogen Autotransfer Process, Journal of Organic Chemistry, 76, 5547–5557.
- Carson R. L. (1962). Silent Spring, 1a. edición, the Riverside press, Cambridge, Massachusetts, EUA.
- Carson R. L. (2010). Primavera silenciosa, traducción por Joandomènec Ros, Serie Drakontos Bolsillo, Editorial Crítica, Barcelona, España.
- Carta Mundial de la Naturaleza, Informe de la Comisión Mundial “Nuestro Futuro Común”, Informe Geo 4. [https://www.oei.es/historico/decada/GEO-4\\_Report\\_Full\\_ES.pdf](https://www.oei.es/historico/decada/GEO-4_Report_Full_ES.pdf)
- Climent, M. J., Corma, A. & Iborra, S., (2011). Heterogeneous Catalysts for the One-Pot Synthesis of Chemicals and Fine Chemicals, Chemical Reviews, 111, 1072–1133.
- Corma, A., Iborra, S. & Velty, A., (2007). Chemical Routes for the Transformation of Biomass into Chemicals, Chemical Reviews, 107, 2411-2502.

- Cozzi, G. & Zoli, L., A (2008). Rational Approach towards the Nu-A Rational Approach towards the Nucleophilic Substitutions of Alcohols “on Water”, *Angewandte Chemie International Edition*, 47, 4162-4166.
- Cravotto, G. & Cintas, P., (2012). Harnessing mechanochemical effects with ultrasound-induced reactions, *Chemical Science*, 3, 295–307.
- Cuñat, P., (1984). Plaguicidas no contaminantes, *Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos*, 24, 289-299.
- De la Hoz, A., Diaz-Ortiz, A. & Moreno, A., (2005). Microwaves in organic synthesis. Thermal and non-thermal microwave effects, *Chemical Society Reviews*, 34, 164-178.
- Díaz-Álvarez, A. E., Francos, J., Lastra-Barreira, B., Crochet, P. & Cadierno, V., (2011). Glycerol and derived solvents: new sustainable reaction media for organic synthesis, *Chemical Communications*, 47, 6208–6227.
- Doménech, X., (1999). *Química de la contaminación*. Madrid: Miraguano Ediciones.
- Dondoni, A. & Massi, A., (2008). Asymmetric Organocatalysis: From Infancy to Adolescence, *Angewandte Chemie International Edition*, 47, 4638-4660.
- Eckert, C. A., Liotta, C. L., Bush, D., Brown, J. S. & Hallett, J. P., (2004). Sustainable Reactions in Tunable Solvents, *Journal of Physical Chemistry B*, 108, 18108-18118.
- Enthaler, S., Junge, K. & Beller, M., (2008). Sustainable Metal Cataly-Sustainable Metal Catalysis with Iron: From Rust to a Rising Star?, *Angewandte Chemie International Edition*, 47, 3317-3321.
- Faber, K., (2000). *Biotransformations in Organic Chemistry*, Berlin, Springer Verlag.
- Faber, Kurt, (1997). *Biotransformations in Organic Chemistry*, tercera edición, Springer, New York.
- Fagnoni, M., Dondi, D., Ravelli, D. & Albin A., (2007). Photocatalysis for the Formation of the C-C Bond, *Chemical Reviews*, 107, 2725-2756.
- Figueruelo, J. E. & Marino-Dávila, M., (2004). *Química Física del Ambiente y de los Procesos Medioambientales*. Barcelona: Reverté.
- Gabaldon, Reinaldo (2005) *Revista Petróleo y V.* 6(17) 102-117. Disponible en línea: <http://www.petroleoyv.com/website/uploads/quimicamundial.pdf>.

- García L. (2009). Biotecnología para una química verde, respetuosa con el medio ambiente, En: Revista de Prensa Tribuna Libre, En: <http://www.almendron.com/tribuna/24515/biotecnologia-para-una-quimica-verde/>.
- García, F., (2009). Parámetros para el análisis de las reacciones en Química Sostenible, Anales de Química, 105, 42-48.
- García-Domenech, R., Gálvez, J., de Julián-Ortiz, J. V. & Pogliani, L., (2008). Some New Trends in Chemical Graph Theory, Chemical Reviews, 108, 1127-1169.
- González, D., Adum, J., Bellomo, A., Gamemara, D., Schapiro, V., Seoane, G. (2006). Journal of Chemical Education, 83(7) 1049-1051.
- González, M. L., Valea, A. (2009). El compromiso de enseñar química con criterios de sostenibilidad: la química verde, Educació Química, número 2, España. [http://publicacions.iec.cat/PopulaFitxa.do?moduleName=revistes\\_cientifiques&subModuleName=&idColleccio=6090](http://publicacions.iec.cat/PopulaFitxa.do?moduleName=revistes_cientifiques&subModuleName=&idColleccio=6090). Consulta 18/07/11.
- Gordon, Charles M.; Leitner, Walter (2006) "Supercritical fluids" en Cole-Hamilton, D. J.; Tooze, R. P. (editores). Catalyst Separation, Recovery and Recycling, Springer, Holanda, 215-236.
- Gross, G. A. Wurziger H. Schober, and A. (2006). J. Comb. Chem. 8, 153-155.
- Hernández, J. G. & Juaristi, E., (2012). Recent Efforts Directed to the Development of more Sustainable Asymmetric Organocatalysis, Chemical Communications, 48, 5396–5409.
- Herrmann, W. A., Rost, A. M. J., Tosch, E., Riepl, H. & Kühn, F. E., (2008). Super Absorbers from Renewable Feedstock by Cata-Super Absorbers from Renewable Feedstock by Catalytic Oxidation, Green Chemistry, 10, 442-446.
- Horváth, I., Mehdi, H., H. Fábos, H., Boda, L. & Mika L.T., (2008). d-Valerolactone: a Sustainable Liquid for Energy and Carbon-based Chemicals, Green Chemistry, 10, 238-242.
- Hudlicky, T., (2011). Introduction to Enzymes in Synthesis, Chemical Reviews, 111, 3995–3997.
- Jachuck, J. J., Selvaraj, D. K. & Varma, R. S., (2006). Process intensification: oxidation of benzyl alcohol using a continuous isothermal reactor under microwave irradiation, Green Chemistry, 6, 29-33.

- Jachuk, R., Process Intensification in Green Chemistry. In: Clark, J. & Macquarrie, D. (ed.), (2002). Handbook of Green Chemistry and Technology. Oxford: Blackwell.
- Jung, Y. & Marcus, R. A., (2007). On the Theory of Organic Catalysis “on Water”, Journal of the American Chemical Society, 129, 5492-5502.
- Krähling, H. (1999). "Green vs. sustainable chemistry-More than a discussion on catchwords". Environ. Sci. & Pollut. Res., 6, 124.
- Krochta, J. M. & De Mulder-Johnson, C. L. C., Biodegradable Polymers from Agricultural Products. In: Fuller, G., McKeon, T. M. & Bills, D. D., (ed.), (1996). Agricultural Materials as Renewable Resources, ACS Symposium Series 647 (pp. 120-140). Washington: American Chemical Society.
- Kümmerer, K., (2007). Sustainable from the very Beginning: Rational Design of Molecules by Life Cycle Engineering as an Important Approach for Green Pharmacy and Green Chemistry, Green Chemistry, 9, 899-907.
- López Gresa, M. P. (2006). Aislamiento, purificación y caracterización estructural de nuevos principios bioactivos a partir de extractos fúngicos, tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, <http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/1823/tesisUPV2520.pdf?sequence=1>.
- Luque de Castro, M. D.; Valcárcel, M.; Tena, M. T. (1993). Extracción con fluidos supercríticos en el proceso analítico, Editorial Reverté, Barcelona, España.
- M. Lancaster, (2002). Green Chemistry: An Introductory Text. (Royal Society of Chemistry, Cambridge.
- Martin-Luengo, M. A., Yates, M., Diaz, M., Saez-Rojo, E. & Gonzalez-Gil, L., (2011). Renewable Fine Chemicals from Rice and Citric Subproducts: Ecomaterials, Applied Catalysis B: Environmental, 106, 488–493.
- Mason, B. P., Price, K. E., Steinbacher, J. L. et al., (2007). Greener Ap-Greener Approaches to Organic Synthesis Using Microreactor Technology, Chemical Reviews, 107, 2300-2318.
- Mestres, R., (2008). La Química en la mitigación del cambio climático. Reducción de la generación de dióxido de carbono, Anales de Química, 104, 126-133.
- Mestres, R., (2008). La Química en la mitigación del cambio climático. Captura y retención del dióxido de carbono, Anales de Química, 104, 197-204.

- Mestres, R., (2010). *Química Sostenible*. Madrid: Editorial Síntesis.
- Meyer, A. R., Metzger, J. O. & Schubert, U. S., (2007). Plant Oil Renewable Resources as Green Alternatives in Polymer Science, *Chemical Society Reviews*, 36, 1788-1802.
- Montilla, F., Huerta, F., Salinas-Torres, D., Morallón, E., Cebrián, C., Prieto, P., Díaz-Ortiz, A., de la Hoz, A., Carrillo, J. R. & Romero, C., (2012). Electrochemical Synthesis and Spectroelectrochemical Characterization of Triazole/Thiophene Conjugated Polymers, *Electrochimica Acta*, 58, 215-222.
- Moyna, P.; Moyna, G., Brady, W.; Tabarez; C., Yan Cheg, H. (2011) *Synthetics Communications*, 41, Edición 19, Londres. <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00397911.2010.515359>.
- Ordóñez, A.; Rojas, N.; Parada, F.; Rodríguez, I. (2006). "Estudio comparativo de la extracción de cafeína con CO2 supercrítico y acetato de etilo". *Rev. Ing.*, 24, 34-42.
- Peiró Muñoz, A. (2003) Tesis doctoral: Nuevas aportaciones a las metodologías en Química Verde, Universidad Autónoma de Barcelona. <http://tdx.cat/bitstream/handle/10803/3153/ampm1de4.pdf?sequence=1>.
- Phair, J. W., (2006). Green Chemistry for Sustainable Cement production and Use, *Green Chemistry*, 9, 763-780.
- Pla-Franco, J., Gálvez-Llompart, M., Gálvez, J., & García Doménech, R., Application of Molecular Topology for the Prediction of Reaction Yields and Anti-Inflammatory Activity of Heterocyclic Amidine Derivatives, (2011). *International Journal of Molecular Sciences*, 12, 1281-1292.
- Poliakoff, M. & Licence, P., (2007). Green Chemistry, *Nature*, 450, 810-812.
- Roncaglioni, A. & Benfenati, E. (2008). In: Silico-aided Prediction of Biological Properties of Chemicals: Oestrogen Receptor mediated Effects, *Chemical Society Reviews*, 37, 441-450.
- Sánchez-Montero, J. M. & Sinisterra, J. V., (2007). Biocatalisis aplicada a la Química Farmacéutica, *Anales de la Real Academia Nacional de Farmacia*, 73, 1199-1236.
- Sanghi, R.; Singh, V.; Sharma, R. K. (2012). "Environment and the role of green chemistry" en Sanghi, Rashmi; Singh, Vandana (editores), *Green Chemistry for Environmental Remediation*, John Wiley & Sons, EUA, 1-34.

- Schwarzenbach, R. P., Gschwend, P. M. & Imboden, D., (1993). *Environmental Organic Chemistry*. New York: John Wiley.
- Sheldon, R. A. & van Bekkum, H., (ed.), (2001). *Fine chemicals through heterogeneous catalysis*. Weinheim: Wiley-VCH.
- Stefani, H. A. Oliveira, C. B. Almeida, R. B. Pereira, C. M. Braga, R. C. Cella, R. Borges, V. C. Savegnago L. and Nogueira, C. W. (2006). *Eur. J. Med. Chem.* 41, 513-518.
- Stephen, A. & Hashmi K., (2007). *Gold-Catalyzed Organic Reactions, Chemical Reviews*, 107, 3180–3211.
- Trost, B. M., (1991). *The Atom Economy. A Search for Synthetic Ef-he Atom Economy. A Search for Synthetic Efficiency, Science*, 254, 1471-1477.
- Verma R. P. & Hansch, C., (2011). *Use of C13 NMR Chemical Shift as QSAR/QSPR Descriptor, Chemical Reviews*, 111, 2865– 2899.
- Vieitez, I., da Silva, C., Borges, G., Corazza, F., Olivera, J. V., Grompone, M. A., Jachmanián, I. (2008) *Energy & Fuels* 22 2085-2089.
- Voutchkova, A. M., Osimitz, T. G. & Anastas, P. T., (2010). *Toward a Comprehensive Molecular Design Framework for Reduced Hazard, Chemical Reviews*, 110, 5845–5882.
- Warner, J. C., Cannon, A. S. & Dye, K. M., (2004). *Green Chemistry, Environmental Impact Assessment Review*, 24, 775-799.
- Wender, P. A., Croatt, M. P. & Witulski, B., *New Reactions and Step Economy: the total Synthesis of (±)-Salsolene Oxide Based on the Type II Transition Metal-catalyzed Intramolecular [4+4] Cycloaddition*, (2006). *Tetrahedron*, 62, 7505-751.
- Zhang, X. Li, Y. Liu C. and Wang, J. (2006). *J. Mol. Catal. Chem.* 253, 207-211.
- Zhidovinova, M. S. Fedorova, O. V. Rusinov, G. L. and Ovchinnikova, I. G., *Russ. (2003). Chem. Bull. Int. Ed.* 52, 2527-2528.

**Análisis y evaluación de las necesidades de los  
consumidores de fritura de harina de trigo 4x4 para  
la estandarización en el proceso de freído**

**Analysis and evaluation of the needs of consumers  
for frying 4x4 wheat flour for standardization in the  
frying process**

Erasmó Lara-Román<sup>1-2</sup>, Leobardo Mendo-Ostos<sup>1</sup>

- 
- <sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca, Veracruz, México.  
<sup>2</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Álamo Temapache, Veracruz, México.
- 

Recibido: 19-09-2020  
Aceptado: 09-11-2020

Autor correspondal: [eralr1981@gmail.com](mailto:eralr1981@gmail.com)

**Resumen**

Este trabajo se basa en una relación entre las necesidades de los consumidores y el productor de frituras artesanales de harina de trigo, para conocer y satisfacer los deseos de consumo en las frituras. La investigación se divide en tres fases de estudio: encuesta de preferencias de consumo y organolépticas en las frituras artesanales, vaciado de información con el análisis con el despliegue de la función de la calidad y análisis sensorial con jueces consumidores. Los resultados indican una tendencia que los consumidores prefieren las frituras crujientes y sin aceite en el cuerpo del producto, en el análisis, se confirmó que la capacidad técnica en el proceso de freído se consigue con el equipo instalado, los jueces consumidores prefirieron una fritura seca y crujiente de tres presentadas.

**Palabras clave:** Clientes, productor, frituras, satisfacción, análisis sensorial, características organolépticas.

**Abstract**

This work is based on a relationship between the needs of consumers and the producer of artisanal wheat flour fritters, to know and satisfy consumer desires in frying. The research is divided into three study phases: survey of consumption and organoleptic preferences in artisanal frying, information gathering with the analysis with the display of the quality function, and sensory analysis with consumer judges. The results indicate a trend that consumers prefer crispy fries without oil in the body of the product, in the analysis, it was confirmed that the technical capacity in the frying process is achieved with the equipment installed, the consumer judges preferred a dry frying and crispy three presented.

**Keywords:** Customers, producer, frying, satisfaction, sensory analysis, organoleptic characteristic

## Introducción

En esta investigación, se analiza es el comportamiento en los deseos de los consumidores de frituras de harina 4x4, que son comercializadas en la zona de las ciudades de Cerro Azul y Tuxpán Ver., la supervivencia de las organizaciones tiene una estrecha relación con la capacidad que se tenga para llegar a mas mercados y alcanzar la lealtad en el mercado meta. El posicionamiento en la mente de los clientes es una de las mejores estrategias para distinguirse de las demás empresas y con ello mantenerse en el mercado, por lo tanto, la calidad de los productos o servicios representa una ventaja competitiva para las organizaciones (Arellano,2017).

En México cada vez se consumen más de frituras, y eso se refleja en el valor de las ventas de este tipo de productos, que crecieron de \$66,549 millones de pesos en 2013, a \$88,366 millones en 2018 (Inegi, 2018). A gran parte de la sociedad les gusta consumir frituras y bocadillos entre las comidas, ya que por su bajo costo y fácil acceso se vuelven los alimentos consentidos para disfrutar en cualquier lugar y ya sea solos o acompañados. Los bocadillos son una parte integral de la dieta y en los últimos tiempos han sido explotados comercialmente a gran escala (Senthil, 2002). Las características de los alimentos fritos tienen importantes cambios que modifican sus características durante el desarrollo de los procesos de producción desde la preparación hasta la salida al mercado (Cozzolino, 2005). Los sentidos son el enlace neurálgico para la elección y continua afinidad por algún alimento, por lo que, las propiedades organolépticas (características sensoriales) son las descripciones físicas que tiene los alimentos en general, según las que los sentidos pueden percibir. Farkas y Moreno (citado por Arellano Díaz, 2016) menciona que la fritura es la cocción de alimentos por medio de la inmersión en aceite comestible o en grasas principalmente de origen animal, con una temperatura optima que va desde los 160 a 180 °C. El aceite realiza la función de un medio transmisor de calor para el cocimiento del alimento, como lo menciona Dana (citado por Arellano Díaz, 2016).

Cerca de 60% de los menores de 20 años consume botanas (Elsa, 2018), es una industria con un crecimiento constante, Los datos más recientes publicados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi,2020) arrojan que mientras que en 2013 este concepto (incluyendo exportaciones) sumó \$66,549 millones de pesos, para 2018 alcanzó los \$88,366; es decir, se disparó 32.8% en sólo un lustro. En el presente trabajo, se realiza una

búsqueda y análisis de aquellas características hedónicas que buscan las personas consumidoras de frituras, ya que, cuando los consumidores están insatisfechos con un producto o establecimiento y no se quejan pueden desarrollar diferentes conductas simultáneamente: no vuelven más, se van a la competencia y/o hablan mal de la empresa. En cualquier caso, están negando al proveedor del servicio la oportunidad de corregir sus errores y de recuperar al cliente (Moliner Velazquez, 2011).

Como punto neurálgico para medir la satisfacción de los consumidores de frituras, se utiliza el despliegue de la función de la calidad (o QFD por sus siglas en inglés), porque es un sistema estructurado que facilita la identificación de las necesidades y expectativas de los clientes, esto es, permite trasladar lo que necesita y busca el cliente a requerimientos de calidad internos de la organización. (Lorenzo, 2004). La cual ayudará al empresario a cimentar su estrategia de producción de frituras de harina de trigo 4X4 para que en un futuro próximo se puedan hacer alianzas comerciales para expandir la zona de distribución y venta. Por otro lado, la competencia entre los productores siempre impulsa a la creación y mejora de la ventaja competitiva, pues incita a las empresas a controlar, innovar y mejorar los procesos de producción y comercialización, así de la misma manera, la calidad de los productos, tal como una nueva pluralidad y gama de productos. Por medio de estudios, se ha llegado a la conclusión que existen diferencias entre las características visuales de un alimento y lo que el consumidor percibe al momento de consumirlo. La textura una de las principales atributos que determinan la calidad y el agrada en el consumo de los alimentos (Morales, 2013).

Por último, la satisfacción de los clientes es el principal factor de permanencia en el mercado extremadamente competitivo, cada vez los clientes son más exigentes en la compra de los productos, por lo tanto, con el análisis en el contexto actual de las preferencias organolépticas de los consumidores hacia las frituras de la microempresa local, permitirá generar un proceso de producción estandarizado con la finalidad de conseguir un producto totalmente hedónico para los clientes consumidores.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

La metodología de despliegue de la función calidad es una herramienta que puede ayudar recoger y conocer cuáles son las características que desean los consumidores de

bienes o servicios. El equipo de expertos las analiza y realiza el análisis con la interacción de los procesos de producción y los deseos de los consumidores, mediante una serie de análisis vinculados y enlazados de manera matricial (Manuel et al., 2012). Es una herramienta de análisis muy sencilla de entender, que tiene la gran ventaja de visualizar todo el entorno de diseño de los productos y servicios, qué con el equipo de expertos se alcanzan conclusiones para mejorar los procesos productivos. Se consideran las siguientes etapas de la metodología:

1. Escuchar la voz del cliente.
2. Elaborar la matriz de planeación del producto en la parte derecha de la casa de la calidad.
3. Establecer las características técnicas del producto.
4. Relacionar en la matriz las necesidades de consumo de los clientes y características técnicas del producto.
5. Los Requerimientos de los clientes (RC) se introducen en la matriz de análisis, así como las características técnicas (CT) para su interacción.
6. Definir correlaciones entre las características técnicas del producto, las cuales se ubican en el techo de la casa de la calidad.
7. Fijar metas a alcanzar en cuanto a las características del producto, que van en el fondo de la casa de la calidad.

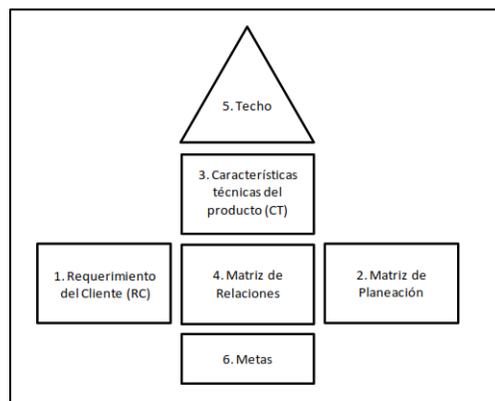


Figura 1. Casa de la calidad con sus seis partes.

Fuente (Muños et al., 2007)

Después de un definida, se decide el empleo de la metodología Despliegue de la función calidad (QFD) para el análisis y estudio de las necesidades y deseos de los consumidores de las frituras de una microempresa local. Ya que con esta metodología se

analiza el ambiente interno de los procesos de producción con base al ambiente externo de la comercialización y consumo. El objetivo principal de esta investigación mediante el empleo de la metodología el QFD es la identificación y cuantificación las necesidades de consumo de los clientes y el grado de satisfacción de los mismo con los atributos técnicos del producto. Se realizaron 811 encuestas a clientes consumidores de frituras de harina de trigo la información recabada por la encuesta acerca de las características organolépticas fue analizada y vaciada en la matriz QFD para el desarrollo de la metodología.

## RESULTADOS

Con la encuesta realizada, se obtuvo que un 71% de las personas entrevistadas desean que las frituras estén crujientes esta característica tiene relación con la frescura del producto, además de una satisfacción al paladar y al oído al momento de morder la fritura por lo tanto se está hablando de la textura de la fritura, la siguiente característica es sin aceite con un 23% se debe de aclarar que esta característica es apreciada de manera visual, ya que en las frituras se puede observar aceite impregnado en la parte externa de la misma, lo cual ocasiona un desagrado en la botana, las características de sabor, es de un 3%, olor con un 2% y 1% color.

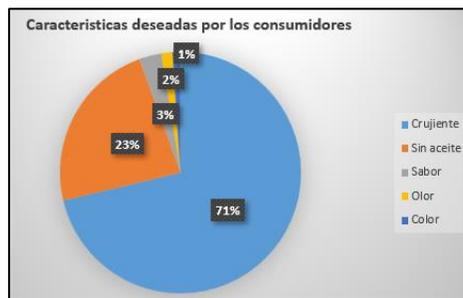


Figura 2. Grafica de deseos de los consumidores.

Fuente: elaboración propia.

Al tener los requisitos de los clientes, se vacía en la matriz de la casa de la calidad, tal como se observa en la figura la calidad de crujiente se traduce como una de las principales características de la textura, teniendo 575 aceptaciones en la encuesta realizada, así mismo, se evalúan los requisitos del cliente (RC) con las características técnicas del producto (CT), cada una de estas, se evaluaron en la matriz de relaciones, en donde, la textura (crujiente) tiene una relación muy fuerte con los CT, por lo tanto, los monitoreos de estos CT

deben de ser constantes por parte de productor, el resto de los RC se cumplen de manera inherente al considerar a la textura como el RC que se cuida.

Relative Weight	Weight / Importance	Quality Characteristics (a.k.a. "Functional Requirements" or "Hows")	Demanded Quality (a.k.a. "Customer Requirements" or "Whats")	Tempo de retencion en el aceite	Temperatura del aceite	Equipo de feido	Volumen de aceite empleado	Sellado perfecto	Evolado prontamente despues de frito	Limpieza del aceite
70.9	575.0	Crujiente		⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
22.9	186.0	Sin aceite		⊕	⊕	⊕				
3.1	25.0	Sabor		⊕	⊕	▲	⊕	⊕	⊕	⊕
2.0	16.0	Olor		⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
1.1	9.0	Color		⊕	⊕	⊕	⊕			⊕

Figura 3. Relación de deseos de los consumidores y características técnicas del producto.

Fuente: elaboración propia.

Los CT son evaluados en el techo de la matriz, los CT: tiempo de retención en el aceite y la temperatura del aceite son los que tienen una relación positiva muy fuerte con los demás CT, tal como se observa en la figura esta es una causa muy importante del monitoreo y cuidado del cumplimiento de los CT.

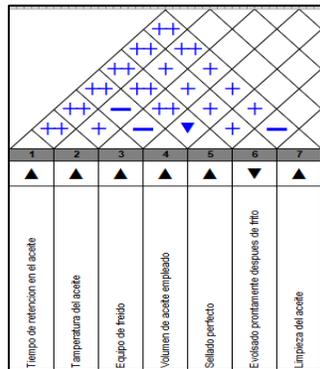


Figura 4. CT y sus relaciones.

Fuente: elaboración propia

En la figura no.6 se realiza un tipo de Benchmarking con 5 marcas locales de frituras, es un buen instrumento para observar el posicionamiento del producto en el mercado, la calificación del producto fue realizada por el dueño de la empresa, dando un punto de vista basado en la experiencia y de manera sincera. Las calificaciones son dadas del 1 al 5, se tiene como resultado que las botanas Don Beto tienen un muy bien posicionamiento en la zona de reparto, la evaluación se realiza considerando los RC de la figura antes presentada.

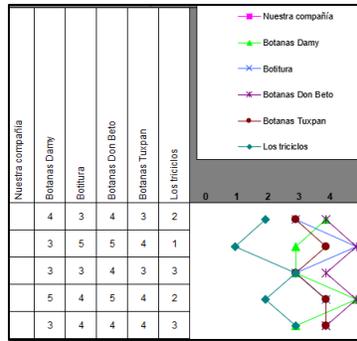


Figura 5. Comparación con otras marcas.

Fuente: elaboración propia

Las metas son alcanzables tan cómo se observa en la figura no. 7 los CT se les asignaron las variables de control, aunque, la tecnificación de los equipos de proceso es una meta que tiene un grado de dificultad debido al costo que aún no alcanza la microempresa, las variables de tiempo de retención y temperatura en el proceso de freído son alcanzables, son las dos CT que tienen mayor relación positiva tal como se muestra en la figura no. 5.

Target or Limit Value	20 - 30 seg.	190 - 210 °C	11 Litros	15 Minutos
<b>Difficulty</b> (0=Easy to Accomplish, 10=Extremely Difficult)	0	0	5	0
<b>Max Relationship Value in Column</b>	9	9	3	9
<b>Weight / Importance</b>	900.0	900.0	293.8	663.3
<b>Relative Weight</b>	20.5	20.5	6.7	15.1

Figura 6. Metas a alcanzar.

Fuente: elaboración propia.

Con la metodología para el análisis de despliegue de la función de la calidad (QFD) se realiza se tiene como resultado que es importante cuidar los CT, para mantener una textura crujiente, es importante estandarizar la temperatura y tiempo de retención de la pasta en el aceite por tal razón, se realiza una evaluación sensorial de la textura en las frituras de harina de trigo (4x4).

Para la preparación de las muestras, se considera una prueba triangular (tres muestras diferentes), solamente como base principal, pero con las variantes particulares que se necesitan para la investigación de la textura de la fritura. Las muestras presentan las siguientes características de procesamiento según la tabla siguiente.

Muestras		°C del aceite	Tiempo de retención de pellets en el aceite.
Muestra 1	(A)	180-190 °C	30 segundos
Muestra 2	(B)	190-200°C	30 segundos
Muestra 3	(C)	200-210 °C	20 segundos

Tabla 1. Preparación de las muestras.

Fuente: elaboración propia

Fritura	°C de aceite	Tiempo de retención de pellets en el aceite.
	180-190 °C	30 segundos
	191-200 °C	30 segundos
	201-210 °C	20 segundos

Tabla 2. Pellets fritos a diferentes temperaturas y tiempo de retención.

Fuente: Elaboración propia

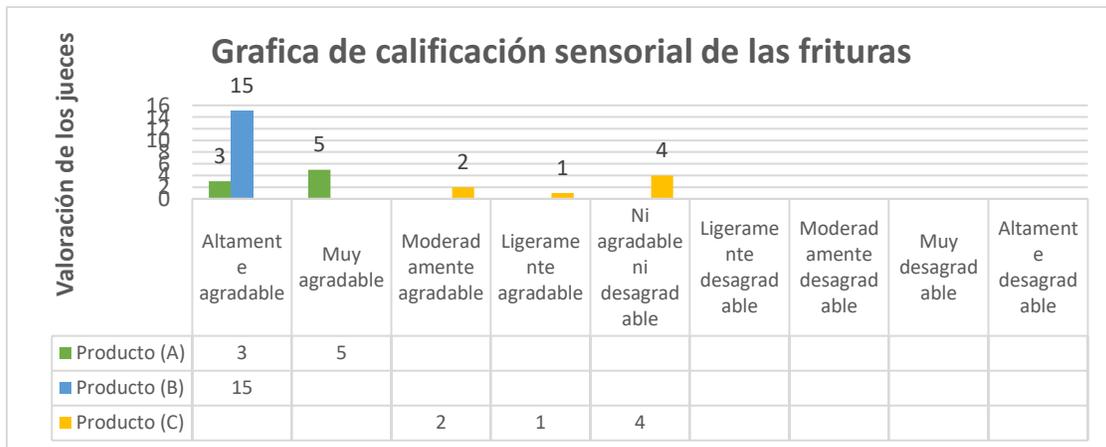
Se tomaron 30 personas como jueces consumidores para la prueba sensorial, el lugar de realización fue en las tiendas en donde se surte el producto, fueron elegidos al azar ya que estaban en la tienda o llegaron a adquirir algún producto y en ese momento se les preguntó si consumen frituras de harina de trigo de la marca a estudiar, a los que dijeron que “Si”, se les pidió el favor de probar las frituras y llenar una escala hedónica la cual es el instrumento para medir las sensaciones de las frituras por parte de los jueces. Se empleo la ficha que señala Cordero-Bueso.

La prueba sensorial se realizó en un ambiente real, considerando las tiendas de venta. Los resultados se presentan en la tabla número 3.

	Producto (A)	Producto (B)	Producto (C)
Altamente agradable		15	
Muy agradable	8		
Moderadamente agradable			2
Ligeramente agradable			5
Ni agradable ni desagradable			
Ligeramente desagradable			
Moderadamente desagradable			
Muy desagradable			
Altamente desagradable			

Tabla 3. Resultados de la evaluación sensorial. Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente grafica no.1 se vaciaron los datos recabados en la investigación de campo de la evaluación sensorial, como se observa, los jueces se inclinaron más por la textura del producto “B” con un total de 15 aceptaciones, como segunda calificación se tiene al producto “A” y como tercera en producto “C”. Aunque los tres productos tienen calificaciones positivas o neutrales (ninguna fue desagradable), podemos concluir, que el microempresario se debe de ocupar en sacar al mercado un producto con las características del producto “B” evaluado (eso no quiere decir que los dos productos restantes no sean de la aceptación de los clientes).



Grafica 1. Resultados del análisis sensorial. Fuente: Elaboración propia

Como punto siguiente de la investigación, se presenta la determinación de la textura de la fritura “B”, con la finalidad de fortalecer la información técnica del producto.

### **Conclusiones**

La metodología de la función de despliegue de la calidad (QFD) asistió en el análisis holístico de los gustos de los consumidores, se encontró que con la temperatura de 191°C a 200°C y con un tiempo de retención de 30 segundos tiene una muy buena aceptación por parte de los consumidores, esta información encontrada en un ambiente natural de comercialización sirve para una estandarización en el proceso de freído, no se trata de un nuevo producto, si no de mejorar el proceso de producción con base a los requisitos de los clientes. Cecilia & Hurtado (2009) mencionan que para alcanzar una buena fritura, la temperatura del aceite debe oscilar (175-185 °C), en la presente investigación se lograron mejores resultados con las temperaturas antes mencionadas, puede ser como resultado el grosor de la fritura.

### **Bibliografía**

- Arellano Díaz, H. (2016). La calidad en el servicio como ventaja competitiva. *Dominio de Las Ciencias*, 3(3), 72–83.
- Cecilia, A., & Hurtado, S. (2009). La fritura de los alimentos: el aceite de fritura. *Perspectivas En Nutrición Humana*, 11(1), 39–53.
- Cordero-Bueso, G. (2013). Aplicación Del Análisis Sensorial De Los Alimentos En La Cocina Y En La Industria Alimentaria. In G. Cordero-Bueso (Ed.), *Cursos de Verano* (Issue 1). <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3548.4003>
- Elsa, Martínez-Tapia, B., Arango-Angarita, A., Valenzuela-Bravo, D., Gómez-Acosta, L. M., Shamah-Levy, T., & Rodríguez-Ramírez, S. (2018). Consumo de grupos de alimentos y factores sociodemográficos en población mexicana. *Salud Pública de México*, 60(3, may-jun), 272–282.  
<http://www.saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/8803/11500>
- Lorenzo, S., Mira, J., Olarte, M., Guerrero, J., & Moyano, S. (2004). Matrix analysis of the

- client's voice: QFD applied to healthcare management. *Gaceta Sanitaria / S.E.S.P.A.S*, 18(6), 464–471. [https://doi.org/10.1016/S0213-9111\(04\)72034-8](https://doi.org/10.1016/S0213-9111(04)72034-8)
- Manuel, J., Landeta, I., Berenice, C., & Cortés, Y. (2012). Aplicación del qfd a la industria refresquera de san luis potosí, méxico. *HITOS DE CIENCIAS ECONÓMICO ADMINISTRATIVAS*, 19(53), 7–16.
- Moliner Velazquez, B., & Berenguer Contrí G. y Gil Saura, I. (2011). El boca-oreja de clientes insatisfechos: un enfoque de segmentación en servicios de restaurantes. *10th International Marketing Trends Congress*, 33(1), 30–47.
- Morales R., Guerrero L., Aguilar A.P.S., Guardia M.D., G. P. (2013). Factores que afectan la aceptabilidad del consumidor del jamón curado. *Ciencia de La Carne*, 95(3), 652–657. <https://sci-hub.tw/https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.05.012>
- Muños, P. D. I. R. M., José, M. E. N. C., & Aguilar, A. (2007). *E INGENIERIA MONOGRAFIA : “ IMPLEMENTACION DEL DESPLIEGUE DE LA FUNCIÓN DE CALIDAD ( Q . F . D ). ”*
- Senthil, A., Ravi, R., Bhat, K. K., & Seethalakshmi, M. K. (2002). Studies on the quality of fried snacks based on blends of wheat flour and soya flour. *Food Quality and Preference*, 13(5), 267–273. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(02\)00023-X](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(02)00023-X)



**Aplicación de la mejora continua en la  
producción de dispensadores de plástico para  
la reducción de SCRAP**

**Application of continuous improvement in the  
production of plastic dispensers for the  
reduction of SCRAP**

Blanca Nelva Castillo-Bolaños<sup>1</sup>, Enedina Álvarez-Cruz<sup>1</sup>, Guillermo Carlos  
Peña-García<sup>1</sup>, Orlando Merinos<sup>1</sup>, Elizabeth Kassandra Salazar-García<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Tamaulipas, México.

---

Recibido: 24-09-2020  
Aceptado: 27-11-2020

Autor corresponsal: [nelva06@hotmail.com](mailto:nelva06@hotmail.com)

## Resumen

Este artículo presenta la aplicación de métodos de mejora continua en una empresa de inyección de plástico y ensamble, dedicada a la creación de innovadores sistemas de dispensado para las áreas de belleza, hogar, comida y bebida; con la finalidad de reducir el *scrap* generado, ya que éste se ha incrementado en más del doble de su cantidad.

Se diseñó e implementó un documento para realizar el registro diario de las unidades obtenidas de *scrap*, indicando principalmente los motivos de su origen. Ésta información se utilizó para conocer y analizar específicamente y en forma detallada los principales problemas existentes en la producción de dispensadores. Para determinar las causas principales de la obtención del *scrap*, se utilizó la herramienta de Calidad, Diagrama de Ishikawa, enseguida se continuó con el uso de las metodologías de mejora continua; Diagrama de Análisis de Modo y Efecto de la Falla, 5S's y la Reingeniería de Diseño, que permitieron su reducción y por consecuencia elevar la productividad del área.

Así mismo se dio capacitación a los trabajadores del área sobre temas relacionados con la mejora continua y la productividad; se planteó hacer un estudio en la máquina que tiene la mayor producción y que atiende al cliente principal de dispensadores de plástico, definiendo la necesidad de aplicar rediseño a dicha máquina. Como resultado de las mejoras realizadas se obtuvo un 60 % de disminución de *scrap* por cambio de color y deformaciones.

## Palabras clave

Mejora continua, *scrap*, dispensador, 5S's, reingeniería.

## Abstract

This article presents continuous improvement methods application in a plastic injection and assembly company, dedicated to the creation of innovative dispensing systems for the areas of beauty, home, food and drink; in order to reduce the scrap generated, since it has increased by more than double its amount.

A document was designed and implemented to carry out the daily record of the units obtained from scrap, mainly indicating the reasons for their origin. This information was used to analyze specifically and in detail the production dispensers main problems. To determine the main causes of obtaining scrap, the Quality tool, the Ishikawa Diagram was used,

followed by the use of continuous improvement methodologies; Failure Mode and Effect Analysis Diagram, 5S's and Design Reengineering, which allowed its reduction and consequently increase the productivity of the area.

Likewise, workers in the area were trained on issues related to continuous improvement and productivity; It was proposed to carry out a study on the machine that has the highest production and that serves the main customer of plastic dispensers, defining the need to apply a redesign to said machine. As a result of the improvements made, a 60% reduction in scrap due to color change and deformations was obtained.

### **Key words**

Continuous improvement, *scrap*, dispenser, 5S's, reengineering.

### **Introducción**

En la actualidad hay una gran competencia tanto tecnológica como económica, por lo que la industria lucha por optimizar los costos de sus tareas y aumentar la calidad de sus productos y procesos (Paredes, 2016).

Una actividad indispensable en el sector industrial es la aplicación de herramientas de mejora continua, para estar a la altura de las expectativas de calidad, competitividad y rentabilidad (Montalban, Arenas, Talavera y Magaña, 2015).

La mejora continua es la metodología que se aplica en la búsqueda de la perfección de las operaciones de forma sistemática, con el objetivo de ofrecer mayor valor a los clientes y obtener un mejor desempeño al interior de la empresa. Los esfuerzos para eliminar aquellas actividades que no agregan valor, lograr un mejor flujo, e implementar un sistema de manufactura esbelto, nunca van a ser totalmente exitosos, así, la búsqueda de perfección se convierte en un esfuerzo continuo sin fin (Quezada, Buehlmann y Arias, 2018).

El proceso de implantar la mejora continua en las empresas es un proceso complejo que requiere la participación y el conocimiento de la técnica por parte de todo el personal (García y Gisbert, 2015).

El término productividad es mencionado como “la forma de utilización de los factores

de producción en la generación de bienes y servicios para la sociedad”, cuya finalidad es mejorar la eficiencia y la eficacia con las que son utilizados los recursos de la empresa. La productividad es un objetivo estratégico de las empresas, ya que sin ella los productos o servicios no llegan a los niveles de competitividad que se necesitan en una economía globalizado (Medina, 2010).

La herramienta AMEF previene posibles rechazos, también permite el desarrollo de alternativas hacia la mejora y la innovación por parte de los responsables de la calidad durante el proceso, así como de los responsables de su aseguramiento en otras áreas de la empresa. Las fallas presentadas se caracterizan por la frecuencia, la severidad y los efectos, por ello se incluyen herramientas estadísticas, que sustentan la toma de decisiones que favorecen la eficiencia de los procesos (Montalban et al, 2015).

La capacitación de los trabajadores es importante ya que la base de los sistemas de mejora es la participación de las personas. Las metodologías de mejora que son utilizadas por las industrias son recopilación de ideas, metodología propia y las 5S's. Otras tecnologías son utilizadas en menor grado, como el Kaizen, Manufactura Esbelta y 6 Sigma (Jaca, Mateo, Tanco, Santos y Viles, 2009).

La aplicación de la metodología japonesa 5S's proporciona importantes resultados en la organización, cómo manejo ecológico de desperdicios, instalaciones seguras, buena imagen con el cliente, incremento en los estándares de calidad, incremento en la productividad, higiene y seguridad industrial, lo que repercute en la disminución del número de accidentes y disminución de reprocesos y *scrap* (Rodarte y Blanco, 2009).

En el rediseño de una máquina para su innovación y mejor desempeño, se utiliza el Diseño de la Ingeniería Concurrente, que consiste en tres pasos: Ideación, donde se recopila toda la información para el diseño de la máquina y se hace un boceto. Refinamiento, se hace la prueba del diseño preliminar y se hacen cambios si es necesario. Implantación, se determina si el diseño cumple con su objetivo (Maturano, Sarabia y Ribera, 2017).

Dada la importancia de la satisfacción completa del cliente en la manufactura de productos y los problemas que se están presentando por la generación de *scrap*, el proyecto describe la aplicación de la mejora continua en la fabricación de dispensadores de plástico para reducir dicho *scrap*.

## Materiales y métodos

Para dar solución a la problemática presentada, se inicia con el registro de las unidades en kg de *scrap* generado en cada máquina y las causas de su origen, para ello se diseñó un formato, ya que no se llevaba un control adecuado y había confusión en la información que presentaban los trabajadores, éste registro se utilizó para la elaboración de un Diagrama de Ishikawa que determinó las causas que estaban afectando la producción de dispensadores, el cual se muestra en la figura 1.

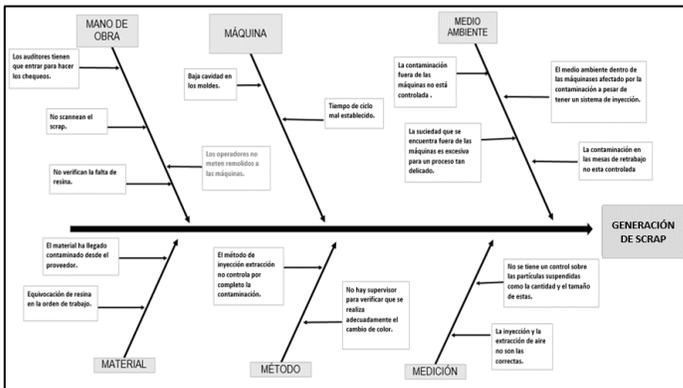


Figura 1. Diagrama de Ishikawa de la generación de *scrap*.

Fuente: los Autores.

De acuerdo a las causas que se obtuvieron en el Diagrama de Ishikawa, se procede a realizar el Diagrama de Análisis de Modo y Efecto de la Falla para la reducción de *scrap* (figura 2).

En el AMEF se observan las principales causas de la generación de *scrap* en la fabricación de los dispensadores de plástico, así como las acciones implementadas para su solución.

Análisis de Modo y Efecto de la Falla															
Nombre de Proceso o Producto: Reduccion de scrap		Preparado por: Elizabeth Kassandra Salazar Garcia										FMEA Fecha (Orig): 21-may-19			
Encargado: Aliero Sosa															
Pasos Clave del Proceso	Modos de Falla Potenciales	Efectos de Fallas Potenciales	S E V	Causas Potenciales	O C U	Controles de Ocurrencia	D E T	N P R	Acciones Recomendadas	Responsable	Acciones Implementadas	S E V	O C U	D E T	N P R
¿Cuál es el paso del proceso?	¿De qué maneras puede fallar dicho paso del proceso?	¿Cuál es el impacto de las variables de los pasos clave cuando hay un fallo (cliente o requerimientos internos)?	¿Cuál es el riesgo de este paso para el cliente?	¿Qué causa que el paso clave falle?	¿Que tan seguido ocurre la causa o efecto?	¿Cuáles son los controles existentes y procedimientos preventivos de Causa o Modo de Falla?	¿Qué también puede ser la causa o Modo de Falla?		¿Cuáles son las acciones para reducir la Ocurrencia de la Causa o mejorar la Detección?	¿Quién es responsable de las acciones recomendadas?	Anotar las acciones implementadas, incluye fecha de completación.				
Resina contaminada desde el Proveedor	El departamento de calidad recibo, no detecta el problema desde un inicio	Se ingresa resina a la máquina y se genera piezas defectuosas por resina contaminada la cual podíamos tener un rechazo.	6	No hay inspección al ingresar resina en máquina	4	Revisar la resina cuando llega desde el Proveedor		96	Tener un doble control tanto desde cuando llegue y cuando ingresa a la máquina	Ing. Julio Trejo	Revisión de las resinas antes de ingresar a máquina	4	5	6	120
Scannear el scrap para poder llevar un control del material	Los operadores hacen scaneo mal	Afecta directamente en el OME	2	No estan capacitados los operadores	5	Anotan en una lista los kilos que sacan de scrap		40	Capacitar a los operadores para que usen bien los scanner	Elizabeth Salazar	Reuniones con los operadores 20-octubre-2018	6	7	8	336
Equivocación de resina en la orden de trabajo	No hay un buen sistema en el área de ingeniería	Se genera re-trabajo o puede llegar al cliente	4	No se revisa antes de entregar la orden al operador	4	Audidores de calidad		96	Tener mas inspección y un mejor sistemacon el departamento de ingeniería	Audidores de Calidad	Inspección de cada cambio de orden de trabajo	7	7	7	343
Baja cavidad en las máquinas	Mal mantenimiento	No se entregan a tiempo los pedidos	3	No se da un mantenimiento preventivo en cada máquina	4	Mantenimiento preventivo		84	Los mismos operadores pueden actualizar las cavidades	Operador	Los superiores revisan cada semana y comparan lo que hay en el sistema a lo de la máquina	6	4	6	144
Meter remolido a máquinas	Hay mas scrap	Pérdidas por generar scrap	4	No se mete remolido a las máquinas	9	Ingresar un % alto de remolido en las máquinas		324	Que las piezas defectuosas se pueden remoler y así bajar el scrap	Operador	Cada operador debe de llevar las bolsas que se llen a remoler para así poder reducir % de Scrap	8	9	8	576

Figura 2. AMEF para la reducción de scrap.

Fuente: los Autores.

Considerando la falta de mantenimiento preventivo a las máquinas, como lo menciona el AMEF, se hace el análisis del estado de las máquinas, iniciando con la inyectora de plástico PR112, figura 3, porque es una de las máquinas que más produce en el año y presenta un 50% de scrap y además surte al cliente más importante.



Figura 3. Máquina inyectora de plástico PR112.

Fuente: los Autores.

Se identifica que dicha máquina está produciendo tapas de los dispensadores, figura 4, con variación de color y problemas de deformación, figura 5.

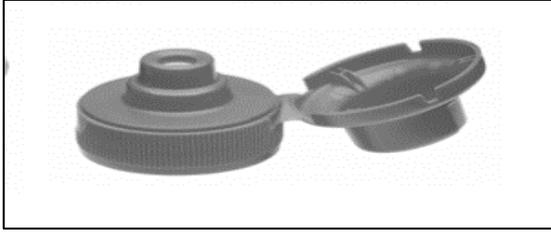


Figura 4. Tapa de dispensador de plástico deformadas.  
Fuente: los Autores.

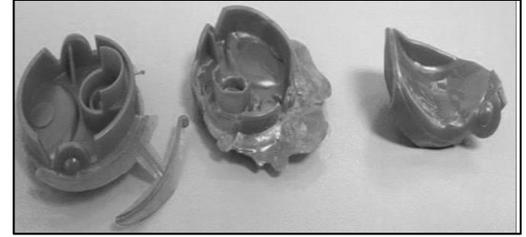


Figura 5. Tapas de dispensador deformadas.  
Fuente: los Autores.

Al revisar la máquina se detecta que además de presentar baja cavidad, el mezclador de resina y pigmento no tiene la inclinación adecuada, por lo tanto, se decide rediseñarlo y cambiarlo en dicha máquina de inyección. La figura 6 muestra el diseño del mezclador, hecho en Solidwords y la figura 7 el nuevo mezclador.

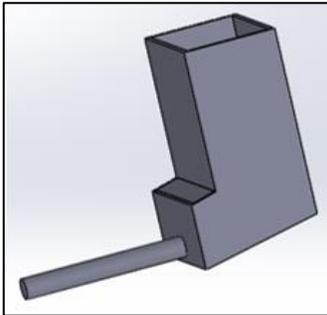


Figura 6. Diseño del mezclador.  
Fuente: los Autores.



Figura 7. Nuevo mezclador.  
Fuente: los Autores.

Para mejorar y mantener las condiciones de organización, orden y limpieza en el lugar de trabajo se aplicó la metodología 5S's; ya que los utensilios de limpieza se encontraban frente a las máquinas y estorbaban en las actividades de los operarios, reubicándolos en un lugar adecuado y delimitando el área con cinta roja para su identificación, figura 8; los contenedores de *scrap* no se encontraban identificados por área, se propuso etiquetar cada uno para llevar un control preciso, ver figura 9.



Figura 8. Área de utensilios de limpieza.

Fuente: los Autores.



Figura 9. Contenedor con etiqueta de scrap de inyección.

Fuente: los Autores.

Otra causa de la generación de *scrap* que menciona el AMEF es la no capacitación a los operadores, y dada la importancia del recurso humano en las actividades del proceso de inyección de dispensadores, se llevó a cabo la capacitación de los operadores de las máquinas sobre temas relacionados con su desempeño y la productividad del área.

## Resultados

El resultado del trabajo realizado tuvo el éxito esperado, tal como se observa en la figura 10, se logró la disminución de kilos de *scrap* de la máquina PR112, durante la aplicación de la mejora continua (inició en el mes de septiembre), alcanzando en el mes de diciembre un 60% de reducción por cambio de color y deformaciones en la producción de las tapas de los dispensadores de plástico.



Figura 10. Gráfica de kilos de *scrap* en la máquina PR112.

Fuente: los Autores.

## Conclusiones

Fue satisfactorio la elaboración de este proyecto por el cambio que se dio y la información que se obtuvo. Con la aplicación de herramientas y metodologías para la mejora continua, como, Diagrama de Ishikahua, Diagrama Análisis de Modo y Efecto de la Falla (AMEF), Histograma, Reingeniería de Diseño, 5S's; se logró tener un control exacto del *scrap*, se capacitó a los operadores de las máquinas reforzando sus conocimientos en diferentes temas relacionados con el *scrap* y la producción, se llevó a cabo la limpieza y el orden en el área de trabajo, y, principalmente con todo lo anterior se logró disminuir la cantidad de kilos de *scrap* en 60% en una máquina que fue seleccionada por sus características para el desarrollo del proyecto.

Dados los resultados positivos, ésta propuesta de mejora se aplicará a todas las máquinas inyectoras de plástico con las que se cuenta.

Es importante resaltar, que el índice de reducción de *scrap* obtenido puede ser mejorado atendiendo las otras causas que lo originan y que se mencionan en la figura 1.

## Referencias bibliográficas

- Quezada P., Buehlmann, U., Arias, E. (2018). Pensamiento Lean: Ejemplos y Aplicaciones en la Industria de Productos de Madera. Recuperado de <https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/87901/CNRE-33S.pdf?sequence=1>
- Jaca, C., Tanco, M., Santos, J., Mateo, R. y Viles, E. (2009). Sostenibilidad de los sistemas de mejora continua en la industria: Encuesta en la Comunidad Autónoma Vasca y Navarra. *Revista Intangible Capital*, 6(1), 51-77.
- García, A. y Gisbert, V. (2015). Estudio de la implantación de la mejora continua en PYMES. *Revista 3C Tecnología*, 4(4), 189-198.
- Maturano, B.A., Sarabia, E. y Rivera, K. (2017). *Revista de Ingeniería y Tecnología para el Desarrollo Sustentable*, 3(2017), 54-62.

- Medina, J.E. (2010). Modelo integral de productividad, aspectos importantes para su implementación. *Revista EAN*, (69), 110-119.
- Montalban, Edith., Arenas, Erika Josefina., Talavera, Marianela., Magaña, Rocío Edith. (2015). Herramienta de mejora AMEF (Análisis del Modo y Efecto de la Falla Potencial) como documento vivo en un área operativa. Experiencia de aplicación en empresa proveedora para Industria Automotriz. *Revista de Aplicaciones de la Ingeniería*, 2(5), 230-240.
- Paredes, A. (2016). Diseño de una Celda Robotizada. Recuperado de <http://upcommons.upc.edu/handle/2117/101265>.
- Rodarte, A. y Blanco, M. (2009). 5S's una herramienta de calidad para la mejora del desempeño operativo: Un estudio en las empresas de la cadena automotriz de Nuevo León. *Revista InnOvaciOnes de NegOciOs*, 6(2), 189-205.



**Estandarización del proceso para la  
fabricación de cilindros hidráulicos mediante  
las herramientas de Core Tools**

**Standardization of the process for the  
manufacture of Hydraulic Cylinders using  
Core Tools Tools**

Gaudencio Antonio-Benito<sup>1</sup>, Esequiel Morales-Morales<sup>1</sup>, Bernardino  
Ávila-Martínez<sup>1</sup>, Yoana Díaz Castillo<sup>1</sup>, Cinthya Mildred Medina-Lerma<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tamazunchale, San Luis Potosí, México.

---

Recibido: 03-10-2020

Aceptado: 11-12-2020

Autor correspondiente: [gaussjordan15@gmail.com](mailto:gaussjordan15@gmail.com)

## Resumen

La estandarización de procesos industriales es la principal acción de las empresas del sector automotriz la cual está dada por la herramienta PPAP (Production Part Approval Process), también conocida como Core Tools, que es un requerimiento de la especificación técnica ISO/TS 16949.

Aunque muchas compañías tienen sus propios requisitos específicos, la AIAG (Automotive Industry Action Group) ha desarrollado un estándar común PPAP como parte de la planificación avanzada de la calidad del producto mejor conocido como APQP (Advanced Product Quality Planning); esto fomenta el uso de formas y terminología estándar para la documentación de los proyectos. Por lo anterior no todos los proyectos pueden hacer uso de las herramientas de Core Tools dado que no está regulada para empresas que no fabriquen autopartes, es decir, la metodología es distinta en su gestión y ejecución por lo que la presente investigación tomó como caso de estudio a una empresa especializada en fabricar cilindros hidráulicos, enfocándose en el área de ingeniería de proyectos.

Se aplicaron cinco herramientas de Core Tools al proyecto denominado 32083 para estandarizar el proceso fabricación de cilindros de minería, realizando: estudios de capacidad de proceso, reportes dimensionales, diagramas de flujo, hojas de inspección, hojas de instrucción, AMEF (Análisis del Modo y Efecto de Fallas de diseño), AMEF de proceso, dibujos en 2D del diseño en general y de cada una de las piezas y hojas de empaque. Se logró apoyar en el cumplimiento de los requisitos del cliente asegurando así el diseño del proceso y el producto con las características que proyecto demandaba.

**Palabras clave:** Estandarización, Core Tools, APQP, cilindros hidráulicos.

## Abstract

The standardization of industrial processes is the main action of companies in the automotive sector which is given by the PPAP tool (Production Part Approval Process), also known as Core Tools, which is a requirement of the technical specification ISO/TS 16949.

Although many companies have their own specific requirements, the AIAG (Automotive Industry Action Group) has developed a common PPAP standard as part of advanced product quality planning better known as APQP (Advanced Product Quality Planning); This

encourages the use of standard forms and terminology for project documentation. Therefore, not all projects can make use of Core Tools tools since it is not regulated for companies that do not manufacture auto parts, that is, the methodology is different in its management and execution, which is why the present investigation took as a case of I study a company specialized in manufacturing hydraulic cylinders, focusing on the area of project engineering.

Five Core Tools tools were applied to the project called 32083 to standardize the mining cylinder manufacturing process, carrying out: process capacity studies, dimensional reports, flow charts, inspection sheets, instruction sheets, FMEA (Analysis of Mode and Design Failure Effect), FMEA of the process, 2D drawings of the design in general and of each of the pieces and packing sheets. It was possible to support in the fulfillment of the client's requirements, thus ensuring the design of the process and the product with the characteristics that the project demanded.

**Keywords:** Standardization, Core Tools, APQP, hydraulic cylinders.

## **Introducción**

ISO 9001: 2015 es una Norma Internacional relacionada con la gestión de la calidad que proporciona una infraestructura para responder a los cambiantes requisitos de calidad en equilibrio con la sociedad, la economía y el medio ambiente (ISO, 2020), la norma ISO es adaptada a nuevas disposiciones por las industrias donde nacen nuevas herramientas para el control de la calidad.

En esta investigación se utiliza Core Tools como un conjunto de herramientas donde principalmente son usadas en el sector automotriz, también conocidas como PPAP (Production Part Approval Process), APQP (Advanced Product Quality Planning), AMEF (Análisis del Modo y Efecto de Fallas de diseño), SPC (Statistical Process Control) y MSA (Measurement Systems Analysis). Estas herramientas son procesos desarrollados para diseñar, desarrollar, prevenir, medir, controlar, registrar, analizar y aprobar productos y servicios de calidad que satisfagan las necesidades y expectativas del cliente, siendo así un requisito de la especificación técnica IATF (International Automotive Task Force) 16949:2016 (Group, 2020). De lo anterior el APQP es una metodología que debe seguir un

fabricante o proveedor para llegar a un producto terminado, su propósito es producir un plan de calidad del producto que apoye el desarrollo de un producto o servicio que satisfaga las necesidades del cliente (Daimler Chrysler Corporation, 2020), mientras que el AMEF es una metodología utilizada durante el desarrollo del producto y del proceso, para asegurar que se han considerado los problemas que potencialmente se puede presentar y que pueden afectar la calidad del producto y/o su desempeño (Chrysler LLC, 2020). Para Chrysler Group LLC (2020) el MSA abarca la parte metodológica de un laboratorio de mediciones y calibraciones; y la que se encarga de las herramientas estadísticas para asegurar la calidad en los resultados de las mediciones, estableciendo así que uno de los términos más comunes de MSA está el de GR&R, que es una herramienta estadística que cuantifica la variabilidad del sistema de medición, sus fuentes, y su relación con la variabilidad del proceso de producción.

La investigación se enfocará en estandarizar el proceso de Cilindros hidráulicos para minería por lo que es necesario mencionar principios de hidráulica, definiendo a éste como el encargado del estudio de las propiedades mecánicas de los fluidos y se aplican en dispositivos que funciones con líquidos (Solé, Neumática e Hidráulica, 2011), en estos cilindros los actuadores hidráulicos son los más usuales en las instalaciones hidráulicas (Leonel G. Corona Ramírez, 2014), sin embargo, referente a los cilindros hidráulicos son llamados también motores hidráulicos, estos son actuadores mecánicos usados para dar una fuerza a través de un recorrido lineal (S., 2020), los cilindros hidráulicos de movimiento lineal son utilizados comúnmente en aplicaciones donde la fuerza de empuje del pistón y su desplazamiento son elevados (Solé, 2007). Según Ogata (2004) afirma que el fluido funciona como lubricante, además de disipar el calor generado en el sistema hacia un intercambiador de calor conveniente, pero existen riesgos de incendio y explosión, a menos que se usen fluidos resistentes al fuego; no están sencillo contar con la potencia hidráulica como con la potencia eléctrica. Se sabe que un cilindro hidráulico está compuesto por un pistón deslizante que es un aparato capaz de transformar la energía hidráulica en energía mecánica, según un movimiento rectilíneo (Czekaj, 1988), pero además tienen otros componentes (Chávez, 2020): vástago, camisa o tubo del cilindro, montaje tapa o cáncamo de la tapa, conector vástago o cáncamo del vástago, cabeza del cilindro, puntos de conexión, pistón o émbolo, tuerca del émbolo, amortiguador y válvulas de derivación del émbolo. Otro de los componentes importantes en los cilindros son los sellos hidráulicos o empaques definidos

como aros o anillos de hule u otros materiales que hacen que un cilindro pueda trabajar de manera eficiente (Aceros y Sistemas Hidráulicos de México, 2018).

Existen investigaciones relacionados a la aplicación de las herramientas de Core Tools para autopartes (Pérez et al 2019), para empresas del sector automotriz (Olmedo Méndez et al 2017), para maquinaria de maquilas (Felipe, 2018), sin embargo, las herramientas APQP, AMEF, SPC y MSA no han sido implementadas en piezas que no son precisamente de la industria automotriz, tal como es el caso del proyecto de fabricación con número de proyecto 32083 de Cilindros hidráulicos de minería que se desarrolló en esta investigación.

## **Materiales y métodos**

### ***Metodología***

Este trabajo desarrolla una investigación descriptiva y cualitativa con el objetivo de analizar los procedimientos utilizados en la fabricación de Cilindros hidráulicos a fin de ejemplificar la implementación de las herramientas de Core Tools en una empresa de manufactura de piezas que no son precisamente del tipo automotriz.

La herramienta de Core Tools APQP es un método estructurado que define y establece los pasos necesarios para asegurarse de que un producto satisfaga al cliente por lo que la metodología en esta investigación sigue los pasos tal y como se observa en la figura 1, la metodología se basa en etapas, iniciando con la etapa 1 planeación; etapa 2 diseño y desarrollo del producto; etapa 3 diseño y desarrollo del proceso en donde se analizan las normas y especificaciones del empaque, corrida de fabricación de piezas, proceso de maquinado de piezas, inspección de piezas por metrología y ensamble de piezas y accesorios; etapa 4 validación del proceso y producto y etapa 5 producción.



Figura 1. Diseño de la APQP utilizada en el caso de estudio de la investigación

Fuente: Elaboración propia a partir de Group, SPC Consulting Group, (2018)

**Caso de estudio**

La investigación se desarrolló en empresa dedicada al diseño, fabricación, mantenimiento de equipo hidráulico y neumático para la industria en general, ubicada en San Luis Potosí capital, actualmente la empresa cuenta con 50 empleados y es uno de los principales proveedores en los estados de Zacatecas, Nuevo León, Coahuila, Tamaulipas y Veracruz en la rama hidráulica y neumática.

El proyecto fabricación de cilindro hidráulico (figura 2) de inclinación para máquina LH203 consta del acabado de piezas metálicas, polímeros, entre otros materiales; cabe hacer mención que el presente proyecto solamente se enfocará a un solo tipo de cilindro el cual es el cilindro de inclinación de la máquina LH203 con número de ingreso 32083.

Para poder estandarizar el proceso de fabricación de Cilindros hidráulicos mediante las herramientas de Core Tools fue necesario realizar observaciones de todos los aspectos administrativos y de producción, documentando las acciones que se realizan en cada área de la empresa, es decir las áreas de ventas, diseño, soldadura, maquinados, ensamble, calidad, mantenimiento, entre otros, fueron observados por un mes y se tomó nota de los pasos secuenciales tal y como se detalla a continuación:

1. Recepción de los requerimientos del cliente en el área de ventas, se realiza la negociación de prestación de servicios, de reactivación o fabricación de cilindros hidráulicos según sea el caso.
  - 1.1. Ocasionalmente el cliente proporciona una muestra física, si no es así, se revisa el historial de ingresos detectando unidades iguales que se hallan reparado.
  - 1.2. El vendedor deberá dar de alta el equipo en el sistema colocando las especificaciones, las cuales son: el nombre del vendedor, el nombre del cliente, el código (en caso de que el cliente lo maneje), número de proyecto (si aplica), la cantidad de piezas, la descripción del equipo, la máquina y área a la que pertenece el equipo, el usuario (nombre de quien está solicitando el servicio), la temperatura, presión y fluido con que trabaja el equipo.
  - 1.3. Se genera una tarjeta de ingreso en el que se señala los servicios que se proporcionaran, lista de precios, desmontaje, dimensionamiento, desensamble, levantamiento, costeo; el tipo de proceso al que viene el equipo, cotización, cotización urgente, programado, urgente y garantía.

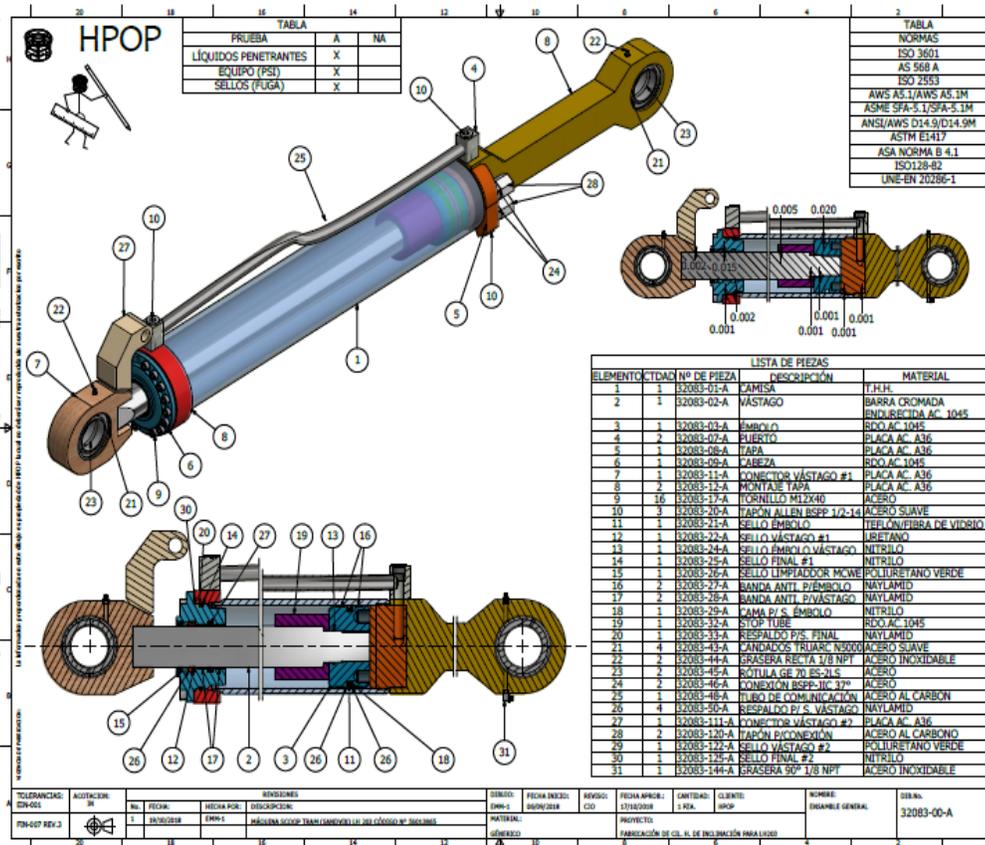


Figura 2. Diseño del Cilindro Hidráulico a partir de los requerimientos del cliente con número de ingreso 32083

2. El área de ingeniería se encarga de realizar el diseño 2D y 3D de cada uno de los componentes del cilindro hidráulico, desde la captura de los requerimientos del cliente hasta la entrega de diseños aprobados. Se genera el levantamiento del cilindro, es decir, cada una de las partidas (componentes) a utilizar con la descripción del material y dimensiones de corte tomando en cuenta las especificaciones del cliente.
3. Materiales es un área que se encarga de verificar, si hay en existencia cada uno de los materiales a utilizar, sino es así se debe de programar la compra del mismo.
  - 3.1. La recepción de material en almacén verifica las especificaciones de orden de compra, inspección de sellos, retenes, tornillería, placas, barras, redondos y tubos; si el material no cumple con las especificaciones es enviado al proveedor para su cambio y/o reposición.
  - 3.2. Entrega de kit, este es un conjunto de partes compradas o fabricadas requeridas para la realización del producto.

- 3.3. Compras es el área que se encarga de verificar si existe material en el almacén, también se encarga de cotizar, programar pagos, planificar rutas, monitorear paqueterías, tráfico de materiales, etc.
4. El área de manufactura se encarga de proporcionar las partes reacondicionadas que cumplan con los requerimientos de diseño y funcionalidad requeridos por el departamento de ingeniería, es decir, se realizan operaciones de transformación de materiales desde las operaciones de torno convencional, fresadora, centro numérico de maquinado y soldadura.
  - 4.1. Para la unión de partes por medio de soldadura, el operador manufactura entrega las partes al inspector de calidad para la revisión de las partes contra dibujo y función.
  - 4.2. El diseño de piezas en CAD se usa como base las especificaciones del dibujo liberado, el operador de Control Numérico debe realizar un diseño en CAD.
  - 4.3. En las fresadoras se realizan diversas operaciones, como el careado, este se refiere a limar bordes de asperezas y rebabas, después el encuadrado, verificar la perpendicularidad de la superficie recién careada; para el ranurado es desbastar material progresivamente desde la posición de inicio hasta en dirección longitudinal o transversal según se requiera; el barrenado, machuelear se refiere a crear un roscado.
  - 4.4. En los tornos convencionales se realizan diversas operaciones como el careado, este es un desbaste de material, el corte, ranura al interior y exterior es un desbaste de material haciendo avanzar herramienta en sentido transversal o paralelo, el chaflán, barrenado, pulido interior, entre otras operaciones.
5. El área de metrología se encarga de verificar la calidad del producto fabricado y ensamblado para entregar productos que cumplan con los requerimientos del cliente y las especificaciones.
6. El área de calidad da a conocer las actividades pertenecientes al sistema de calidad que van desde la administración del Sistema de Gestión de Calidad con el fin del cumplimiento de los requisitos del cliente, con un seguimiento a la mejora continua, también se encarga de la calibración de los instrumentos de medición.

7. En el área de ensambles se identifican los puertos de entrada y salida para la prueba del equipo, esta área debe de estar preparada para recibir el equipo, limpia y libre de partes de otros equipos, se verifica se existe fuga interna y en cualquier parte del cilindro.
  - 7.1. El operador carga el cilindro a la presión mínima de funcionamiento, normalmente a 100 psi o de acuerdo a las especificaciones del cliente, se verifica el despegue del vástago y se registra la presión de despegue, en ocasiones el equipo es cargado a una presión mayor.
  - 7.2. La prueba mecánica logrando 10 movimientos recíprocos del vástago del cilindro, verificando que se mueva libremente y sin derrame de cualquier parte del cilindro.
  - 7.3. La prueba hidrostática, el operador realiza la prueba de presión máxima verificando la especificación de presión máxima de funcionamiento, se eleva la unidad hidráulica a la presión indicada en la tarjeta de ingreso.
  - 7.4. Si el equipo es aprobado se envían al área de acabado; si no es aprobado se enviado a inspección en donde será diagnosticado, corregido y ensamblado nuevamente para la prueba.
8. El equipo es enviado al área de acabado para la preparación, enmascarar la superficie cromada y orificios para evitar la contaminación.
  - 8.1. Aplicación de pintura, el color aplicado lo asigna el cliente, de lo contrario se utiliza el color gris como estándar de la empresa.
  - 8.2. Se realiza el etiquetado del equipo
  - 8.3. Se ensamblan los accesorios y se emplea el equipo.
9. Finalmente se envía al área de almacén de producto terminado para su embarcación al cliente final.
10. El equipo es entregado por el vendedor, el chofer, incluso el cliente puede recogerlo en la en instalaciones de la empresa, el cliente deberá firmar el vale de entrega al recibir.

## **Resultados y discusión**

***Etapas 1 Planeación.*** La adaptación de las herramientas de Core Tools en el caso de estudio establece que la planeación del proyecto comenzó con el análisis de los requerimientos del cliente, posteriormente se especificaron los tipos de materiales y dimensiones con las que se tienen que obtener para el equipo, así como la identificación de

las normas con las que se deben de trabajar. En esta etapa se realizó una matriz de escalonamiento, esto con la finalidad de poder tener control sobre el proyecto permitiendo identificar las áreas involucradas al proyecto, en donde se colocó los líderes del proyecto; en segundo lugar el coordinador, luego el gerente de calidad, gerente de ventas, jefe de materiales, jefe de almacén, jefe de operaciones, supervisor de maquinados, jefe de metrología, jefe de ensambles, jefe de seguridad, encargada de recursos humanos y dirección general, cada uno son sus respectivos responsables.

**Etapa 2 Diseño y desarrollo del producto.** En esta etapa se realizó el desarrollo y diseño del equipo en 3D, este consiste en desarrollar cada una de las piezas que contiene el cilindro hidráulico, cada una de las piezas debe cumplir con las normas especificadas, así como el tipo de material, cantidad de piezas, cotas críticas como se muestra en la figura 3.

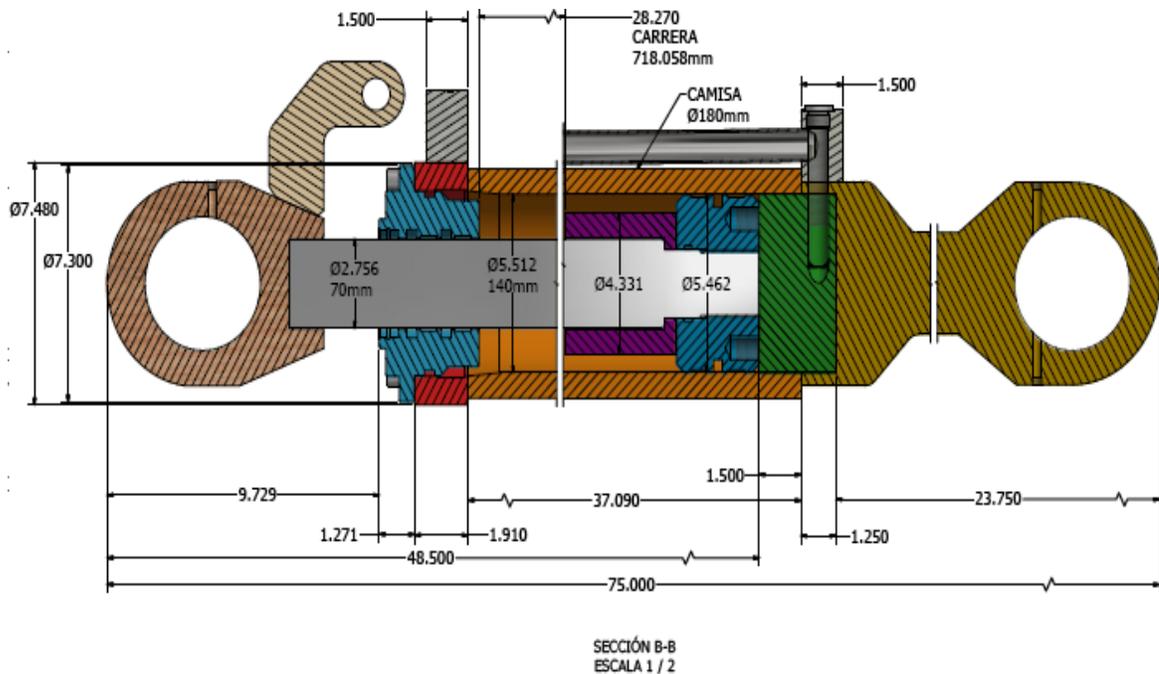


Figura 3. Dibujo del ensamble general del Cilindro Hidráulico a partir de los requerimientos del cliente con número de ingreso 32083

Dentro de esta fase se desarrolló el AMEF de diseño, el cual consistió en realizar un análisis del equipo en donde se describe cada una de las actividades que se tienen que realizar para la diseño del equipo, así como la descripción de la función de cada una de las piezas, la

manera en la que estas piezas pueden fallar, el efecto que pueden ocasionar y la causa de esta falla; se documentaron las acciones actuales y las recomendaciones, posteriormente se realizó un segundo análisis en donde ya se acataban las acciones recomendadas, esto permitió poder disminuir en NPR en cada uno de los componentes.

Se elaboró el dibujo en 2D de la aplicación de soldadura para la unión de piezas, en él se muestra el orden del proceso, en este dibujo se especifica el tipo de soldadura a utilizar, así como la ubicación y el modo de aplicación mediante un lenguaje técnico como se muestra en la figura 4. Se recomendó desarrollar proceso de ensamble del equipo, en él se muestra el inicio del ensamble de cada una de las piezas donde cada una tiene del lado derecho una descripción breve del ensamble o unión de piezas como se muestra en la figura 5.

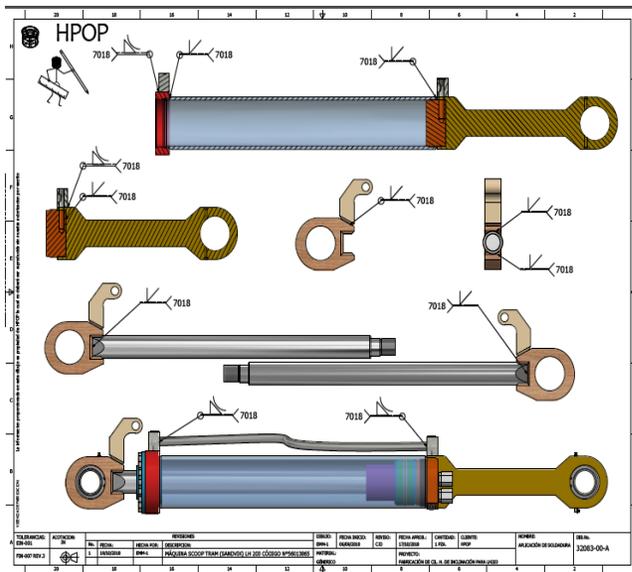


Figura 4. Dibujo del proceso de aplicación de soldadura del Cilindro Hidráulico con número de ingreso 32083

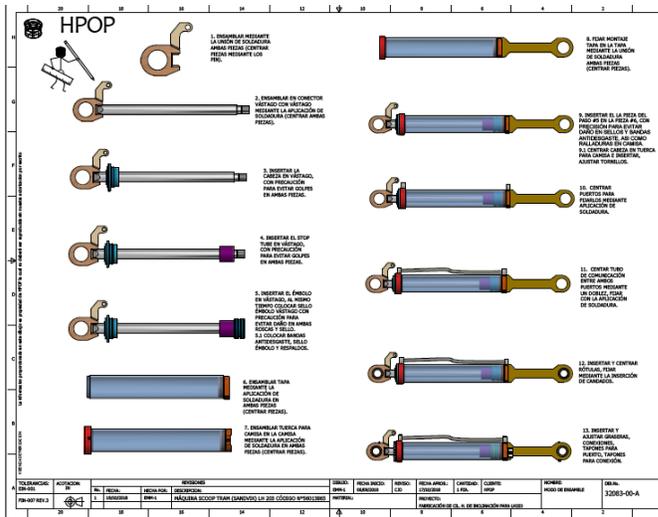


Figura 5. Dibujo del proceso de ensamble del Cilindro Hidráulico con número de ingreso 32083

**Etapa 3 Diseño y desarrollo del proceso.** En esta fase el proceso consistió en realizar un análisis de modos potenciales de fallos y sus efectos durante el proceso, en donde se describe cada una de las actividades que se tienen que realizar para el proceso del equipo, así como la descripción de la función de cada una de las áreas, la manera en la que estas pueden fallar, el efecto que pueden ocasionar y la causa de esta falla; se documentaron las acciones actuales y las recomendaciones, posteriormente se realizó un segundo análisis en donde ya se acataban las acciones recomendadas; en él se incluyeron los medios de producción utilizados para la fabricación del cilindro hidráulico, de acuerdo con los criterios de los empleados de la empresa el resultado fue reflejado en la disminución del NPR. Durante esta etapa se ejecutaron formatos como la inspección de barras, redondos y tubos, inspección de sello, inspección de tornillería, también se ejecutó el formato recepción de materiales, este constó en la inspección del material contra la hoja de especificación que el proveedor proporcionó esto permite identificar si el producto es aceptado o rechazado. Otro formato es el estándar de especificaciones de empaque, este formato se elaboró y se puso en marcha en ese instante debido a que carecían del mismo.

**Etapa 4 Validación del proceso y producto.** Durante esta fase se realizó una revisión del dibujo en 2D y 3D por parte de la dirección, en donde se revisaron las especificaciones según lo establecido como son la carrera del equipo, diámetros de materiales, cotas críticas, como distancia entre centros, tolerancias en partes deslizantes tal y como se muestra en la figura 6. Aunado a la validación del proceso y producto se realizó la inspección del levantamiento en el sistema, en donde se revisó la cantidad de partidas, materiales, cantidad de material, sellos,

tornillería, bandas anti-desgaste, rotulas, graseras, tubo de comunicación, tapones, etc., esto permitió verificar si se contaba con el material necesario para la fabricación del equipo, por lo que no se tuvieron contratiempos durante el proceso de manufactura.

**Etapa 5 Producción.** En esta etapa consistió en realizar la entrega de los documentos del proyecto al área de operaciones y calidad, para ello se generó documento llamado entrega de proyectos con la finalidad de poder evidencia que se realizó la entrega de documentos en el mes de mayo del año 2020.

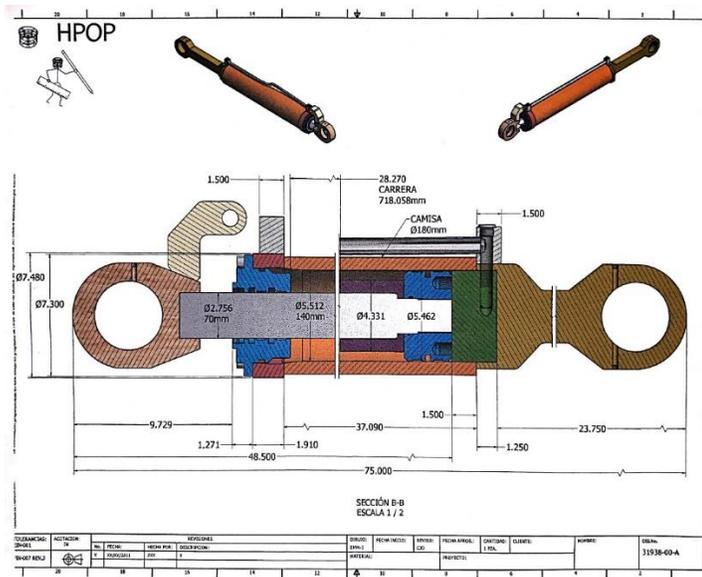


Figura 6. Dibujo de especificaciones y validación de cotas del equipo del Cilindro Hidráulico con número de ingreso 32083

La entrega de proyectos es un formato que permite evidenciar que toda la información del proyecto 32083 Fabricación de Cilindro Hidráulico de Inclinación para la Máquina LH203 ha sido entregada al área de operaciones y calidad; estas áreas son encargadas de distribuir la información con las demás áreas que dependen de ellas. Los documentos en físico son entregados en una carpeta APQP donde contiene la información detallada del proyecto misma que demuestra que es posible aplicar las herramientas de Core Tools en piezas que no son del sector automotriz, en la figura 7 se muestra el contenido de la información de la carpeta APQP.



## DOCUMENTACIÓN APQP

Nombre del proyecto: Fabricación de Cilindro Hidráulico de inclinación para máquina LH203.

Número de identificación: 32083 Fecha: 20-Junio-2020

<b><u>No.</u></b>	<b><u>Requerimiento</u></b>	<b><u>Requerido</u></b>
1	Requisitos del cliente	SI
2	Estudio de factibilidad manufactura	SI
3	Check list plan de piso	SI
4	Registros diseño del producto	SI
5	Cambios documentos de ingeniería	SI
6	Aprobación ingeniería del cliente	NA
7	AMEF de diseño	SI
8	Diagrama de flujo de proceso	SI
9	AMEF de proceso	SI
10	Resultados dimensionales	SI
11	Resultados de prueba de materiales	SI
12	Estudio inicial del proceso	SI
13	Análisis del sistema de medición	SI
14	Documentación laboratorio calificado	NA
15	Plan de control	SI
16	Part submissin warrant	SI
17	Reporte de aprobación de apariencia	SI
18	Check list requerimientos transporte de material	N.A.
19	Muestra del producto	N.A.
20	Muestra master	N.A.
21	Hoja de instrucción inspección o ayudas de chequeo	SI
22	Especificación de empaque	SI
23	Registros de cumplimiento con los requerimientos específicos del cliente	SI
24	Resumen de la planeación de la calidad	SI
*	<b>N.A.= No aplica</b>	

Figura 7. Documentos que conforman la carpeta de evidencia Core Tools APQP del Cilindro Hidráulico con número de ingreso 32083

## Conclusiones

La aplicación de Core Tools es uno de los mayores requisitos de la industria automotriz debido a que se trabaja con estándares de calidad y el cumplimiento de normas, en el caso de estudio la empresa logró estandarizar la fabricación de los cilindros hidráulicos para mina de inclinación para la máquina LH203 mediante las herramientas de Core Tools permitiendo establecer una excelente comunicación entre las áreas involucradas.

Durante la elaboración de la carpeta APQP, la participación de las áreas fue fundamental para la elaboración y llenado de formatos de inspección, instrucción, esto facilitó el proceso de elaboración de la carpeta, puesto que en cada una de las fases se logró formar la carpeta APQP.

También se logró estandarizar cada una de las piezas del equipo, debido a que el cliente proporcionó un equipo de muestra original, con ello se realizó el dimensionamiento de cada una de las partes del cilindro, con la finalidad de poder agilizar el proceso de fabricación de un equipo similar, esto a su vez agilizar la elaboración de la carpeta APQP.

Se evidencia de que las herramientas de formación Core Tools no solo pueden ser para el sector automotriz, si no también pueden utilizarse para cualquier tipo de fabricación, siempre y cuando exista compromiso por parte de los altos mandos de la empresa, los jefes de área y desde luego los trabajadores quienes están a cargo directamente de la recogida de datos, mantenimiento, control de calidad., etc.

## Referencias bibliográficas

Chávez, T. H. (Junio de 2020). *Maquinaria Pesada*. Obtenido de [www.maquinariapesada.org](http://www.maquinariapesada.org)

Chrysler Group LLC, F. M. (Junio de 2020). *Análisis de Sistemas de Medición*. Obtenido de <https://vdocuments.mx/manualmsa42010espanol.html>

Chrysler LLC, F. M. (Junio de 2020). *Análisis de Modos y Efectos de Fallas Potenciales AMEF*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/dianaguzmane/manualamef42008espanol>

- Czekaj, D. (1988). *Aplicaciones de la ingeniería: 3. Maquinaria hidráulica en embarcaciones pesqueras pequeñas*. Roma: FAO.
- Daimler Chrysler Corporation, F. M. (Julio de 2020). *Aprobación de Partes para Producción PPAP*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/LuisAngelCarmonaLimo/manual-ppap-4-2006-espaol>
- Felipe, P., & RODRÍGUEZ–BUCIO, N. (2018). Core Tools para diagnóstico de defectos en maquila y aumento de productividad Core Tools for diagnosis of maquila defects and productivity increase. *Revista de Ingeniería*, 2(7), 1-8.
- Group, S. C. (Agosto de 2020). *SPC Consulting Group*. Obtenido de <https://spcgroup.com.mx/apqp/>
- ISO. (Agosto de 2020). *ISO*. Obtenido de <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9001:ed-5:v1:es>
- Leonel G. Corona Ramírez, G. S. (2014). *Sensores y Actuadores Aplicaciones con Arduino*. México: Grupo Editorial Patria.
- Ogata, K. (2004). *Ingeniería de Control Moderna*. Madrid: Pearson Prentice Hall.
- Olmedo Méndez, J. S. (2017). La gestión de proyectos en una empresa manufacturera del sector automotriz mediante las herramientas APQP y CORE TOOLS.
- Pérez, J. A. S., García, L. O. R., Guzmán, M. T. V., & Rojas, S. V. (2019). HERRAMIENTAS DE CORE TOOLS PARA IMPLEMENTAR MEJORAS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN (CORE TOOLS TOOLS TO IMPLEMENT IMPROVEMENTS IN THE PRODUCTION LINE). *Pistas Educativas*, 41(133).
- S., D. F. (Septiembre de 2020). *Maquinarias Pesadas.org Maravillas de la Ingeniería*. Obtenido de Maquinarias Pesadas.org Maravillas de la Ingeniería: <https://www.maquinariaspesadas.org/blog/2591-curso-cilindros-hidraulicos-seguridad-tipos-aplicaciones-mantenimiento>
- Solé, A. C. (2007). *Neumática e Hidráulica*. España: Alfaomega, Marcombo.
- Solé, A. C. (2011). *Neumática e Hidráulica*. Barcelona: Marcombo.

WordPress. (21 de Septiembre de 2018). *Aceros y Sistemas Hidráulicos de México*.  
Recuperado el 21 de Septiembre de 2018, de ASHM: <http://www.ashm.mx/blog/que-son-los-sellos-hidraulicos/>



# **Diseño de estación de trabajo para minimizar tiempos de ensamble en talleres de carpintería de Tantoyuca, Veracruz**

## **Design of work station to minimize assembly times in carpentry workshops in Tantoyuca, Veracruz**

Antonio Soto-Nuñez<sup>1</sup>, Manuel Ángel Rosales-Montiel<sup>1</sup>, Gustavo Irais del Ángel-Flores<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca, Veracruz, México.

---

Recibido: 01-10-2020

Aceptado: 07-12-2020

Autor correspondiente: [antoniosotonz@gmail.com](mailto:antoniosotonz@gmail.com)

## **Resumen**

La presente investigación refleja el análisis y optimización de los métodos de trabajo artesanales que se llevan a cabo en las carpinterías de la ciudad de Tantoyuca, Veracruz, haciendo un énfasis diferenciado en la optimización del trabajo de ensamble de puertas de tambor, procedimiento que demanda un trabajo físico exhaustivo para el operador a causa de posturas incómodas por estar frecuentemente de pie, con las rodillas flexionadas y agachado, causando traumas de carácter ergonómico en partes importantes del cuerpo tales como: Cuello, hombros, manos, muñecas, dedos y espalda alta; ocasionando así que los tiempos de ensamble y retrabajos sean excesivos. Como primera parte se presentan los resultados de una encuesta aplicada a los carpinteros en estudio, posteriormente se describen las operaciones realizadas bajo estudio, después se analizan las causas del tiempo excesivo de ensamble, posteriormente se revisa la literatura para determinar las medidas óptimas según el tipo de trabajo y postura a utilizar, para finalmente diseñar el prototipo y elaborar un análisis costo beneficio en conjunto con un análisis FODA. Los cambios propuestos en el diseño de la estación de trabajo están basados tomando en cuenta las consideraciones actuales de los carpinteros en estudio, pues se pretende que con el diseño planteado disminuyan considerablemente las demoras para la culminación de los ensambles de las puertas de tambor, así como también la disminución de las posturas inadecuadas de trabajo, que a su vez causan que los tiempos de trabajo sean considerables a la causa de lo anterior mencionado.

**Palabras clave:** Diseño, carpintería, minimización, estación de trabajo, SolidWorks.

## **Abstract**

This research reflects the analysis and optimization of the artisanal work methods that are carried out in the carpentry shops located in Tantoyuca, Veracruz, making a differentiated emphasis on the optimization of the drum door assembly work, a procedure that demands an exhaustive physical work for the operator due to uncomfortable postures due to frequent standing, with the knees bent and bent over, causing ergonomic trauma to important parts of the body such as: Neck, shoulders, hands, wrists, fingers and upper back; thus causing the assembly and rework times to be excessive. As the first part, the survey results applied to the carpenters under study are presented, later the operations carried out under study are

described, going on to analyze the probable causes of excessive assembly time, later the literature is analyzed to determine the optimal measures according to the type of work and posture to use, to finally design the prototype and prepare a cost benefit analysis in conjunction with a FODA analysis. The changes proposed in the design of the work station are based on taking into account the current considerations of the carpenters under study, since it is intended that the proposed design considerably reduce the delays for the completion of the drum door assemblies, as well as well as the reduction of inappropriate work postures, which in turn cause work times to be considerable due to the aforementioned.

**Keywords:** Design, carpentry, minimization, work station, SolidWorks.

### **Introducción**

El autor Castañeda (2011) afirma que, vivimos en un mundo en el que los cambios se llevan a cabo de manera rápida y espontánea, en el cual es indispensable contar con las herramientas dinámicas que faciliten y permitan adaptarse a los cambios que se presentan día a día. Menciona también, que actualmente las compañías requieren herramientas que permitan facilitar sus operaciones y se adecuen a las necesidades de los *Stakeholders*, las cuales cambian a través del tiempo de manera indeterminada.

Los autores Fajardo y Heredia (2018) en la ciudad de Ecuador, analizan la problemática existente al trabajar con madera utilizando diversas herramientas y grandes áreas para trabajar. Como parte del estudio, los autores citados con anterioridad, analizan las actividades y herramientas mínimas básicas para el trabajo en madera, respondiendo a la demanda de necesidades existentes en un taller, generando así, un artefacto que funciona con tres herramientas manuales que cumplen funciones de corte y perforado, además de contar con accesorios que potencian su uso, construido con materiales convencionales y con dimensiones bastante limitadas para facilitar su ubicación en espacios ajustados.

Como parte de la problemática abordada en esta investigación, se analizan las carpinterías ubicadas en la ciudad de Tantoyuca, Veracruz, carpinterías que hasta la fecha están catalogadas como talleres artesanales donde las estaciones de trabajo son rudimentarias y no cumplen con las medidas adecuadas para realizar sus operaciones, ocasionando así, un desgaste físico importante en el operario que a su vez repercute en el ritmo de producción. Analizando lo anterior, se llega a la conclusión de que los lugares donde los carpinteros

realizan las operaciones de ensamble de muebles en general no son los idóneos; ocasionando así, que los carpinteros se ven a la necesidad de crear sus propios bancos de trabajo sin tomar en cuenta medidas ergonómicas ya estandarizadas, acciones que generan complicaciones al momento de realizar actividades y que a su vez dañan la integridad del mismo.

El diseño de la estación de trabajo se realiza de tal manera que esta ayude y facilite las operaciones de elaboración de muebles, reduciendo el desgaste físico del operador y tiempos de fabricación, respetando medidas estandarizadas de producción para la obtención de la calidad necesaria para la satisfacción del cliente, haciendo un énfasis focalizado en el producto “puertas de tambor”, al ser el que tiene mayor movimiento de los establecimientos en análisis.

Los objetivos de la investigación están enfocados en el diseño de la estación de trabajo, quedando de la siguiente manera: Diseñar una estación de trabajo con la ayuda del software de *Solidworks 2016* como propuesta que ayude a minimizar los tiempos de ensamble en talleres de carpintería en la zona de Tantoyuca, Veracruz; apoyándose de objetivos específicos tales como: Investigar y analizar las estaciones de trabajo de la zona para conocer los métodos tradicionales de armado de muebles, plantear la propuesta del diseño con base al mueble más realizado en las carpinterías de Tantoyuca, diseñar el modelo de la estación de trabajo en el software *Solidworks 2016*, usar la herramienta de matriz FODA para ver la desventajas y ventaja de la estación de trabajo.

### **Materiales y métodos**

Como referente, se inicia el estudio haciendo un bosquejo de la ergonomía, su importancia, elementos y aplicaciones, para posteriormente elaborar un cuestionario para ser aplicado a través de una encuesta a un total de 12 talleres de carpinterías en la zona de Tantoyuca, Ver. Para el cálculo de la muestra se utilizó un nivel de significancia del 95%, un nivel de precisión del 5% y valores de “p” y “q” del 50%. La aplicación de la encuesta estuvo sujeta a la elaboración de un plan de muestreo, mismo que estuvo sujeto a la aleatorización del total de carpinterías para poder ser evaluadas con la mayor confiabilidad.

Como segundo punto, se utiliza el diagrama de Ishikawa en su variante del método de las 6 M’s para relacionar el problema principal: consumo excesivo de tiempo en los ensambles de los diferentes talleres de la región; con las causas que probablemente lo generan.

Tomando en cuenta que los procesos son mecanismos de comportamiento que diseña el hombre para mejorar la productividad de alguna operación, establecer un orden o eliminar algún tipo de problema recurrente, se analizan los tiempos de fabricación a través de un estudio de tiempos y utilizando un diagrama de proceso de operaciones, separando las operaciones por bloques e identificando el número de operadores utilizados para realizar dichas actividades.

Como último punto, y posterior al análisis elaborado en la investigación de nombre: “Análisis ergonómico y antropométrico de los métodos tradicionales para la elaboración de muebles en las carpinterías en la zona de Tantoyuca, Ver”., y tomando en cuenta el análisis elaborado a las carpinterías para determinar las probables causas de las condiciones que afectan la fabricación de puertas, se utiliza el software *SolidWorks 2016* para realizar el diseño de la estación de trabajo y tomando en cuenta los factores que en el apartado de resultados se describen. El diseño de prototipo está segmentado en etapas. La primera etapa corresponde al diseño y fijación de las medidas longitudinales adecuadas de la mesa de trabajo, tomando en cuenta las medidas ergonómicas correspondientes al tipo de operador y operaciones en estudio. La segunda etapa abarca el diseño de sujetador y soporte, el cual ayudara a la nivelación de las piezas prensadas en operación. La tercera etapa incluye el diseño de un dispositivo poka-yoke cuya finalidad repercute en la realización de operaciones de ensamble con mayor precisión y reducir considerablemente los errores.

## **Resultados y discusión**

### a) Encuesta.

El análisis realizado en las distintas carpinterías del municipio de Tantoyuca por medio de la investigación “Análisis ergonómico y antropométrico de los métodos tradicionales para la elaboración de muebles en las carpinterías en la zona de Tantoyuca, Ver”., cuya encuesta se realiza a doce talleres, arroja que el 67% de los carpinteros no tienen un área adecuada para ejercer su labor, el 75% sufre malestares o dolencias musculares en el cuello, hombros, brazos, muñecas, así como manos y dedos, el 72% de las carpinterías fabrica puertas de tambor o de interior como mueble principal.

b) Diagrama de Ishikawa.

En la Figura 1 se observa el diagrama de Ishikawa, que arroja el análisis de las condiciones que afectan al proceso de fabricación de puertas en los diferentes talleres de la región de Tantoyuca, Veracruz. El análisis arroja que las condiciones que tienen un mayor efecto en el problema son: el método; pues en todas las carpinterías analizadas se hace uso de un método tradicional de trabajo, dejando de lado la optimización y estandarización de las operaciones recurrentes y/o metódicas, ocasionando demoras y consumos excesivos de tiempo en casi todas las operaciones. Como efecto secundario pero no menos importantes, un operador o carpintero que se somete a una curva de aprendizaje, puede presentar demoras por mano de obra descalificada, pues al ser un taller artesanal no existe la cultura de la capacitación, ocasionando que muchas de las veces se realicen modificaciones al proceso para acelerar el ritmo de producción con mano de obra descalificada, ocasionando disminución en la variables de salida del proceso, tales como: calidad de pintura, medidas de largo, ancho y alto, tiempo de lijado, cantidad de abrillantador, tiempo de espera de secado y calidad de ensamble.

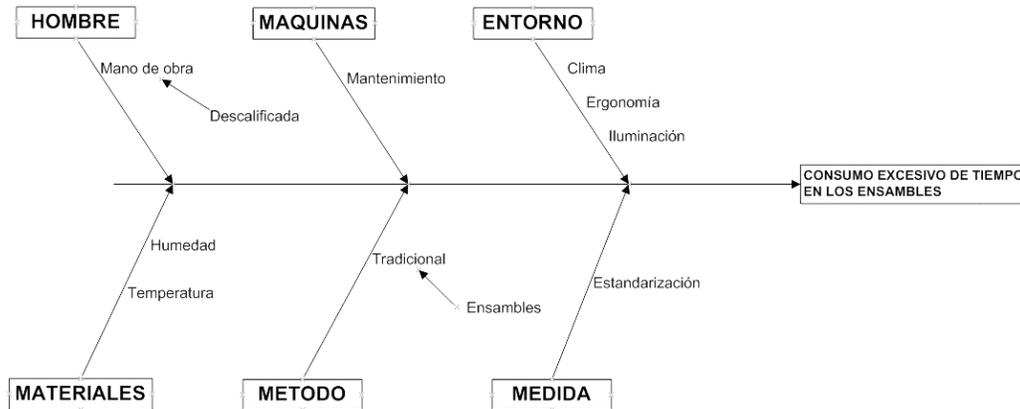


Figura 1. Diagrama de Ishikawa.

Fuente: Elaboración propia.

c) Descripción de Operaciones.

La tabla 1 muestra las diferentes operaciones que realiza el operario para hacer una puerta de tambor.

Tabla 1. Descripción de procesos. Fuente: Elaboración propia

Procesos	Observación
Corte de tablas	En el corte de tablas es el proceso en cual se mide la madera y se cortan a la medida pedida para pasar al siguiente proceso.
Ensamble de travesaños	El proceso de ensamble es en el cual se arma el esqueleto de la puerta.
Ensamble de triplay y esqueleto	Ensamble del triplay, el triplay llega a una media de 210 cm de largo y de ancho 120cm la cual se cortará a medida para ensamblar al esqueleto.
Encuadre de la puerta	El encuadre de la puerta es el proceso en cual se escuadra la puerta para quede en un Angulo de 90°.
Lijado de la puerta	El proceso de lijado se genera para elimine todos los detalles de la madera dando un resultado limpio listo para el proceso de pintura.
Pintado de la puerta	En el área de pintura se crea la mezcla de solventes a utilizar, para que la puerta reciba la primera pasada de pintura esto se hace con brocha la cual se usa para tapar el poro del triplay.
Lijado de la puerta	En este proceso se le da un lijado a la pintura que se le dio en el paso anterior para eliminar excesos de pintura y esté lista para el acabado.
Acabado de la puerta	El acabado de la puerta es el último proceso en el cual la puerta se le dará la apariencia que dese el cliente ya sea termino mate o acabado en brillo.

La tabla 2 muestra los requerimientos de tiempo y recurso humano para cada una de las diferentes operaciones para elaborar una puerta de tambor.

Tabla 2. Tiempos de operación. Fuente: Elaboración propia

Operación	Tiempo requerido	Operadores Requeridos
Corte de tablas	15 min	
Ensamble de travesaños	15 min	
Ensamble de triplay y esqueleto	10 min	1
Encuadre de la puerta	10 min	
Resanar orificios de clavos	30 min	1

Ligado de la puerta	20 min	
Pintado de la puerta	20 min	
Ligado de la puerta	20 min	
Acabado de la puerta	20 min	
<b>Total</b>	<b>160 min (2.40 h)</b>	<b>2</b>

d) Diseño de prototipo.

Etapa 1. El diseño de la mesa de trabajo toma en cuenta las consideraciones ergonómicas para la realización de trabajos pesados en los cuales el operador está de pie. Dichas consideraciones ergonómicas estipulan que un trabajo pesado es aquel en el cual el operador ejerce fuerza hacia abajo en un intervalo de 20 a 40 cm por debajo de la altura del codo.

El diseño de la mesa de trabajo está modelado en *SolidWorks 2016*, quedando las medidas en: 80 cm de alto (del suelo a la cubierta), 110 cm de ancho y 200 cm de largo, tal y como se muestra en las figuras 2 y 3.

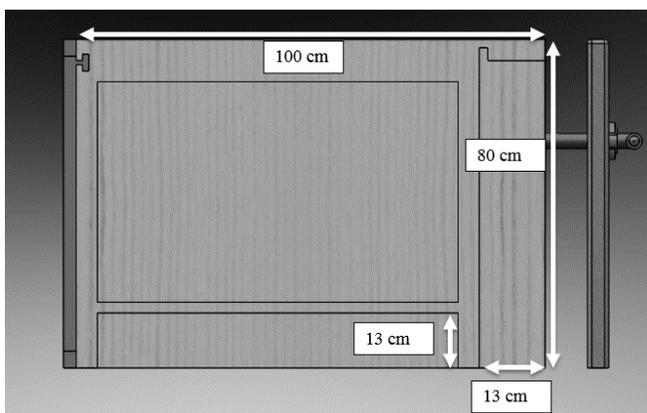


Figura 2. Mesa de trabajo. Vista frontal.

Fuente: Elaboración propia.

El diseño está elaborado conforme a las normas ergonómicas, en donde se estipula una altura de 80 cm para trabajo pesado y 50 cm de alcance mínimo por cada lado del banco, dando un ancho total de 100 cm. Para la postura de los pies, en la parte inferior del banco se anexa un espacio de 13 cm de altura y profundidad, espacio en el cual los operarios pueden introducir sus pies, sin el riesgo de golpear o intervenir en sus actividades.

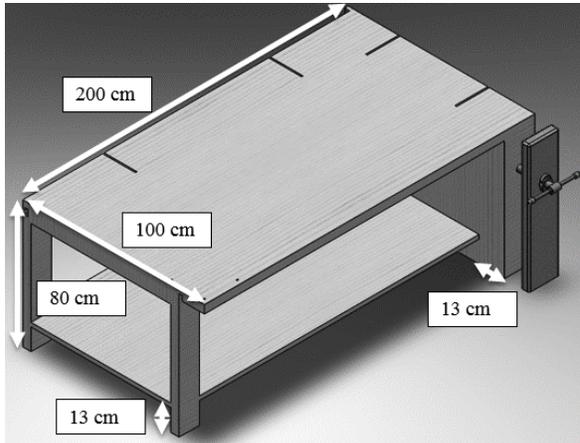


Figura 3. Mesa de trabajo. Vista isométrica.

Fuente: Elaboración propia.

Etapa 2. El diseño del sujetador cumple la función de un nivelador al momento de realizar operaciones. Surge a partir de la adaptación de una prensa en el que el nivelador puede ser sujetado gracias a un riel que permite correrlo hacia la prensa, acortando o haciendo más grande la distancia entre ellos. La figura 5 muestra el diseño propuesto del sujetador. La prensa está colocada en el costado derecho de la mesa de trabajo. Permitirá mayor movilidad en la ejecución de operaciones, así como posiciones ergonómicas favorables para el operador.

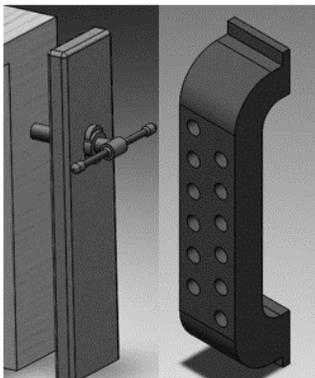


Figura 5. Sujetador y nivelador.

Fuente: Elaboración propia.

Etapa 3. Se diseña un dispositivo poka-yoke con la finalidad de evitar esfuerzos y posturas innecesarias que provocan malestares musculares, repercutiendo significativamente en la calidad del proceso de elaboración. Por otro parte, el operador tendrá una menor dificultad para la fijación de las partes correspondientes al de las puertas. El dispositivo poka-yoke mostrado en las figuras 6 y 7, está conformado por un ángulo de 90° que permitirá fijar

la puerta con los ajustadores, los cuales ajustaran a la medida adecuada y que permitirán que la puerta no quede descuadrada, aumentando la calidad de los productos y disminuyendo los tiempos de encuadre que hace el operario.

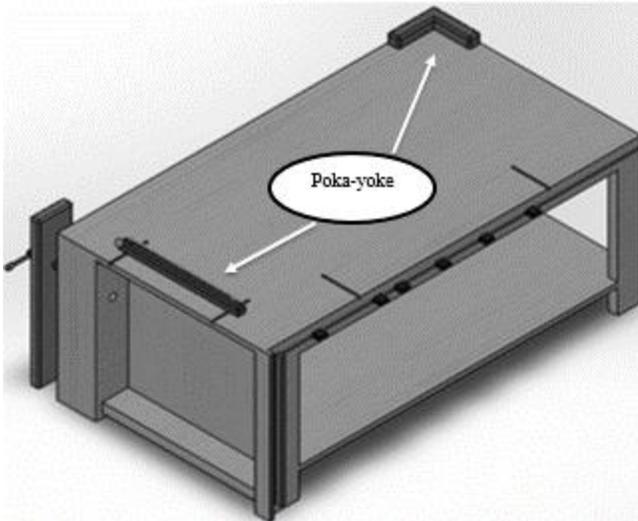


Figura 6. Dispositivo poka-yoke.

Fuente: Elaboración propia.

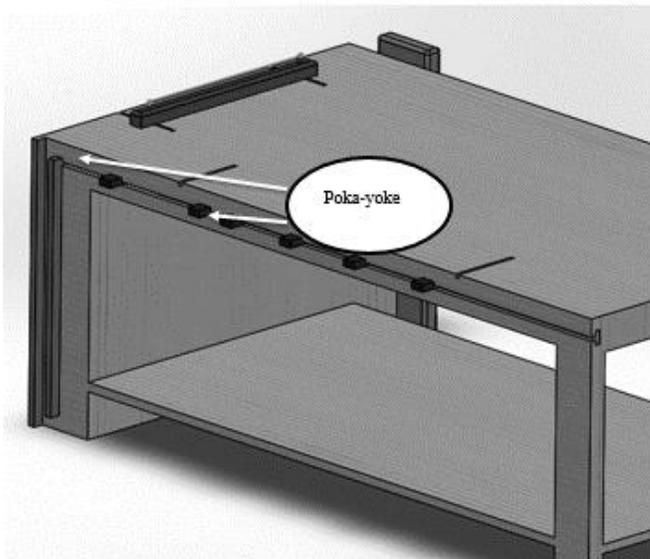


Figura 7. Dispositivo poka-yoke.

Fuente: Elaboración propia.

#### Análisis FODA.

El autor Talancon (2007), cita a los autores Thompson y Strikland, que establecen que el análisis FODA estima el efecto que una estrategia tiene para lograr un equilibrio o ajuste

entre la capacidad interna de la organización y su situación externa, esto es, las oportunidades y amenazas. La tabla 3 muestra al análisis FODA elaborado para la mesa de trabajo diseñada.

Tabla 3. Análisis FODA. Fuente: Elaboración propia

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminución de tiempo.</li> <li>- Ergonomía para los trabajadores.</li> <li>- Calidad en los trabajos.</li> <li>- Mayor producción.</li> <li>- Mayores ingresos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Único en la zona.</li> </ul>
DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Material blando.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ser remplazado.</li> </ul>

Posterior a la aplicación de los métodos anteriormente descritos, los resultados obtenidos corresponden al diseño de una mesa de trabajo utilizada por carpinteros y con un énfasis marcado en la fabricación de puerta de tambor. La idea de la realización de la mesa de trabajo surge por cuestiones ergonómicas y de producción, en función de las posturas de los trabajadores y el bajo ritmo de trabajo en condiciones normales de un taller artesanal. Lo significativo de los resultados radica en la posibilidad de minimización de tiempo de fabricación de un 30% o más, repercutiendo de manera positiva en la calidad de los productos fabricados y en la satisfacción del cliente final.

### Conclusiones

Los aportes más importantes derivan del diseño de la mesa de trabajo que reducirá y mejorará significativamente los tiempos de fabricación y las condiciones ergonómicas en las que el operador realiza las 7 operaciones descritas con anterioridad. Por otra parte, el dispositivo poka-yoke para el encuadre y el sujetador para la nivelación de materiales, aporta mejoras significativas en la movilidad, calidad de ensambles y cumplimiento con las especificación y valores nominales que el cliente final estipula, aunado a una baja demora en las operaciones realizadas.

### **Referencias bibliográficas**

Castañeda, C. A. (2011). Métodos y diseño de trabajo para los procesos productivos de la empresa Cemad, carpintería especial en madera. Tesis, Pontificia Universidad Javeriana, Bogota, Colombia. Obtenido de <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/15039>

Fajardo Seminario, J. L., & Heredia Zabala, M. E. (2018). Diseño de una estación de trabajo multifuncional para aficionados de la carpintería aplicada a espacios reducidos. Tesis, Universidad del Azuay, Ingeniería Industrial, Ecuador. Obtenido de <http://201.159.222.99/bitstream/datos/8168/1/13891.pdf>

JUAN CARLOS, A. V. (2013). LEAN MANUFACTURING . MADRI: FUNDACION EO1.

PEDRO .R MONDELO, E. G.-P. (1999). ERGONOMIA 1 FUNDAMENTOS . BARCELONA: EDICIONS UPC.

Talancon, H. p. (2007). LA MATRIZ FODA: ALTERNATIVA DE DIAGNOSTICO Y DETERMINACION DE ESTRATEGIAS DE INTERVENCION EN DIVERSAS ORGANIZACIONES . MEXICO.

**REVISTA DIGITAL**



ISSN 2448-8003

## **Análisis del proceso de inducción al personal de las PYMES del sector comercial**

## **Analysis of the induction process to PYMES staff in the commercial sector**

Liliana Cabañas-García<sup>1</sup>, Perla Natalí Ortiz-Peñaloza<sup>1</sup>, Esmeralda  
Cuervo-Del-Angel<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca,  
Veracruz, México.

---

Recibido: 21-08-2020  
Aceptado: 30-10-2020

Autor correspondal: [liliana.cabanas@itsta.edu.mx](mailto:liliana.cabanas@itsta.edu.mx)

## **Resumen**

Dado el entorno económico en el que participan las PYMES, se vuelve fundamental crear nuevas estrategias y mecanismos de apoyo que faciliten y amplíen la esperanza de vida de las empresas, a la vez que incentive la motivación y les permita acceder a nuevas oportunidades de negocio. Es por ello la importancia de realizar el presente análisis enfocado al proceso de inducción implementado en las PYMES, con la finalidad de detectar y mejorar sus áreas de oportunidad en un mercado cada vez más competitivo, contribuyendo a su permanencia y crecimiento en el mismo y por ende en la economía de la localidad. Para realizar el estudio se hizo uso de técnicas de recopilación de datos como encuestas aplicadas a los empleados, pruebas de evaluación del desempeño aplicadas a los gerentes, que permitió la recolección de información para poder identificar las necesidades de capacitación, aptitudes, habilidades de desempeño requeridas, además de aplicar el Diagrama de Ishikawa y Cinco Porqué para el análisis del problema(s) detectado, siendo esta la metodología aplicada para determinar el escenario actual de la organización y por ende contribuir a su crecimiento. El objetivo de este artículo fue analizar el proceso de inducción de las Pymes del sector comercial para conocer las debilidades con las que cuentan y contribuir a su rendimiento y permanencia en el mercado.

**Palabras clave:** PYMES, Programa de inducción, Evaluación del desempeño, Capital Humano.

## **Abstract**

Given the economic environment in which PYMES participated, it became essential to create new strategies and support mechanisms that facilitate and extend the life expectancy of companies, at the time encouraging motivation and allowing them to access new business to carry out this analysis focused on the induction process implemented in PYMES, in order to detect and improve their areas of opportunity in an increasingly competitive market, contributing to their permanence and growth in it and therefore the economy of the locality. To carry out the study, data collection techniques were used such as surveys applied to managers, which allowed the gathering of data to identify the training requirements, ability and performance skills required. In addition to applying the Ishikawa Diagram and ability Five Whys for the analysis of the detected problems, this is the methodology applied to

determine the current scenario of the organization and therefore contribute to its growth. The aim of this article was to finalize the inauguration process of PYMES of the commercial sector for the weakness they have and contribute to a performance and permanence in the market.

**Keywords:** PYMES, Induction Program, Performance Assessment, Human Capital.

## Introducción

Las PYMES son organizaciones económicas que desarrollan actividades industriales, comerciales y de servicios que al combinar capital, trabajo y medios productivos obtienen un bien o servicio que se destina a satisfacer diversas necesidades para un sector y un mercado determinado como lo es la creación de empleo, la innovación económica, la generación de emprendedores y el desarrollo económico a largo plazo.

Adicionalmente, el dinamismo, la adaptabilidad y la flexibilidad de este tipo de empresas las vuelve un elemento fundamental en el desarrollo de la economía del conocimiento.

Es indiscutible el importante papel que cumplen en el desarrollo de algunas economías del mundo, y en particular en la de México. Estas aparecen como motor de crecimiento y fuente de empleo en países de la envergadura económica de Japón o Alemania (Naranjo & Jaramillo, 2010)

Toda organización debe tener el personal adecuado, en número, perfil, preparación, potencial y actitud, que vaya de acuerdo con los objetivos y cultura de la organización. En el país las pequeñas empresas le dan un valor más importante a la maquinaria con que se trabaja y al estado de la situación financiera, sin apreciar al recurso humano y mejorar su rendimiento en la empresa (Escajadillo, 2017).

El proceso de inducción a la organización permite al empleado insertarse de manera eficaz en su nuevo cargo, para ello se le deben presentar los elementos generales del funcionamiento de la entidad (plataforma estratégica, plataforma axiológica, plataforma deontológica, estructura organizacional, modelo de procesos) y los elementos específicos de su propio

trabajo: Roles, responsabilidades, autoridades y mecanismos de comunicación (Escajadillo, 2017).

Las PYMES brindan a la economía del país, son un aporte importante por medio de la generación de riqueza y fuentes de trabajo, por ello es importante resaltar que el recurso humano juega un papel importante integrando a un colaborador en el momento de su ingreso a la empresa, siendo fundamental contar con una inducción adecuada que permita que el empleado pueda familiarizarse no sólo con la organización sino también adaptarse a su nuevo trabajo. Al ser la inducción la primera impresión que el empleado tiene de la empresa, se considera que la misma influirá en la forma en que el colaborador desempeñe sus labores y logre alcanzar sus metas (Uribe, 2013).

A través de las PYMES se puede contribuir a mejorar la calidad de vida de una comunidad o generar riqueza a decenas de familias (Freire, 2013) .

Las pequeñas y medianas empresas (PYMES) en México representan un motor que impulsa el desarrollo económico del País. De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en 2005, el 97.7% de las empresas en el país son micro y pequeñas empresas (PYMES), mismas que generan el 42 por ciento del Producto Interno Bruto manufacturero y el 64 por ciento del empleo en el país. (Sansores, 2011)

En Colombia, el 41 por ciento de los emprendimientos subsiste al segundo año de vida, lo que quiere decir que 59 por ciento de ellos no, en México el 75 por ciento de los startups cierran operaciones luego del segundo año de existencia. (LOPEZ, 2016)

La presente investigación tiene como objetivo establecer procesos técnicos de inducción administrativa aplicados a las pequeñas y medianas empresas del sector comercial de la ciudad Tantoyuca, Veracruz. Con la finalidad de fortalecer y mejorar los mecanismos funcionales de dichos negocios e incorporar los lineamientos prioritarios para garantizar la sostenibilidad, ya que en base a los estudios realizados, actualmente la inducción se considera un aspecto representativo en el desempeño laboral, sin embargo las empresas de mencionado

sector actualmente no lo aplican como un plan de acción de un proceso que influya en el crecimiento de una PYME.

El INEGI plantea que el sector comercial minorista constituye un renglón importante de la economía nacional dada su participación en el PIB, en el volumen de bienes de consumo final que circulan por este canal, en el crecimiento de las empresas y por ende en el empleo que generan (Gómez, 2019).

En perspectiva la situación de las Pymes en México las cuales, de acuerdo con la Secretaría de Economía (SE) en el año 2009 existían en el país 5'144,056 empresas, de las cuales el 99.8% eran Pymes, mismas que participaban dentro de las actividades económicas de la siguiente forma: 47.1% en servicios, 26% en el comercio, 18% en la industria manufacturera y el resto de las actividades representan el 8.9% (Fonseca & Torres, 2011).

Los principales aspectos internos que afectan la competitividad de las PYMES, entre los cuales se encuentran la Planeación Estratégica, Recursos Humanos entre otros, considerados por el papel vital que juegan dentro de las empresas. (Valenzuela, Vázquez, & Burgueño, 2016)

El propósito de la presente investigación es realizar un estudio sobre la importancia del análisis de un programa de inducción para las PYMES del sector comercial de la ciudad de Tantoyuca, Veracruz.

Con la finalidad de fortalecer y mejorar los mecanismos funciones de las pequeñas y medianas empresas de este giro, incorporar lineamientos para contribuir a la permanencia y crecimiento de las mismas.

### **Materiales y Métodos**

La presente investigación se llevó a cabo en las PYMES del sector comercial de la ciudad de Tantoyuca, Veracruz, que comprende 804 empresas del sector comercial en las cuales se aplicaron 63 encuestas a los empleados, 230 pruebas de evaluación de desempeño del Capital Humano aplicadas a los gerentes bajo el método de elección forzada, para conocer el estado actual de las PYMES de acuerdo a la fórmula 1 y 2 respectivamente.

El tipo de investigación utilizada es de tipo cualitativo y cuantitativo discontinuo, documental y de campo, así como transversal.

Con base en la información obtenida en la encuesta y evaluación del desempeño se aplicó la herramienta “Cinco Por qué” para determinar la causa que está originando la problemática detectada, dicha herramienta consiste en realizar preguntas para explorar las relaciones de causa-efecto que generan un problema.

Así como también se hizo uso del diagrama de Ishikawa como complemento de los cinco porqués para analizar todos los factores que involucran la ejecución del proceso de inducción.

A continuación, se muestra la fórmula aplicada para determinar el número de personas a las cuales se les aplicarán las técnicas de recopilación de datos mencionadas, además de su estructura.

DATOS:

N=	118
z=	95%
p=	90%
q=	10%
D=	5%

FORMULA (1)

SUSTITUCIÓN:

$$n = \frac{(N)(Z)^2(P)(q)}{(d)^2(N-1)+(Z)^2(P)(q)} \quad n = \frac{(118)(1.96)^2(0.90)(0.10)}{(0.05)^2(118-1)+(1.96)^2(0.90)(0.10)} = 63$$

Por lo tanto, se aplicarán 63 encuestas.

N=	57
z=	95%
p=	90%
q=	10%
D=	5%

DATOS:

FORMULA (2)

SUSTITUCIÓN:

$$n = \frac{(N)(Z)^2(P)(q)}{(d)^2(N-1)+(Z)^2(P)(q)} \quad n = \frac{(57)(1.96)^2(0.90)(0.10)}{(0.05)^2(57-1)+(1.96)^2(0.90)(0.10)} = 30$$

Por lo tanto, se aplicarán 30 evaluaciones del desempeño

<b>Encuesta</b>			
<b>1.- ¿Existe en la organización un programa de inducción?</b>			
A) SI	B) NO	C) NO SÉ	
<b>2.- ¿Considera que un programa de inducción es representativo en su desempeño laboral?</b>			
A) SI	B) NO	C) NO SÉ	
<b>3.- ¿Se usan formatos de <u>registro durante el programa de inducción</u>?</b>			
A) SI	B) NO	C) NO SÉ	
<b>4.- ¿Realiza la empresa diagnóstico de necesidades de capacitación?</b>			
A) SI	B) EN OCASIONES	C) NUNCA	
<b>5.- ¿Recibiste información útil sobre productos, historia, políticas, valores y objetivos de la organización durante la inducción?</b>			
A) SI	B) NO	C) PARCIALMENTE	
<b>6.- ¿Eres capaz de manejar un equilibrio entre el trabajo y tu vida personal?</b>			
A) SIEMPRE	B) NUNCA	C) EN OCASIONES	
<b>7.- ¿La bienvenida que recibió en la empresa le generó motivación?</b>			
A) SI	B) NO	C) REGULARMENTE	
<b>8.- ¿Qué métodos se utilizan para la contratación de nuevo personal?</b>			
A) ENTREVISTA	B) PERFIL	C) HABILIDADES	D) OTROS _____
<b>9.- ¿Existe un reglamento o políticas dentro de la organización?</b>			
A) SI	B) NO	C) NO SÉ	
<b>10.- ¿Cuáles consideras que son las fortalezas y debilidades del programa de inducción aplicado por la empresa? (Si es que aplica)</b>			

Figura 1. Encuesta 1. Fuente: Elaboración propia.

**Evaluación del desempeño elección forzada.**

CONCEPTO	+	-
Conoce las actividades para los cuales fue contratado.		
Su comportamiento es dinámico.		
Tiene dificultad con los números.		
Teme a pedir ayuda.		

CONCEPTO	+	-
Es lento al momento de realizar las actividades.		
Se expresa con dificultad.		
Toma decisiones con criterio.		
Realiza eficientemente su trabajo.		

CONCEPTO	+	-
Tiene iniciativa al momento de realizar las actividades.		
Respeto las políticas establecidas en la organización.		
En su trabajo siempre hay errores.		
Presenta baja productividad.		

CONCEPTO	+	-
Es evidente que le gusta lo que hace.		
No tiene información adecuada.		
Es organizado en su trabajo.		
Tiene facilidad para trabajar en equipo.		

CONCEPTO	+	-
Sabe trabajar bajo presión.		
Su trabajo es de calidad.		
Solo hace lo que le ordenan.		
Es conflictivo.		

CONCEPTO	+	-
Mantiene buenas relaciones con los demás.		
Actitud desagradable para con sus compañeros de trabajo.		
Se comunica eficazmente.		
Es creativo.		

Figura 2 Evaluación del desempeño. Fuente elaboración propia.

**Resultados y Discusión**

A continuación, se presentan las gráficas arrojadas por la encuesta y la evaluación del desempeño aplicadas.

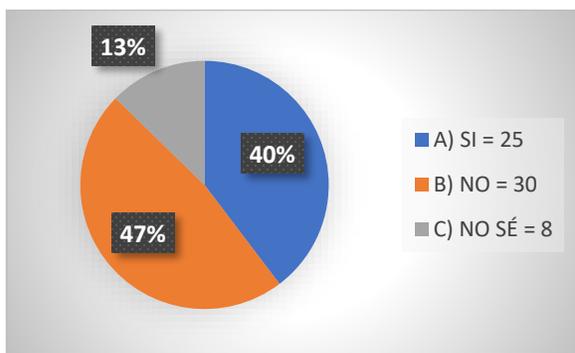
1.- ¿Existe en la organización un programa de inducción?

A) SI = 25

B) NO = 30

C) NO SÉ = 8

Gráfico 1. Programa de inducción.



Del total de la población encuestada el 47% menciona que la organización no cuenta con un programa de inducción, mientras que el 40% si lo maneja y un 13% no lo sabe.

Fuente: Elaboración propia.

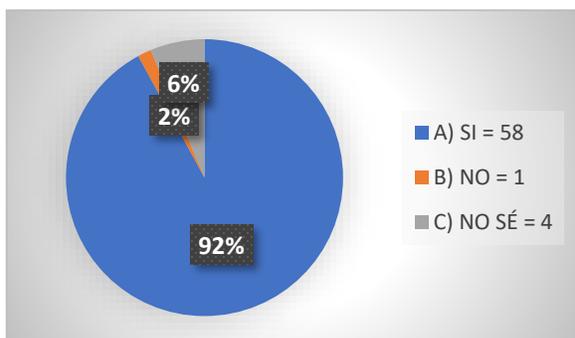
2.- ¿Considera que un programa de inducción es representativo en su desempeño laboral?

A) SI = 58

B) NO = 1

C) NO SÉ = 4

Gráfico 2. Manual de inducción.



El 92% de las personas encuestadas dice que un manual de inducción es representativo en su desempeño laboral y solo el 2% que no lo es.

Fuente: Elaboración propia.

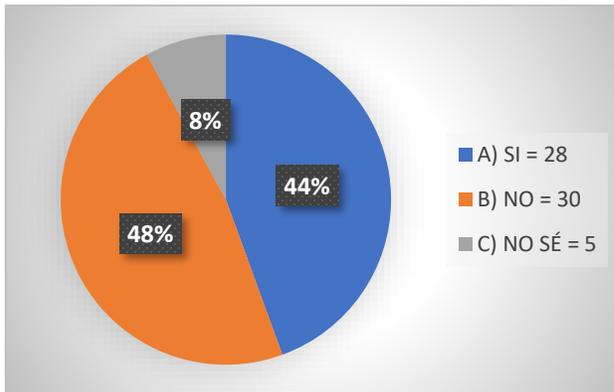
3.- ¿Se usan formatos de registros durante el programa de inducción?

A) SI = 28

B) NO = 30

C) NO SÉ = 5

Gráfico 3. Formatos de registros en el programa.



La mayor parte de la población con un 48% menciona que no se usan formatos de registros durante el programa de inducción, mientras que el 44% dice que si los utilizan.

Fuente: Elaboración propia.

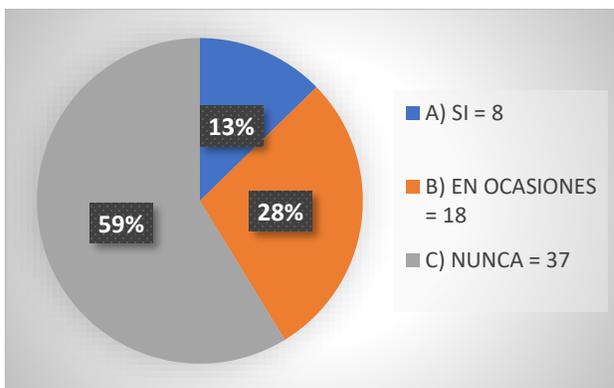
4.- ¿Realiza la empresa diagnósticos de necesidades de capacitación?

A) SI = 8

B) EN OCASIONES = 18

C) NUNCA = 37

Gráfico 4. Diagnóstico de necesidades de capacitación.



El 59% de los empleados menciona que nunca realizan en la empresa diagnósticos de necesidades de capacitación, mientras que el 28% dice que en ocasiones se lleva a cabo y solo el 13% que si se desarrolla.

Fuente: Elaboración propia

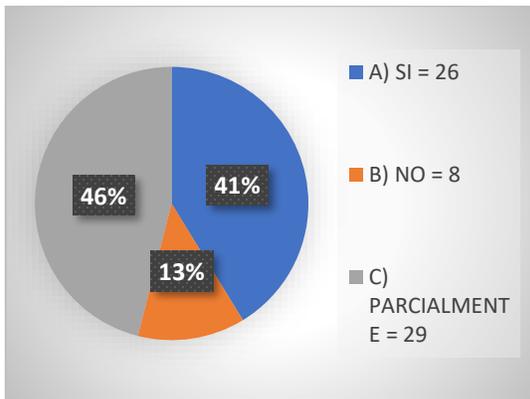
**5.- ¿Recibiste información útil sobre productos, historia, políticas, valores y objetivos de la organización durante la inducción?**

A) SI = 26

B) NO = 8

C) PARCIALMENTE = 29

Gráfico 5. Información sobre los productos y filosofía.



En el gráfico 5 se observa que el 46% de los empleados considera que en la Pyme en la que laboran se brinda parcialmente información útil sobre los productos y filosofía de la empresa durante la inducción, mientras que el 41% dice que sí y solo el 13% que no reciben la información.

Fuente: Elaboración propia.

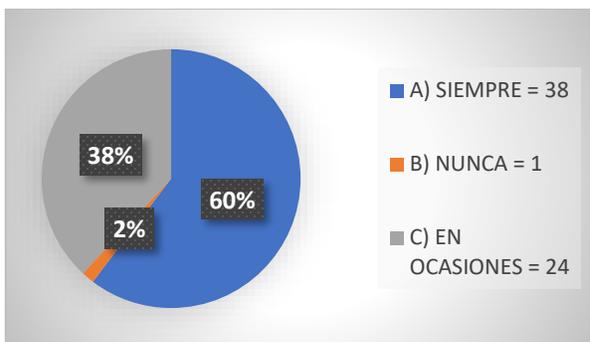
**6.- ¿Eres capaz de manejar un equilibrio entre el trabajo y tu vida personal?**

A) SIEMPRE = 38

B) NUNCA = 1

C) EN OCASIONES = 24

Gráfico 6. Equilibrio entre trabajo y vida personal.



Los empleados mencionan que siempre son capaces de manejar un equilibrio entre el trabajo y su vida personal con un 60%, mientras que el 38% dice que en ocasiones y solo un 2% que nunca lo hacen.

Fuente: Elaboración propia.

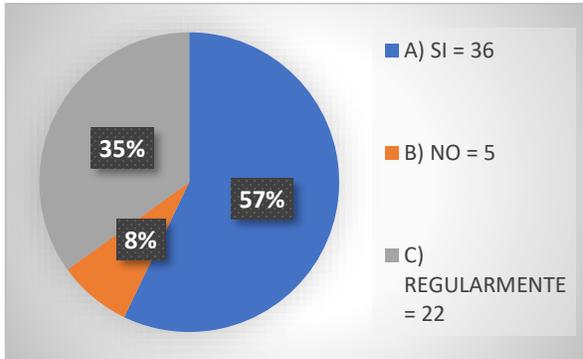
7.- ¿La bienvenida que recibió en la empresa le generó motivación?

A) SI = 36

B) NO = 5

C) REGULARMENTE = 22

Gráfico 7. Bienvenida realizada por la empresa.



Al 57% de los empleados encuestados les generó motivación la bienvenida que recibieron en la empresa donde laboran, mientras que al 35% regularmente y al 8% no.

Fuente: Elaboración propia

8.- ¿Qué métodos se utilizan para la contratación de nuevo personal?

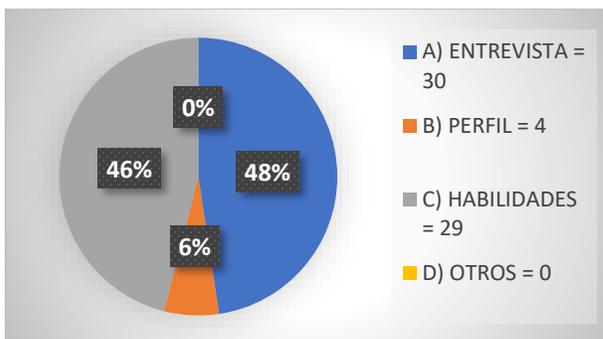
A) ENTREVISTA = 30

B) PERFIL = 4

C) HABILIDADES = 29

D) OTROS = 0

Gráfico 8. Métodos para la contratación



Los métodos utilizados para la contratación de nuevo personal en las Pymes de la ciudad según lo mencionado por los empleados es la entrevista con un 48% seguido de las habilidades con un 46% y solo un 6% menciona que el perfil.

Fuente: Elaboración propia

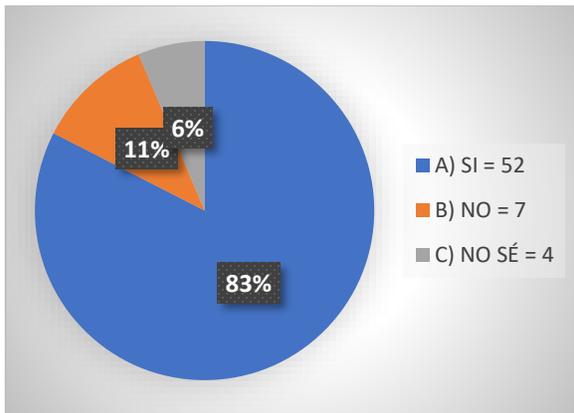
**9.-** ¿Existe un reglamento o políticas dentro de la organización?

A) SI = 52

B) NO = 7

C) NO SÉ = 4

Gráfico 9. Reglamento y Políticas



El 83% de los empleados menciona que si existe un reglamento y/o políticas dentro de la organización, seguido de un 11% que dice que no es utilizado y solo un 6% que desconoce esa información.

Fuente. Elaboración propia

**10.-** ¿Cuáles consideras que son las fortalezas y debilidades del programa de inducción aplicado por la empresa? (Si es que si aplica)

Se puede apreciar que los factores negativos detectados en las PYMES a través de la encuesta aplicada a los empleados y que se deben considerar en las técnicas utilizadas posteriormente para su análisis son: las organizaciones no cuentan con programas de inducción, no se usan formatos de registros durante el programa de inducción, nunca se realizan en la empresa diagnósticos de necesidades de capacitación, se brinda parcialmente información útil sobre los productos y filosofía de la empresa durante la inducción.

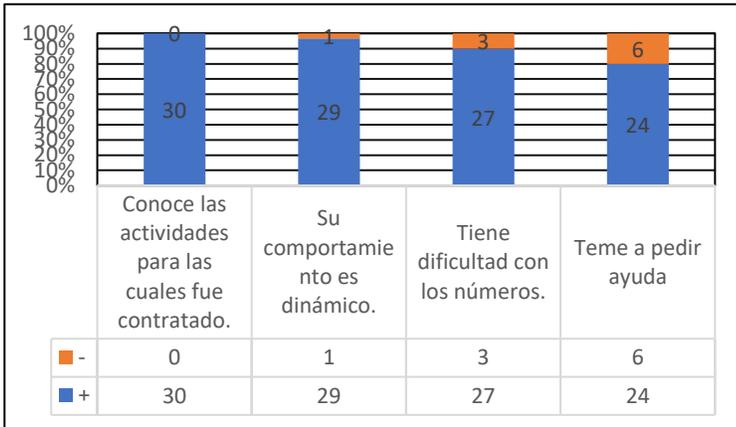
Como ya se mencionó, las PYMES no cuentan con un programa de inducción, por lo tanto, la pregunta número 10 de la encuesta no fue respondida. Existiendo evidencia de las 63 encuestas aplicadas.

**Evaluación del desempeño**

Tabla 1.

CONCEPTO	+	-
Conoce las actividades para las cuales fue contratado.	30	0
Su comportamiento es dinámico.	29	1
Tiene dificultad con los números.	27	3
Teme a pedir ayuda	24	6

Gráfico 10.

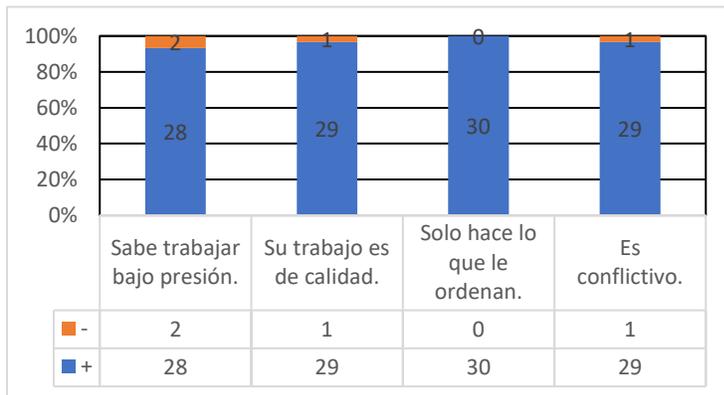


Del total de la población, la mayor parte con un total de 30 personas menciona que conoce las actividades para las cuales fue contratado, seguido del comportamiento dinámico que poseen con un total de 29 personas.

Tabla 2.

CONCEPTO	+	-
<b>Sabe trabajar bajo presión.</b>	<b>28</b>	<b>2</b>
<b>Su trabajo es de calidad.</b>	<b>29</b>	<b>1</b>
<b>Solo hace lo que le ordenan.</b>	<b>30</b>	<b>0</b>
<b>Es conflictivo.</b>	<b>29</b>	<b>1</b>

Gráfico 11.



Un total de 30 personas hace solo lo que se les ordena dentro de la organización, mientras que 29 personas dicen que el trabajo que desempeñan es de calidad, seguido de 28 que mencionan que saben trabajar bajo presión

Tabla 3.

CONCEPTO	+	-
Tiene iniciativa al momento de realizar las actividades.	27	3
Respeto las políticas establecidas en la organización.	29	1
En su trabajo siempre hay errores.	1	29
Presenta baja productividad.	29	1

Gráfico 12.

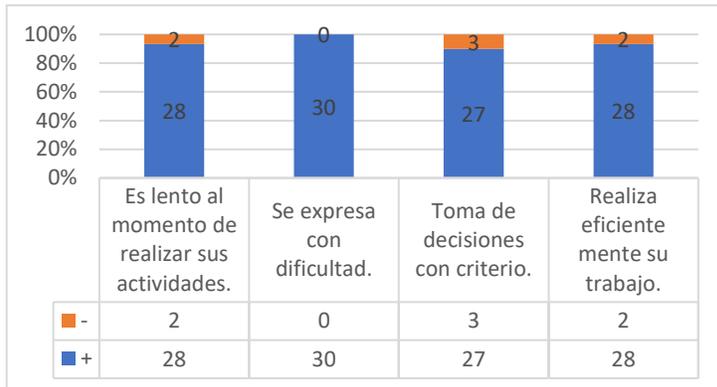


La mayor parte de la población respeta las políticas establecidas en la organización con un total de 29 personas, con el mismo número se encuentran aquellas que presentan baja productividad, seguido de 27 personas que dicen que tienen iniciativa al momento de realizar actividades en la empresa

Tabla 4.

CONCEPTO	+	-
Es lento al momento de realizar sus actividades.	28	2
Se expresa con dificultad.	30	0
Toma de decisiones con criterio.	27	3
Realiza eficiente mente su trabajo.	28	2

Gráfico 13.



La mayor parte de las personas entrevistadas dice que se expresa con dificultad con un total de 30 personas, seguido de la lentitud que presentan al momento de realizar sus actividades con 28 personas

Tabla 5.

CONCEPTO	+	-
<b>Es evidente que le gusta lo que hace.</b>	<b>30</b>	<b>0</b>
<b>No tiene información adecuada.</b>	<b>29</b>	<b>1</b>
<b>Es organizado en su trabajo.</b>	<b>29</b>	<b>1</b>
<b>Tiene facilidad para trabajar en equipo.</b>	<b>28</b>	<b>2</b>

Gráfico 14.

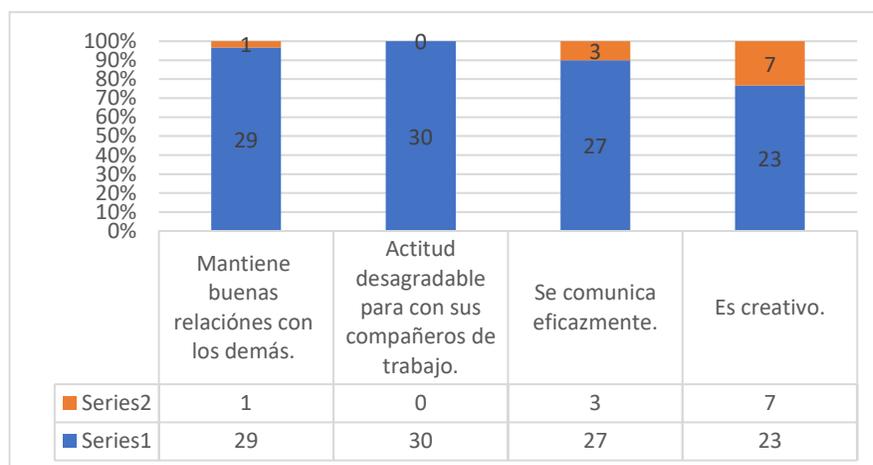


A un total de 30 personas les gusta lo que hacen dentro de la empresa, sin embargo seguido con un total de 29 personas mencionan que no se tiene información adecuada una vez que ingresa a laborar.

Tabla 6.

CONCEPTO	+	-
Mantiene buenas relaciones con los demás.	29	1
Actitud desagradable para con sus compañeros de trabajo.	30	0
Se comunica eficazmente.	27	3
Es creativo.	23	7

Gráfico 15.



Se muestra que un total de 30 personas mencionan que se tiene una actitud desagradable con sus compañeros de trabajo, seguido de un total de 29 personas que dicen mantener una buena relación con los demás.

En el análisis de resultados arrojados por la evaluación del desempeño aplicada a los gerentes de las PYMES, se tiene la siguiente información utilizada en las técnicas que se muestran a continuación: solo se realiza lo que se les ordena, se presenta baja productividad, se expresan con dificultad y presentan actitud desagradable con sus compañeros de trabajo.

En la tabla 7, se muestra la aplicación de los cinco por qué para el análisis de la situación que se considera es la principal problemática que presentan las PYMES del sector comercial de la ciudad de Tantoyuca, Veracruz.

Problema: Ausencia de un programa de Inducción en las PYMES del Sector comercial.

**Tabla 7 Técnica Cinco ¿Por qué?** Fuente: Elaboración propia.

Número	¿Por qué?	Causa
1	¿Por qué hay ausencia de programas de inducción?	Porque no existe un diagnóstico de necesidades en los empleados
2	¿Por qué no existe un diagnóstico de necesidades en los empleados?	Porque no se ejerce un buen liderazgo
3	¿Por qué no se ejerce un buen liderazgo?	Por falta de comunicación entre jefe y empleado.
4	¿Por qué existe falta de comunicación entre jefe y empleado?	Porque solo hacen lo que se les ordena.
5	¿Por qué solo hacen lo que se les ordena?	Por falta de compromiso e iniciativa por parte de los miembros de la empresa.

En la figura 3 se muestra el diagrama de Ishikawa en el cual se muestra las causas del problema definido.

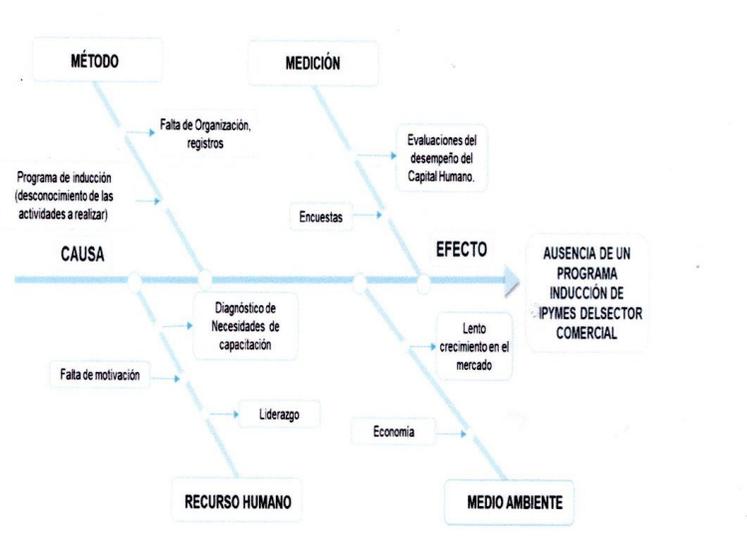


Figura 3. Diagrama de Ishikawa. Fuente: Elaboración propia.

A través del análisis de resultados de las técnicas aplicadas anteriormente es necesario definir acciones de mejora que puedan ser implementadas en un programa de inducción. Por lo tanto, se concluye que los puntos que debe contener dicho programa son los siguientes:

1. Detallar la planeación y organización que regirán las actividades realizadas en la empresa (formatos de registro, contratación).

2. Definir y dar a conocer la filosofía de la empresa (historia, misión, visión, objetivos, valores, políticas y cultura) para lograr en el trabajador sentido de pertenencia y exista iniciativa y compromiso por todos los miembros de la empresa.
3. Realizar un diagnóstico de necesidades de capacitación para detectar la carencia de habilidades en el empleado, disminuir el ausentismo y rotación de personal, incentivar la moral y motivación en el trabajo.
4. Desarrollar un liderazgo efectivo, incluyendo la bienvenida al empleado para promover un ambiente de pertenencia, confianza y compromiso.
5. Implementar el programa de inducción.

### **Conclusiones**

A partir del análisis realizado en el presente estudio es posible determinar que aplicar un proceso de inducción al personal de las PYMES del sector comercial es un punto clave, se contribuye al crecimiento de las mismas. Sin embargo se detectó a través del resultado de las encuestas que estas no cuentan con un programa de inducción formalmente establecido, pues no existe un liderazgo efectivo, las actividades no están enfocadas a satisfacer las necesidades del empleado, debido a que no existe compromiso e iniciativa por los propietarios de la empresa, lo que genera poco rendimiento, baja productividad y lento crecimiento en las empresas de este giro.

Se presenta una serie de puntos que se propone debería contener un programa de inducción, con la finalidad de que sean implementados, de tal forma que se eliminen las deficiencias que se detectaron y mejore la situación actual de las PYMES.

- Contar con manual de inducción de personal
- Formatos de registro de actividades del personal
- Evaluación del Desempeño del Capital Humano
- Implementar diagnóstico de necesidades de capacitación periódicamente
- Filosofía de la empresa
- Comunicación eficaz
- Programas motivacionales
- Liderazgo efectivo

## Agradecimientos

A las PYMES del sector comercial por las facilidades otorgadas durante la realización de la presente investigación.

Al Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca por su apoyo durante la realización del proyecto.

## Referencias Bibliográficas

- Barrera, D. H., Acosta, M. d., & Morales, J. A. (2016). *COMPETENCIAS DIRECTIVAS EN EL SECTOR INDUSTRIAL: MEDICIÓN DEL DESEMPEÑO EN EMPRESAS DE COAHUILA, MEXICO* . Coahuila, México.
- Escajadillo, A. M. (2017). *Inducción para el desempeño del personal de una Pyme de Lima. Estrategias de mejora para las empresas aplicando herramientas de Gestión*. Lima, Perú.
- Fonseca, J. G., & Torres, V. L. (2011). *Estudio sobre la Competitividad de Pymes del Sector Comercio Incubadas en Empreser de. Red Internacional de Investigadores en Competitividad*.
- Freire, A. K. (2013). “PROPUESTA DE UN MODELO DE GESTIÓN DE DESARROLLO ESTRATÉGICO PARA LAS PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS (PYMES) DEL SECTOR COMERCIAL DEL CANTÓN SANTO DOMINGO” . Santo Domingo, Ecuador.
- Gómez, J. G. (2019). *Diseño de un sistema de gestión del desempeño en una empresa PYME del sector comercial en Medellín. Medellín , Colombia*.
- LOPEZ. (2016). Recuperado el 9 de JUNIO de 2020
- Naranjo, L., & Jaramillo, O. (2010). *Gestión del talento humano en la micro, pequeña y mediana empresa vinculada al programa Expopyme de la Universidad del Norte en los sectores de confecciones y alimentos. Pensamiento y Gestión, 103-137*.
- Pérez Uribe, R. I. (ENERO de 2003). <https://www.redalyc.org/pdf/206/20604704.pdf>.
- Pérez Uribe, R. I. (s.f.). <https://www.redalyc.org/pdf/206/20604704.pdf>.

- Sánchez, I. A., Trejo, A. C., & Montiel, M. O. (2019). Modelo de responsabilidad social empresarial en la PYME, caso Tula-Tepeji, México. *TEPEXI boletín científico de la escuela superior Tepeji del Rio*, 48-65.
- Sansores, N. &. (2011). Recuperado el 20 de julio de 2020
- Uribe, R. P. (2013). PROPUESTA DE UN MODELO DE GESTIÓN HUMANA Y CULTURA ORGANIZACIONAL PARA PyMES INNOVADORAS. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, 46-65.
- Valenzuela, M., Vázquez, A. M., & Burgueño, R. (2016). Modelo de profesionalización para mejorar la competitividad de las empresas del sector comercial en el Valle de Mexicali . *Revista Internacional Administración y Finanzas* , 83-101.



**Optimización del Proceso Adición de  
Productos Químicos para la Minimización de  
Riesgos a través de un Sistema  
Semiautomatizado**

**Optimization of the Chemical Product  
Addition Process to Minimize Risks through a  
Semi-automated System**

Luis Alfredo Del-Rosal-Zavala<sup>1</sup>, Ilse Alejandra Estévez-Gutiérrez<sup>1</sup>,  
Eréndida Rivera-Del-Angel<sup>1</sup>, César David Rivera-Toscano<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca,  
Veracruz, México.

---

Recibido: 19-10-2020  
Aceptado: 14-12-2020

Autor correspondal: [ilse.estevez@itsta.edu.mx](mailto:ilse.estevez@itsta.edu.mx)

## Resumen

La seguridad industrial en una organización es de vital importancia, ya que toda empresa debe de tener siempre claros los aspectos de responsabilidad que tiene con los trabajadores. Para esto se debe de tener en cuenta las medidas necesarias para generar un ambiente de trabajo seguro.

Es por esto implementa un sistema semiautomatizado para la adición de sustancias químicas, ya que en la empresa donde se implementó se trabaja con sustancias como; ácido nítrico, ácido sulfúrico e hidróxido de sodio. Por lo que se efectuó un análisis para determinar los factores que influyen en la generación de riesgo. Este sistema permite la dosificación de sustancias las cuales se conducen de manera segura y controlada desde un tanque instalado en la parte inferior hasta los tanques del proceso a una altura de 2.40 mts, este sistema sustituyo al sistema anterior de adición, ya que se efectuaba de manera manual, es decir los operarios se encargaban de efectuar el vaciado de las sustancias lo que podría ocasionar riesgos a la salud de suma importancia.

**Palabras clave:** Riegos, Seguridad, Salud, Semi automatización.

## Abstract

Industrial safety in an organization is of vital importance, since every company must always be clear about the aspects of responsibility it has with workers. For this, the necessary measures to generate a safe work environment must be taken into account.

This is why it implements a semi-automated system for the addition of chemical substances, since the company where it was implemented works with substances such as; nitric acid, sulfuric acid, and sodium hydroxide. Therefore, an analysis was carried out to determine the factors that influence the generation of risk. This system allows the dosing of substances which are conducted in a safe and controlled way from a tank installed in the lower part to the process tanks at a height of 2.40 meters, this system replaced the previous addition system, since it was carried out in Manual way, that is, the operators were in charge of emptying the substances, which could cause very important health risks.

**Keywords:** Risks, Safety, Health, Semi automation.

## Introducción

De acuerdo con (Arias Gallegos, 2012) indica los actos que ponen en peligro la integridad de los trabajadores siempre ha existido, por lo que el hombre siempre ha tenido la necesidad de protegerse en estas condiciones o circunstancias de riesgo en el trabajo. Aunque históricamente hablando, el tema de la producción ha tenido mayor importancia que la seguridad, ya que es sólo recientemente que el hombre, como persona natural y como persona jurídica, ha tomado conciencia de la importancia que reviste la salud ocupacional y la seguridad en el trabajo.

En la presente investigación se muestra un caso de implementación de un sistema semiautomatizado para la adición de productos químicos, derivado a la privacidad y confidencialidad de el organismo donde se implementó la investigación, la empresa se denominará como “*Organismo de productos químicos*”.

En la empresa “Organismo de Productos Químicos”. la adición de productos químicos; ácido nítrico, ácido sulfúrico e hidróxido de Sodio(Sosa Caustica), se realiza de manera manual, representando un sin número de actos y condiciones inseguras, que pueden detonarse en un accidente, provocando quemaduras por agentes químicos, por derrames al momento de vaciar los ácidos en los recipientes para posteriormente ser agregados a los tanques del proceso o cuando la persona encargada de hacerlo se posiciona sobre ellos para verter los ácidos , teniendo riesgo de caer al interior de estos teniendo consecuencias fatales. Los tanques están a 2.40 metros de altura, para la realización de la adicción, los porrones (garrafas) tienen que ser elevados a esa altura, el peso de estos oscila entre los 30 y 60 kilogramos, con algunas variaciones dependiendo de la cantidad requerida. Para verter los químicos a los tanques, son vaciados de los porrones a cubetas de 20 litros, existen registro de accidentes que se ocasionaron por el rompimiento del asa de estas, derramando su contenido sobre la persona que realizaba el proceso.

El diseño e implementación del sistema semiautomatizado de adición de productos químicos tiene como objetivo minimizar los riesgos al momento de realizar la adición. Este este compuesto por de bombas dosificadoras, tanques que contienen los ácidos y un sistema de mangueras que conducen los ácidos hasta los tanques del proceso. Este sistema semiautomatizado de adición está acompañado de señalamientos de seguridad y de inspección constante en la verificación del uso del EPP (Equipo de Protección Personal).

**Materiales y métodos**

Los riesgos de seguridad y salud ocupacional afectan la capacidad de desempeño de las organizaciones y, por lo tanto, sus resultados esperados. Como puede verse, la verdadera gestión de la seguridad y salud ocupacional implica la fe en el liderazgo de la organización, así como la comprensión de la rentabilidad económica y social que tanto implica el diseño de sistemas de trabajo sostenibles punto de vista humano como productivo. El diseño e implementación de la gestión de riesgos laborales depende de las necesidades particulares de cada organización, sus objetivos específicos, contexto, estructura, operaciones, procesos operativos, proyectos y servicios (Molano Velandía & Arévalo Pinilla , 2013).

La presente investigación se llevo a cabo en la empresa “Organismo de Productos Químicos”, donde se llevo a cabo la optimización del proceso de adición de sustancias en los tanques a través de un sistema semiautomatizado, esto con la finalidad de minimizar los riesgos laborales en dicha empresa. En la línea de anodizado, se lleva a cabo el proceso de adición de productos químicos como son; Ácido Nítrico, Ácido Sulfúrico e Hidróxido de Sodio (sosa caustica), estos tienen el objetivo de proporcionar a los tanques de anodizado las características necesarias para llevar correctamente el proceso antes mencionado. La concentración de estos químicos determina el correcto procesamiento de las piezas de aluminio introducidas en los tanques. Al momento de realizar este proceso, surgen riesgos que ponen en peligro la vida de los trabajadores.

**Diagrama de Ishikawa:** se identifican las causas que ocasionan riesgos en el proceso en adición de ácido nítrico, Hidróxido de Sodio (sosa caustica) y ácido sulfúrico en la línea de Anodizado. El Ishikawa se representa y analiza la relación entre un efecto (problema) y sus posibles causas (Gutiérrez Pulido, 2010).

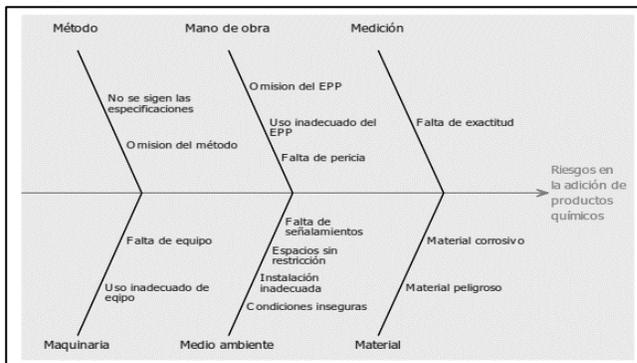


Figura 1. Diagrama de Ishikawa  
Fuente: De los autores.

**Matriz de Riesgos:** se llevó a cabo una matriz de riesgos ya es un método que permite la estimación del riesgo el RMPP (Risk Management and Prevention Program) que consiste en determinar la matriz de análisis de riesgos en base a los valores asignados a la probabilidad de consecuencias (Cortés Díaz , 2007). La matriz se aplicó en la Línea de Anodizado dando como resultado los siguiente:

- Adición de productos químicos ((Alto Riesgo (6-9) Magnitud 9).
- Vaciado de productos químicos ((Alto Riesgo (6-9) Magnitud 9).
- Elevación de los porrones ((Medio Riesgo (3-4) Magnitud 3).
- Tránsito de trabajadores en la parte inferior de la línea ((Bajo Riesgo (1-2) Magnitud ).

Por lo que las dos actividades con mas alto riesgo en su ejecución son la adición y el vaciado de los productos quimicos, esto se atribuye a la exposición y el procedimiento que ejecutan los trabajadores para efectuar la actividad.

IDENTIFICACIÓN DE PELIGRO				EVALUACIÓN DE RIESGOS								MEDIDAS DE CONTROL
AREA	ACTIVIDAD	PELIGRO	RIESGO	CONSEC.	VALOR	PROBAB.	DESCRIPCIÓN	VALOR	CONSEC.	DESCRIPCIÓN	MAGNITUD DEL RIESGO (MR)	
Línea de Anodizado	Elevación de los porrones	Porron	Peso de los porrones: 40 a 60 kg elevados a 2.40, la actividad de realiza de manera manual.	Afectaciones musculosqueleticas	3	Alta	El evento ocurre siempre o casi siempre	1	Baja	se produce una lesión o enfermedad que no genera días perdidos	3	Eliminación
Línea de Anodizado	Vaciado de productos químicos	Acidos y cubeta	Exposición a derrames	Quemaduras	3	Alta	El evento ocurre siempre o casi siempre	2	Medio	se genera una lesión o enfermedad que genera días perdidos	6	Eliminación
Línea de Anodizado	Adición de productos químicos	Acido Nitrico, Acido Sulfurico y Sosa Caustica	Risgo de caer a los tanques.	Quemaduras	3	Alta	El evento ocurre siempre o casi siempre	3	Alta	Se genera invalidez o incluso la muerte	9	Sustitución
Línea de Anodizado	Tránsito de trabajadores en la parte inferior de la línea	Acido Nitrico, Acido Sulfurico y Sosa Caustica	Exposición a derrames	Quemaduras	1	Baja	El evento ocurre algunas veces	2	Medio	se genera una lesión o enfermedad que genera días perdidos	2	Señalización

Figura 2. Implementación de matriz de riesgos a la línea de anodizado.  
Fuente: De los autores.

**Diagrama de Pareto:** de acorde a la matriz de riesgo y para obtener un mejor enfoque de los problemas que ocasiona el sistema de producción actual en la línea de anodizado se implementa el diagrama de Pareto (Ver Figura 3), el cual indica que hay muchos problemas menores en lugar de solo serlos. Dado que normalmentel el 80% de los resultados totales provienen del 20% de los items (Sales , 2013).

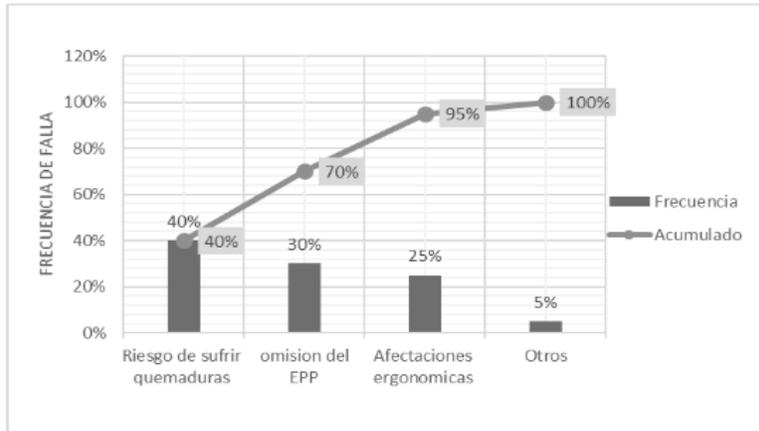


Figura 3. Diagrama de Pareto a la línea de anodizado.

Fuente: De los autores.

En la Figura 3 se muestra que el 40% representa los errores por quemaduras por la manipulación de químicos, el 70% que es una de las causas más latentes se deben a la omisión de los trabajadores en portar su equipo de protección personal, mientras que con el 95% de las fallas acumuladas se deben a causas ergonómicas y el 100% se atribuye a otras causas.

**Identificación de actos y condiciones inseguras en la línea de anodizado:** analizando las actividades que se ejecutan en la línea se puede determinar lo siguiente:

**Acto inseguro:** Con base en la (STPS, 2008) y en la NOM-017-STPS-2008, establece que al realizar actividades de manejo de sustancias químicas peligrosas, se use el siguiente Equipo de Protección Personal (EPP), anteojos de protección clase D, Guantes clase A Tipo 1 contras sustancias químicas, mandil contra sustancias químicas, calzado contra sustancias corrosivas al momento de realizar la adición de productos químicos a los tanques de anodizado o tomar las muestras para la realización de las marchas analíticas (para determinar la concentración de los ácidos en los tanques del proceso) el equipo de protección personal no es usado de manera correcta, aun conociendo los daños que pueden provocar, se opta por no usarlo teniendo una alta posibilidad de sufrir derramamos y quemaduras (Figura 4)



Figura 4. Uso incorrecto y/u omisión del EPP (Equipo de Protección Personal).  
Fuente: De los autores.

La NOM-005-STPS-1998, establece que el transporte y manipulación de sustancias corrosivas, irritantes o tóxicas en el lugar de trabajo se realiza a través de un sistema de tuberías, cuando se realiza la adicción la persona encargada, vierte los ácidos mientras está posicionada sobre el borde de los tanques, ya que no existe otra alternativa para realizar la actividad, corriendo el riesgo de caer en ellos.



Figura 5. Riesgo de caer a los tanques, al realizar la adicción.  
Fuente: De los autores.

**Condición Insegura:** Con base en la (STPS, 2008) y en la NOM-005-STPS-1998, establece que el transporte y manejo de sustancias corrosivas, irritantes o tóxicas en los centros de trabajo que se realice a través de envases portátiles, éstos deben estar cerrados para evitar que su contenido gotee o fugue, debe elaborarse en envases específicos, fabricados con materiales compatibles con la sustancia en cuestión.

La falta de equipo apropiado para manejar los químicos al vaciar los ácidos del porrón a una cubeta para realizar la audición ha ocasionado accidentes en los cuales los afectados han sufrido lesiones por quemaduras en la piel. (Figura 6).



Figura 6. Riesgo de caer a los tanques, al realizar la adición.  
Fuente: De los autores.

El mover los porrones desde el nivel del piso a los 4.20 metros de altura en el cual se encuentra la línea, provoca afectaciones musco-esqueléticas, ya que el peso recomendado es de 23 kilogramos (Ver Figura 7), según el Instituto Nacional para la Salud y Seguridad Ocupacional (NIOSH) y la cantidad que es subida a la línea de Anodizado va desde 30 a 60 kilogramos (Ruiz Ruiz, 2011).



Figura 7. Elevación de los porrones de ácidos a la línea de anodizado.  
Fuente: De los autores.

**Check list:** Es muy importante que las listas de verificación sean claras y contengan todos los aspectos que pueden aportar información de interés para la empresa (Excellence, 2018). Se implementó para determinar e identificar las necesidades del área de anodizado en el proceso de adición de productos químicos en la línea, basadas en lo establecido según las NOM-026-STPS-2008, NOM-017-STPS-2008, NOM-005-STPS1998.

Tabla 1. Implementación del Check list en el área de anodizado.

Especificaciones	Cumple	No Cumple	Observaciones
Señalamientos de uso de EPP		X	
Señalamientos de Área restringida		X	

Identificación de fluidos conducidos por tuberías		X	
Delimitación de áreas restringidas	X		
Identificación de recipientes que contengan sustancias químicas peligrosas		X	
Uso de anteojos de protección contra riesgos de proyección de líquidos.		X	Se cuenta con el EPP requerido, pero se omite su uso
Uso de guantes contra sustancias químicas corrosivas			Se cuenta con el EPP requerido, pero se omite su uso
Mandil contra sustancias químicas corrosivas		X	se cuenta con el EPP requerido, pero se omite su uso
Uso de calzado contra sustancias corrosivas		X	Se cuenta con el EPP requerido, pero se omite su uso
Instalación adecuada		X	
Verificación del uso del EPP		X	
Verificación para identificar actos inseguros		X	
verificación del seguimiento del método establecido	X		
Materiales adecuados para el manejo de sustancias químicas peligrosas		X	No se utilizan materiales improvisados

Fuente: los Autores.

Eliminación de condiciones inseguras: La adición se realizaba en la parte superior de la línea a una elevación de 2.40 metros, en la parte inferior existía tránsito de personal, lo cual aunado a los riesgos de sufrir un accidente al momento de adicionar (como se observa en la identificación de actos y condiciones inseguros), se sumaría que al vaciar los ácidos en las cubetas pueden derramarse sobre el personal que realiza actividades en la parte inferior de esta área. En la figura 8 se muestra la distribución y la línea de anodizado anterior.

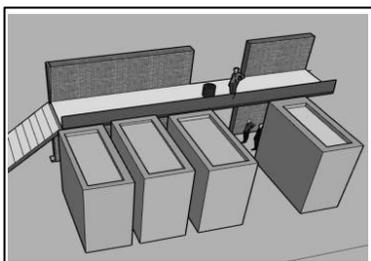


Figura 8. La adición de sustancias químicas se realizaba en la parte superior.  
Fuente: De los autores.

Analizando el área de trabajo se consideró, realizar el sistema semiautomatizado de adición en la parte inferior de la línea de anodizo ya que esta zona está libre permitiendo colocar el sistema de en ese lugar, brindando la posibilidad de restringir el área y tomando en cuenta que se tiene el espacio suficiente para colocación de este.

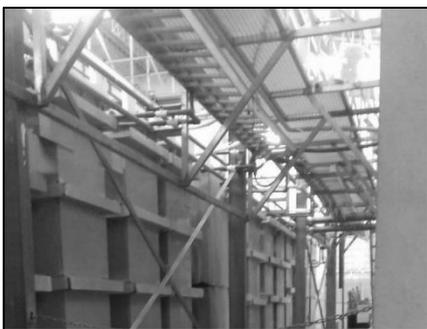


Figura 9. La adición de sustancias químicas se realizaba en la parte superior.  
Fuente: De los autores

**Diseño del sistema semiautomatizado de adición de productos químicos:** La creación del sistema semiautomatizado de adición, se inicia con la búsqueda de materiales aptos para el manejo de sustancias corrosivas (Ver Anexo 2) y tomando en cuenta el espacio destinado para la instalación del sistema expresado en el punto anterior. Se presenta un diseño semiautomatizado de adición de productos químicos ácido nítrico, ácido sulfúrico e hidróxido de sodio (sosa caustica) en la línea de anodizado reduciendo condiciones inseguras y apegado a las especificaciones de las NOM-005-STPS y NOM-026-STPS.

Está compuesto por un tanque donde son depositados los químicos, una bomba dosificadora, una base para las bombas, mangueras, sensores de nivel y lámparas indicadoras, (Ilustración 21) el sistema se compone de 4 dispositivos de adición los cuales esta dirigidos hacia los tanques de ácido nítrico, ácido sulfúrico e hidróxido de sodio (Ilustración 22), mediante mangueras los ácidos son elevados y llevados a los tanques del proceso (Ilustración 23).

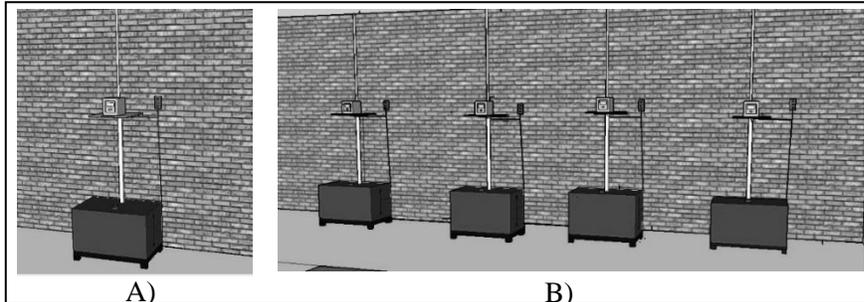


Figura 10. A) sistema de adición y B) Sistema compuesto por 4 dispositivos.  
Fuente: De los autores.

**Diseño de tanque:** De acuerdo con la norma **NOM-005-STPS-1998**; que establece que los contenedores que contienen sustancias químicas peligrosas en forma líquida a presión atmosférica deben llenarse hasta un máximo del noventa por ciento de su capacidad.

Se presenta el diseño de los tanques para la contención de los ácidos, los cuales cuentan con sensores de nivel, que indican el 90% y 10% de la capacidad del tanque. Los sensores mandaran la señal a las lámparas piloto que indicaran lo siguiente: la lampara verde indica que el sistema de adicción este encendido, la lampara amarilla indica el 90% de la capacidad del tanque y la lampara roja indica que el nivel del tanque se encuentra 10% de su capacidad.

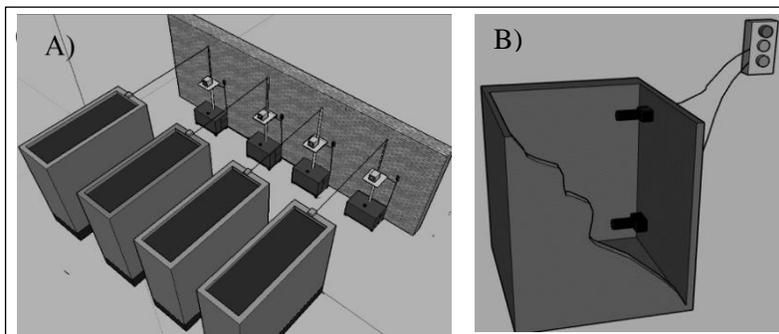


Figura 11. A) Distribución del sistema para la conducción de los ácidos y B) Diseño del tanque con los sensores de nivel.  
Fuente: De los autores.

## Resultados y discusión

Con la implementación del sistema semiautomatizado de adición de productos químicos, el cual fue diseñado y fabricado, se logro la minimización de los riesgos de sufrir accidentes como lo son; quemaduras cutáneas, afectaciones ergonómicas, ocasionadas por llevar a cabo de manera completamente manual el proceso de adición de productos químicos, ácido sulfúrico, ácido nítrico e hidróxido de sodio, que de acorde al diagrama de pareto que se muestra en la Figura 3, estas son las principales actividades que ocasionaban errores.

Con la implementación del sistema semiautomatizado de adición, se erradican las condiciones inseguras, las afectaciones ergonómicas y los actos inseguros (omisión de uso del EPP) se mantendrá una supervisión para constatar que es usado correctamente que de acorde a la matriz de riesgos (ver Figura 2), se determino que dos de las principales actividades que ocasionaba accidentes era el vaciado y adición de sustancias químicas.

De acorde a las NOM-026-STPS-2008, NOM-017-STPS-2008, NOM-005-STPS1998, se efectuaron los señalamientos en las tuberías que conducen las sustancias, se puede identificar claramente que químico está corriendo dentro de ella, grado de peligrosidad, hacía que proceso o actividad va dirigida y la dirección de esta. Además de la restricción solo para personal autorizado y los señalamientos que convierten el lugar y la actividad en segura, minimizando así los riesgos en el proceso de adición de productos químicos en la línea de



Figura 12. Implementación del sistema semiautomatizado en la línea de anodizado.  
Fuente: De los autores.

**Comparación de tiempos en el proceso de adición;** Se transporta el porrón de ácidos del almacén a la báscula para ser pesado, se transporta al área de adición (en la parte inferior de la línea de anodizado), se agregan los químicos a los tanques, se enciende el sistema de adición. Con la implementación del método actual se tiene una reducción de tiempo de 6.30 minutos por químico adicionado (Por tanque), la reducción total es de 25.2 minuto considerando los 4 Tanques.

Actividad	Tiempo	Actividad	Tiempo
Transportar el porron del almacen a la bascula	2min	Transportar el porron del almacen a la bascula	2 min
Pesar los químicos	4 min	Pesar los químicos	4 min
Transportar el porron a la escalera de la linea	1 min	Transportar el porron a el área de adición	1.5 min
Subir el porron por la escalera	2 min	Agregar los químicos a los tanques	1 min
Vaciar el contenido en una cubeta	1 min	encender el sistema de adición	40 seg
Agregar el ácido en los tanques del proceso	5 min	total	8.30 min
total	15 min		

A) B)

Figura 13. A) Tiempos para la adición en un tanque con el sistema anterior, B) Tiempos para la adición de un tanque con el sistema propuesto e implementado.

Fuente: De los autores

## Conclusiones

Se implemento un sistema de semiautomatizado de adición de productos químicos en la línea de anodizado en el “organismo de productos químicos” con el objetivo de minimizar los riesgos que se generan en el proceso de adición de ácido nítrico, ácido sulfúrico e hidróxido de sodio y con ello dar cumplimiento a la NOM-026-STPS-2008, NOM-017-STPS-2008, NOM-005-STPS1998, para el manejo de sustancias químicas peligrosas. Se logro minimizar eliminar las dos actividades más peligrosas que de acorde a la matriz de riesgos se obtuvo, la cuales eran el vaciado y adición de sustancias químicas, ya que con el proceso anterior el trabajador lo efectuada de forma manual y donde el riesgo del trabajar en caer en los tanques era muy alto.

Tomando en consideración el análisis entre la implementación de sistema vs si ocurriera un accidente, creando un tabulador de costos de incapacidades donde se denotan la incapacidad temporal, permanentemente parcial, permanente total y la muerte. Observando la viabilidad del sistema, el costo de este es menor que los costos de incapacidad, concluyendo que el sistema de adición de productos químicos implantado se cumple con los objetivos planteados.

Se recomienda tener ordenada el área de trabajo, realizar inspecciones periódicas para detectar alguna falla en el sistema para corregirlo de inmediato, así como para verificar el uso del EPP.

## Referencias bibliográficas.

- Arias Gallegos, W. L. (2012). Revisión Historica de la Salud Ocupacional y la Seguridad Industrial . *Revista cubana de salud y trabajo* , 45-52.
- Cortés Díaz , J. M. (2007). *Técnicas de Prevención de Riesgos Laborales Seguridad e Higiene del Trabajo*. Madrid: Editorial TEBAR.
- Excellence, I. (8 de Marzo de 2018). *Plataforma Tecnológica para la Gestión de la Excelentecia* . Obtenido de Blog Calidad y Excelencia :  
<https://www.isotools.org/2018/03/08/que-es-un-checklist-y-como-se-debe-utilizar/>
- Gutiérrez Pulido, H. (2010). *Calidad Total y Productividad*. Mexico: McGRAW-HILL.
- Molano Velandía, J. H., & Arévalo Pinilla , N. (2013). De la salud ocupacional a la gestión de la seguridad y salud en el trabajo: más que semántica, una transformación del sistema general de riesgos laborales. *INNOVAR. Revista de Ciencias Administrativas y Sociales*, 21-31.
- Ruiz Ruiz, L. (14 de Diciembre de 2011). *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo*. Obtenido de  
<https://www.insst.es/documents/94886/509319/EcuacionNIOSH.pdf/7a77a651-ee8e-436c-9bd7-a171d90b9320>
- Sales , M. (2013). *EALDE Business School*. Obtenido de  
[https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/44144377/Diagramde\\_pareto.pdf?1459094327=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DDiagrama\\_de\\_Pareto.pdf&Expires=1603138266&Signature=bnaikadmYjJEsVWzXamIpPJlZuaTxuE6ac3kQAhoXwuOvwfA7wHvMWPT6SIfbVQfFD3YnNb92](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/44144377/Diagramde_pareto.pdf?1459094327=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DDiagrama_de_Pareto.pdf&Expires=1603138266&Signature=bnaikadmYjJEsVWzXamIpPJlZuaTxuE6ac3kQAhoXwuOvwfA7wHvMWPT6SIfbVQfFD3YnNb92)
- STPS, S. (9 de Diciembre de 2008). *Secretaría de Trabajo y Previsión Social*. Obtenido de Norma Oficial Mexicana NOM-017-STPS-2008:  
<http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/normatividad/normas/Nom-017.pdf>



## **Análisis económico financiero para la valoración de un dispositivo esquelético**

### **Financial economic analysis for the valuation of a skeletal device**

Arturo Barbosa-Olivares<sup>1</sup>, Ma. Cristina Guerrero-Rodríguez<sup>1</sup>, Francisco  
Javier Aguirre-Hernández<sup>1</sup>, Arturo Barbosa-Moreno<sup>1</sup>, Jessica Michelle  
Grimaldo-Nájera<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Veracruz, México.

---

Recibido: 25-09-2020  
Aceptado: 01-12-2020

Autor correspondal: [carlos.mar.orozco@gmail.com](mailto:carlos.mar.orozco@gmail.com)

## Resumen

El presente artículo describe el proceso de análisis y desarrollo de la valoración de un análisis financiero en el cual se pretende realizar un dispositivo mecánico para personas con discapacidad que les permita moverse sin depender de terceras personas.

El desarrollo de este se llevará a cabo con la ayuda de las herramientas financieras específicamente centrada en la contabilidad de costos para saber cuánto invertirá la empresa y los estados financieros para conocer la situación económica a enfrentar.

El objetivo general de esta investigación es analizar los resultados obtenidos del análisis financiero para ver cómo sería la relación económica de dicho proyecto y poder verificar la viabilidad y rentabilidad del mismo.

**Palabras clave:** Análisis financiera, Economía y Estrategia.

## Abstract

This article describes the process of analysis and development of the assessment of a financial analysis study in which it is intended to make a mechanical device for people with disabilities that allows them to move without depending on third parties.

The development of this will be carried out with the help of financial tools specifically focused on cost accounting to know how much the company will invest and the financial statements to know the economic situation to face.

The general objective of this research is to analyze the results obtained from the financial analysis to see what the economic relationship of said project would be like and to be able to verify its viability and profitability.

**Keywords:** financial analysis, economics and strategy.

## Introducción

La historia de personas con alguna discapacidad resulta ser la misma desde la antigüedad, han sufrido de abusos, acoso y discriminación que recae sobre lo que se considera en la sociedad como “diferente”, con el tiempo se han ido moderando ese tipo de sucesos, pero eso no quiere decir que se hayan terminado, puesto que, en algunas personas, aunque no sean rechazadas por la sociedad, se rechazan así mismos por no poder hacer una vida cotidiana normal como las demás personas, su autoestima baja y eso hace que caigan en una atmósfera de ansiedad, tristeza y depresión.

Siempre ha habido personas con alguna dificultad para caminar y al paso del tiempo se han ido desarrollando diferentes tipos de artefactos que ayuden a las personas a caminar sin necesitar de terceras personas.

El primer artefacto fue el bastón. Siendo un artefacto rudimentario, cumplía la función básica para la cual era diseñado. El próximo en aparecer fueron las muletas, estas no han cambiado mucho desde su existencia, simplemente han ido mejorando los materiales de las cuales están hechas con el fin de ofrecer mayor resistencia, seguridad, comodidad y ligereza al utilizarlas y lo último fueron las andaderas las cuales han tenido mayor evolución en cuanto a diseño, material y funcionalidad, su función principal sigue siendo la de ayudar a las personas a moverse, pero estas cada vez son más ergonómicas, más cómodas, ligeras, con frenos, puños anatómicos, ruedas y algunas ya cuentan con asiento.

Por ello, se presenta el siguiente estudio para evaluar la factibilidad de un estudio mecánico que se enfoque en ayudar a las personas que tengan dificultad para caminar y a las personas de la tercera edad. Esto con el fin de que puedan valerse por sí mismas y su calidad de vida mejore significativamente.

Para el desarrollo de la investigación se revisaron los antecedentes de proyectos similares como lo es la silla bipedestadora para personas con movilidad restringida grado IV en las extremidades inferiores con capacidad de carga de 100kg (Ufps 2020) y se aplicó el conocimiento sobre la ingeniería económica el cual es un punto medular en la toma de decisiones ya que según (Degarmo 2004) contribuye a obtener un aprovechamiento efectivo de todos los recursos físicos, legales y monetarios con los que se dispone, sabiendo que esta implica “formular, estimar y evaluar los resultados económicos para llevar a cabo un propósito definido” (Engineering Economy 2006), es decir, que la ingeniería económica es

un conjunto de técnicas matemáticas que simplifican las comparaciones económicas con el fin de proveer un bien con un costo asequible. Mismo con lo que se procedió a realizar la búsqueda de los conceptos pertinentes para realizar el estudio financiero, principalmente:

- El capital de trabajo el cual se aplica la fórmula que indica el “recurso monetario a corto plazo con el que cuenta la empresa para realizar todas sus operaciones normales de acuerdo a su giro”. (Roman, 2012)
- El presupuesto de efectivo para calcular las entradas y salidas de efectivo, en oposición a los ingresos y gastos que se reportan para calcular las utilidades netas, generadas por una empresa durante algún periodo en específico. Así lo afirma (Besley, 2001).
- Fuentes de Financiamiento que puede definirse según (Gómez, 2007) como la obtención de recursos o medios de pago, que se destinan a la adquisición de los bienes de capital que la empresa necesita para el cumplimiento de sus fines.
- Inversión total de activos fijos parte de la inversión inicial que es el dinero que necesitan los propietarios de la empresa para iniciar el negocio. Este dinero es utilizado para cubrir los costos iniciales. (Lifeder 2019)

Se procede al cálculo de:

- 1) El costo total de comprar la maquinaria partiendo de las unidades necesarias.
- 2) El costo total de adquirir el equipo de oficina para la empresa partiendo de las unidades necesarias de cada concepto.
- 3) El costo total del equipo de seguridad para el personal partiendo de las unidades necesarias.
- 4) El costo total de adquirir la materia prima para la elaboración del dispositivo mecánico, cada material se busca con relación a precio-calidad.
- 5) El total de la inversión de los activos fijos de manera mensual y anual.
- 6) El monto total de inversión de manera anual tomando en cuenta los activos fijos, depreciación y los activos diferidos.
- 7) La amortización que se define como “la pérdida del valor de los activos o pasivos con el paso del tiempo” (Debitoor, 2020), tomando en cuenta las ventas, costos, utilidad, ISR IETU y la depreciación.

## **Materiales y métodos**

### A) Herramientas Financieras: Contabilidad de Costos.

La cual permitirá saber y controlar los gastos de la empresa, es importante el uso de ella para llevar un mejor manejo y seguridad del dinero destinado a cubrir las necesidades, de igual manera sirven para organizar los estados financieros, en este caso aplicada al análisis de costos y margen de beneficio para:

1. encontrar la mejor opción y adquirir los materiales y/o productos necesarios al buscar con distintos proveedores o sitios de venta.

Y así mismo calcular:

2. El costo total de la maquinaria a utilizar para la elaboración del producto, el costo total del equipo de oficina necesario para trabajar, el costo total del equipo de seguridad tanto para el personal como para el lugar de trabajo y el costo total de la materia prima, todos ellos obtenidos de la búsqueda realizada y de la suma de los costos por unidades necesarias.

### B) Estados Financieros o Estados Contables.

Dan la capacidad de tomar decisiones sobre la situación de la empresa conociendo la actividad económica de la misma en un determinado periodo, son aquellos recursos que sirven para mejorar la empresa y tener una mejor planificación estratégica para asegurar las utilidades, ganancias y rentabilidad deseada, y así determinar qué tan atractivo es. Sirven para diversos fines, pero mayormente para evaluar el progreso financiero.

Para llevarlo a cabo se debe partir de cálculos individuales en orden, los cuales son:

1. La inversión de activos fijos que son los bienes no liquidables a corto plazo en la cual se suman los costos de todos los bienes de la empresa los cuales no son variables realizando el cálculo de manera mensual y para el cálculo anual los totales mensuales se multiplican por 12 para obtener el respectivo total.
2. El total de la inversión anual que ayudará a saber los gastos estimados por periodo, calculado a partir de los gastos en activos fijos y diferidos por año restando la depreciación de los mismos.

3. La amortización de los bienes que tienen un tiempo de vida útil aplicada a los activos fijos intangibles restándoles el valor residual que se podría realizar al término de la vida útil de los bienes.
4. Y por último el punto de equilibrio que permite determinar el momento en el que las ventas cubren las erogaciones por concepto de costos fijos y variables, es decir, el punto en el que la empresa no gana ni pierde y a partir de este poder empezar a obtener ganancias (Economipedia 2020), calculado de los costos fijos totales entre el precio de venta menos el costo variable unitario para así poder establecer los alcances que se desean obtener.

### Resultados y discusión

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en los estados financieros con el propósito de analizar la información:

El cálculo de la maquinaria necesaria trasciende a tres unidades en total de las cuales dos son impresoras 3D y una es máquina de coser, dando como costo total \$37,269.00.

Tabla 1. Maquinaria

Unidades	Maquinas	Costo unitario	Costo total
2	Impresora 3D	\$17,500.00	\$35,000.00
1	Máquina de coser	\$2,269.00	\$2,269.00
	Total		\$37,269.00

Fuente: los Autores.

El equipo de oficina necesario comprende los artículos básicos para el correcto funcionamiento del espacio de trabajo, se muestran los costos unitarios de cada artículo y el costo de “n” unidades necesarias. Dando como resultado global la suma de \$43,381.00.

Tabla 2. Equipo de oficina

Unidades	Maquinas	Costo unitario	Costo total
1	Computadora de diseño	\$11,299.00	\$11,299.00
3	Computadoras	\$4,399.00	\$13,197.00
3	Escritorios	\$738.00	\$2,214.00
5	Sillas	\$548.00	\$2,740.00
1	Silla ejecutiva	\$1,172.00	\$1,172.00
1	Copiadora multifuncional	\$899.00	\$899.00
2	Teléfonos	\$185.00	\$370.00
1	Mobiliario	\$3,510.00	3,510.00
2	Aire acondicionado	\$3,990.00	\$7,980.00
	Total		\$43,381.00

Fuente: los Autores.

El equipo de seguridad comprende materiales de apoyo para evitar lesiones y/o accidentes dentro del espacio de trabajo, necesitando 6 unidades en total. La tabla muestra los costos unitarios de cada elemento, así como el costo total por las unidades necesarias que es de \$4,005.00.

Tabla 3. Equipo de seguridad

Unidades	Equipo	Costo unitario	Costo total
3	Extintor	\$369.00	\$1,107.00
2	Botiquín Auxilio	\$449.00	\$898.00
1	Equipo de protección personal	\$2,000.00	\$2,000.00
	Total		\$4,005.00

Fuente: los Autores.

Estos son directamente utilizados en la elaboración del dispositivo, es todo aquel elemento que se transforma e incorpora para dar como resultado el producto final. Se muestran las unidades necesarias de cada material, así como el costo por adquirir las unidades, dando un total de \$5,459.00

Tabla 4. Costo de materia prima

Cantidad	Unidad	Material	Costo unitario	Costo total
8	1	Rodamiento de bolas 6208c3 FAG	\$183.00	\$1,464.00
3	1 kg	Filamento de fibra de carbono	\$1,000.00	\$3,000.00
2	1m	Tela de cinturón/arnés	\$40.00	\$80.00
1	1	Hebilla de cierre regulable (Acero)	\$69.00	\$69.00
4	1m	Elástico nylon rígido	\$15.00	\$60.00
4	2pz	Broche ajustable liberación rápida	\$83.00	\$332.00
4	50 cm	Velcro terapéutico cinta	\$105.00	\$420.00
1	1km	Hilo textil	\$34.00	\$34.00
		Total		\$5,459.00

Fuente: los Autores.

Para el cálculo de la inversión de activos fijos se toman en cuenta los bienes que no pueden convertirse en liquidez a corto plazo, ya sean tangibles o intangibles, mismos que no son destinados a venta, sino que son necesarios para el funcionamiento de la empresa. Se muestran los costos de manera mensual y anual con sus respectivos totales que son \$102,357.29 y \$1,228,287.48.

Tabla 5. Inversión de activos fijos

Costos fijos	Mensual	Anual
Renta del local	\$17,000.00	\$204,000.00
Luz	\$7,162.52	\$85,950.24
Teléfono e Internet	\$550.00	\$6,600.00
Agua	\$750.00	\$9,000.00
Publicidad	\$1,699.00	\$20,388.00
Licencia SolidWorks	\$264.77	\$3,117.24
Mantenimiento Maquinaria	\$1,000.00	\$12,000.00
Papelería	\$1,399.00	\$16,788.00
Gerente General	\$14,008.00	\$168,096.00
Auxiliar Contable	\$7,232.00	\$86,784.00
Asesoría ortopédica	\$3,500.00	\$42,000.00
Ingeniero Industrial	\$10,695.00	\$128,340.00
Ingeniero Mecánico	\$10,326.00	\$123,912.00
Gerente de Mantenimiento	\$6,395.00	\$76,740.00
Operarios (2)	\$10,160.00	\$121,920.00
Supervisor de almacén	\$10,216.00	\$122,592.00
Total	\$102,357.29	\$1,228,287.48

Fuente: los Autores.

El monto total de la inversión se presenta de manera anual tomando en cuenta los siguientes elementos:

Tabla 6. Monto total de la inversión anualmente

Activos fijos	\$836,595.25	\$836,595.25	\$836,595.25	\$836,595.25	\$836,595.25
- depreciación acumulada	\$8,065.00	\$16,130.00	\$24,195.00	\$32,260.00	\$40,325.00
Activo fijo neto	\$844,660.25	\$852,725.25	\$860,790.25	\$868,855.25	\$876,920.25
Activo diferido	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Activo diferido neto	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-
Activo total	\$1,709,708.86	\$2,993,717.21	\$4,727,683.64	\$6,593,894.34	\$8,549,769.12

Fuente: los Autores.

En la tabla de amortización se muestra el registro de los gastos de manera periódica de acuerdo al tiempo transcurrido, son todos los bienes u objetos que se necesitan y pertenecen al inmovilizado que es parte del activo de la empresa que con el paso del tiempo se irán estropeando o quedando obsoletos que cumplen con la llamada “vida útil del bien” (Reviso 2020).

Tabla 7. Amortización

Bases	0	1	2	3	4	
4% Ventas	2000	2080	2163	2249	2339	
4% Precio vta	\$6,550.80	6812	7085	7368	7663	
4% Cto. Variable unitario	\$5,459.00	5677	5904	6140	6386	
4% Ctos. Fijos totales	\$1,228,287.48	1277418	1328515	1381656	1436922	
Margen Contr. Total	\$1,091.80	\$1,135.00	\$1,181.00	\$1,228.00	\$1,277.00	
Utilidad	\$955,312.52	\$1,083,382.00	\$1,225,988.00	\$1,380,116.00	\$1,549,981.00	
ISR IETU 17.5%		\$189,591.85	\$214,547.90	\$241,520.30	\$271,246.68	
Utilidad neta		\$893,790.15	\$1,011,440.10	\$1,138,595.70	\$1,278,734.33	
Depreciación		Inversión \$8,065.00	\$8,065.00	\$8,065.00	\$8,065.00	
Flujo neto de efectivo		- \$836,595.25	\$901,855.15	\$1,019,505.10	\$1,146,660.70	\$1,286,799.33

Fuente: los Autores.

Se presenta el cálculo del punto de equilibrio para determinar en qué punto se comienzan a obtener ganancias:

Tabla 8. Punto de equilibrio

	Variables totales	Costo variables totales	Costos fijos totales	Costos totales
	\$6,550.8	\$5,459		
900	\$5,895,720	\$4,913,100	\$1,028,400	\$5,941,500
1000	\$6,550,800	\$5,459,000	\$1,028,400	\$6,487,400
1100	\$7,205,880	\$6,004,900	\$1,028,400	\$7,033,300
1200	\$7,860,960	\$6,550,800	\$1,028,400	\$7,579,200
1887	\$12,361,359.6	\$10,301,133	\$1,028,400	\$11,329,533
2400	\$15,721,920	\$13,101,600	\$1,028,400	\$14,130,000
2500	\$16,377,000	\$13,647,500	\$1,028,400	\$14,675,900

Fuente: los Autores.

## Conclusiones

Al realizar el presente trabajo fue posible realizar una estimación de los costos para la fabricación de un dispositivo mecánico para soporte y estabilidad de extremidades inferiores que tenga un precio accesible para el mercado al que va dirigido, la recopilación de los costos de los materiales que se ocuparan para la realización de un análisis financiero y saber cuál es el que mejor conviene para ambas partes, sin que afecte tanto al medio ambiente.

El proyecto es viable por tener un valor presente neto de \$2, 020,154.98 y una tasa interna de rendimiento del 130.51% es mayor que la mínima aceptable del 40%. Incluyendo que la inversión inicial sería de \$836,595.25. En cuanto a la rentabilidad del proyecto se determinó que es un 48% promedio rentable.

Los indicadores mencionados anteriormente permiten percatarse que es conveniente invertir en la fabricación de dicho dispositivo, las cifras mostradas son atractivas desde el aspecto económico y financiero.

### Referencias bibliográficas

- Besley/Brigham. (2001). Fundamentos de administración financiera 12ª edición. En Besley/Brigham. México D.F.: McGRAW-HILL.
- Debitoor (2020). Glosario de Contabilidad. Amortización Obtenido de Debitoor: <https://debitoor.es/glosario/definicion-amortizacion>
- Economipedia (2020). Haciendo fácil la economía. Obtenido de: <https://n9.cl/u0ph>
- Gómez, L. D. (17 de mayo de 2007). DocPlayer. Obtenido de Monografias.com: <https://docplayer.es/2740352-Titulo-fuentes-de-financiamiento-empresarial-autor-lic-fren-dominguez.html>
- Leland Blank, Anthony Tarquin (2006). Ingeniería Económica. Obtenido de: <https://n9.cl/5jge>
- Lifeder (2019). Inversión inicial en una empresa. Obtenido de: <https://n9.cl/3cz8>
- Obando-Herrera, F. E., Flores-Mugmal, T. G., Barbero-Palacios, J. I., & Ortega-Bustamante, L. A. (2017). Silla bipedestadora para personas con movilidad restringida grado IV en las extremidades inferiores con una capacidad de carga de 100kg. Respuestas, 22(2), 76-86. <https://doi.org/10.22463/0122820X.1208>
- Reviso (2020). Soluciones Cloud SL. Obtenido de: <https://n9.cl/c3dif>
- Roman, C. L. (2012). RED TERCER MILENIO S.C. Obtenido de UPG: <https://www.upg.mx/wp-content/uploads/2015/10/LIBRO-49-Fundamentos-de-administracion-Financiera.pdf>
- Sullivan, William G.; Wicks, Elin M. y Luxhoj, James T. (2004) Ingeniería Económica de DeGarmo Duodécima edición. Obtenido de: <https://n9.cl/o9dyc>



## **Red inalámbrica de sensores inteligentes para aplicaciones en agricultura de precisión**

### **Wireless network of smart sensors for applications in sustainable precision agriculture**

Jesús Ramón Rodríguez-Apodaca<sup>2</sup>, Gilberto Bojorquez-Delgado<sup>1,2</sup>, Hugo Humberto Piña-Ruiz<sup>2</sup>, Estuardo Lara-Ponce<sup>2</sup>, Jesús Bojorquez-Delgado<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Guasave, Sinaloa, México.

<sup>2</sup> Universidad Autónoma Indígena de México, Sinaloa, México.

---

Recibido: 26-09-2020

Aceptado: 04-12-2020

## Resumen

La agricultura en el siglo XXI se enfrenta a múltiples retos: tiene que producir más alimentos y fibras a fin de alimentar a una población creciente con una mano de obra menor. La agricultura moderna necesita herramientas y tecnologías que puedan mejorar la eficiencia de la producción, la calidad del producto, las operaciones posteriores a la cosecha y reducir su impacto ambiental. Este trabajo muestra el diseño de una red de sensores inalámbricos para agricultura de precisión con un nodo de 3 capas, Network Interface, Model Object Firmware and Transducer Interface, que se conectan a Smart Sensor y un nodo de Comunicaciones y alertas basado en fuzzy logic para detectar anomalías en cultivos agrícolas, la interconexión de los nodos se basa en un enlace Wi-Fi, mientras que la transmisión de datos entre los nodos se realiza a través de módulos de alto rendimiento de 2,4 GHz. El sistema de alerta de anomalías está basado en un sistema de lógica difusa tipo mamdani donde las reglas y niveles de membresía son personalizados de acuerdo a la enfermedad o cultivo a inspeccionar, para las pruebas de este sistema se utilizaron las condiciones del tizón tardío en el cultivo de papa. El sistema propuesto tiene un gran potencial para monitorear variables agronómicas y detectar anomalías, lo que contribuirá a los agricultores a tomar decisiones oportunas en el manejo agronómico de sus cultivos agrícolas contribuyendo a una agricultura ambientalmente sostenible.

**Palabras clave:** Red de sensores inalámbricos, Agricultura sustentable, Agricultura de precisión.

## Abstract

Agriculture in the 21st century faces multiple challenges: We have to produce more food and fiber with the goal to feed a growing population with a smaller workforce. Modern agriculture needs tools and technologies that are able to improve the efficiency of production, product quality, post-harvest operations and reduce the environmental impact. This paper shows the design of a network of wireless sensors for precision agriculture with a 3 layer node, Network Interface, Model Object Firmware and Transducer Interface, to detect anomalies in agricultural crops, the interconnection between the nodes is based on a Wi-Fi link, while the data transmission between the nodes is performed through high-performance 2.4 GHz modules. The alert system for anomalies is based on a Mamdani-type fuzzy rule-based system where the rules and membership levels are customized according to the disease

and crop of interest; we used the late blight conditions on a potato crop for the tests of the system. The proposed system has a great potential to monitor several agronomical variables and detect anomalies, which will contribute to farmers making opportune decisions in the agronomical management of their crops contributing to an environmentally sustainable agriculture.

**Keywords:** Wireless sensor networks, sustainable agriculture, precisión agricultura.

## **Introduction**

Agriculture in the 21st century faces multiple challenges: it has to produce more food and fiber in order to feed a growing population with a smaller workforce, as well as more raw materials for a potentially huge bioenergy market, and has to contribute to the global development of the many developing countries dependent on agriculture, adopt more efficient and sustainable production methods and adapt to climate change (FAO, 2009).

Modern agriculture needs tools and technologies that can improve production efficiency, product quality, post-harvest operations and reduce its environmental impact. Automation in agriculture produces a fundamental contribution to what is now known as precision agriculture (Leo, 2003).

Precision agriculture represents an innovative technique that facilitates decision making in relation to the actions having to do with crops obtaining greater economic benefits and at the same time minimizing their environmental impact, such as applying the correct amount of inputs (water, fertilizers, pesticides, etc.) in the right place and at the right time to improve production and improve quality, while protecting the environment (WHO, 2018).

Technologies applied to precision agriculture have evolved through the advances of wireless telecommunications, the development of microelectronic devices and the large scale implementation of Internet of Things (IoT). IoT-based applications are currently being studied and exploited in many sectors, such as health care (Dayan, 1993), autonomous vehicles (Abbasi, 2014) and environmental monitoring (for example, air (Patil, 2016), water (Deepika, 2016) and fire monitoring). In this context, wireless sensor networks (WSN) are presented as one of the technologies with the greatest boom to boost precision agriculture through Internet of Things (IoT) technologies, due, among other reasons, to the possibility of its deployment in areas without infrastructure. In recent years, the development of numerous precision agriculture applications based on this technology has been assisted as a

facilitating tool. Wireless nodes and sensors are normally powered by batteries or solar energy, which allows for easy deployment in the agricultural sector, have low power consumption, which allows for high autonomy (months, even years), together with their low cost and the characteristics of self-organization and self-configuration of the network make the technology especially suitable for the agricultural field of application. It is possible to integrate several types of sensors in a single wireless node, so that soil and crop conditions, such as temperature, humidity and light, among others can be monitored remotely and in real time. In addition, it can be affirmed that wireless sensor networks provide the flexibility necessary to reduce installation, data collection and maintenance times, and greater spatial and temporal resolution in the sampling of the variables of interest to what can be achieved with traditional methods, crucial factors to adapt to the specific conditions of agricultural environments. These techniques allow the improvement of the yield and efficiency of agricultural crops thus contributing to the development of sustainable agriculture (Kwak, 2011).

Among the most important technologies for the development of the WSN, are those based on Bluetooth (Araghi, 2012), Wi-Fi (Chaiwatpongsakorn, 2014) and Zigbee (Sieber, 2008) protocols. However, the requirements of this type of networks depend on the application, which has led to the emergence of a large number of protocols, standards, communication stacks and architectures, each addressing specific subsets of applications. Commonly, these architectures are structured as protocol stacks with different numbers of layers (Al-Fuqaha, 2014), allowing levels of abstraction between them and the use of different protocols. The simplest is based on three layers: the perception layer, the network layer and the application layer. However, as this architecture is considered too simplistic, other models with additional layers were proposed (Sethi, 2017). Although the most modern is based on five layers, the practical implementations of IoT systems commonly use four layers (physical and MAC layer, network layer, transport layer and application layer), following an IP based network architecture. This paper proposes a wireless sensor network for precision agriculture with a 3-layer node, Network Interface, Model Object Firmware and Transducer Interface, to interconnect them to Smart Sensor and a Communications and Alert node based on fuzzy logic to detect anomalies in agricultural crops, the interconnection of

the nodes is based on a Wi-Fi link, while the transmission of data between the nodes is done through high-performance 2.4 GHz modules..

## Materials and Methods

According to the need to make real-time and more efficient decisions that are successful for farmers to be more profitable, a monitoring system of agronomic variables was designed to feed a system based on fuzzy logic to estimate pests and diseases in agricultural crops, specifically in potato crops.

Microsensors are a solution to improve agriculture. For this case they have been coupled to a system using a Wireless Sensor Network (WSN). So called precision agriculture could help increase agricultural crop production, save harvest costs and protect crops against pesticide and fertilizer abuse. The sensor system must use the minimum amount of energy possible while operating in a wide range of scenarios. Energy consumption must have great scalability at all levels of the system, including signal processing, operating system, network protocols, and the integrated circuits.

The system consists of a network of nodes, smart sensors and a module for information analysis, prediction and communication (Figure 1).

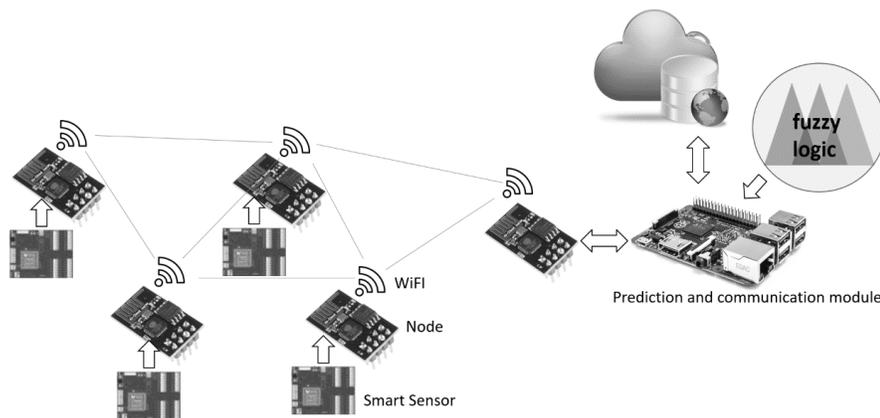


Figure 1. Wireless sensor network (WSN) architecture.

## Network

The proposed network uses the mesh topology under the IEEE 802.11 standard, which defines the use of the two lower levels of the physical layer and data link layer architecture.

In addition, it works in the 5 GHz band and uses 802.11n which allows it to reach a speed close to 600 Mbps in physical layer.

Node

The node plays a fundamental role in the system, since they form the wireless network and allow communication with other nodes and sensors, it is based on the IEEE 1451.2 philosophy for resource management towards the intelligent sensor and gateway to communication network, Figure 2 shows the architecture of the node, which is composed of a set of layers in a software contained in a hardware based on a microcontroller esp8622.

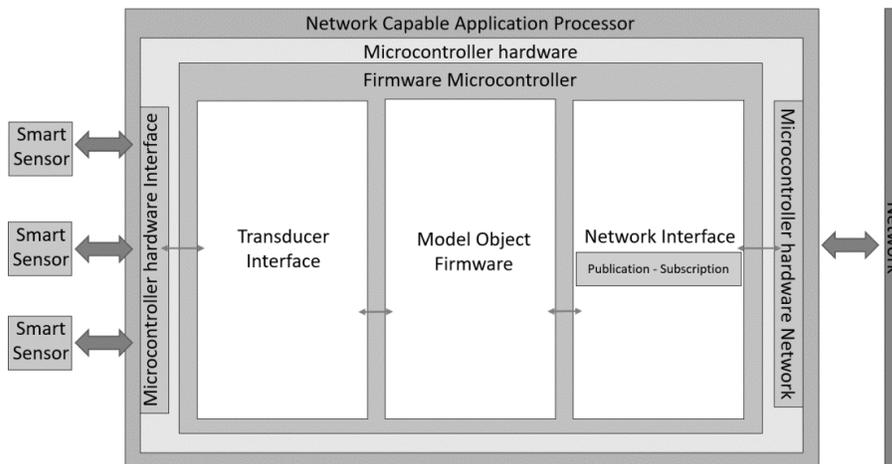


Figure 2. Network Capable Application Processor architecture.

Software:

It was developed in Python programming language and contains Network Interface, Model Object Firmware and Transducer Interface.

Transducer Interface:

It uses the SPI protocol as the communication base for the interconnection between the node and the smart sensor, which allows the plug and play mechanism for synchronization of the electronic sensor sheet towards the firmware object model.

Model Object Firmware:

It contains the firmware blocks based on the object model of the IEEE 1451.1 standard, and it describes the classes and their hierarchies of the object-oriented paradigm as shown in Figure 3.

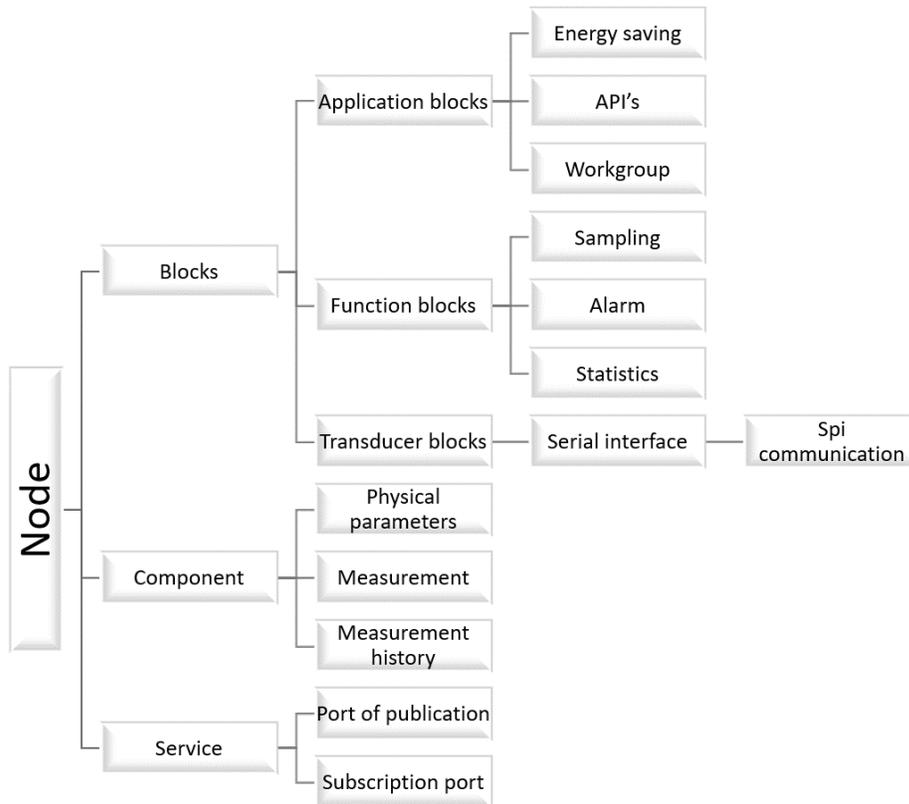


Figure 3. Class Hierarchy of Model Object Firmware.

The blocks are organized as follows:

- The Blocks contain Application blocks which manage the Api's, Energy saving, and Workgroup.
- The Function blocks handle the Sampling, Alarm and Statistics layers.
- The Transducer blocks contain the functions for the Serial interface and its derivatives such as Spi communication.
- The Component layer contains 3 blocks, the Physical parameters, Measurement and Measurement history.
- The Service layer contains the commands for operation of Publication and Subscription port.

#### Transducer Interface:

It is in charge of the Communication Model based on the network philosophy of the IEEE 1451.1 standard, it allows the connection between nodes and Smart sensors, through the SPI series communication protocol.

#### Hardware:

the node is based on the ESP8622 microcontroller. It contains a 32bit RISC CPU, Tensilica Xtensa LX106, an 80 MHz clock, 64 KB in its program memory, 96 KB of data memory. It has an external flash memory QSPI - 512 KB at 4 MB (figure 4).

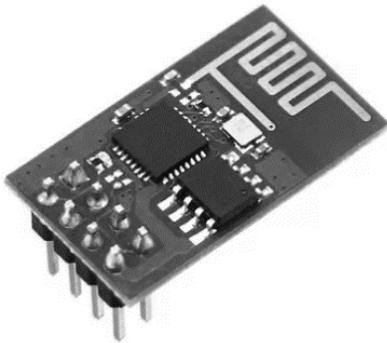


Figure 4. Node Hardware.

The communication function uses the IEEE 802.11 b / g / n Wi-Fi standard, It is integrated with the following: TR switch, balun, LNA, RF power amplifier and an impedance matching network Support WEP and WPA/WPA2 authentication. As an interface module it uses 16 GPIO pins (General purpose inputs/outputs) SPI, I<sup>2</sup>C, I<sup>2</sup>S interface with DMA Pins dedicated to UART, plus a UART only for transmission that can be enabled through the GPIO2 pin, in addition to an ADC converter 10-bit for analog signals.

#### Smart Sensor:

It provides information to the data obtained to support decision making and distributed processing, it is capable of performing functions such as the following:

- Pre-process of the measured values.
- Notification of measurements with digital signals and communication protocols.

- Decision making based on the conditions recorded separately from the microcontroller.
- Save mode of the calibration or configuration of its parameters.

Figure 5 shows the architecture of the smart sensor.

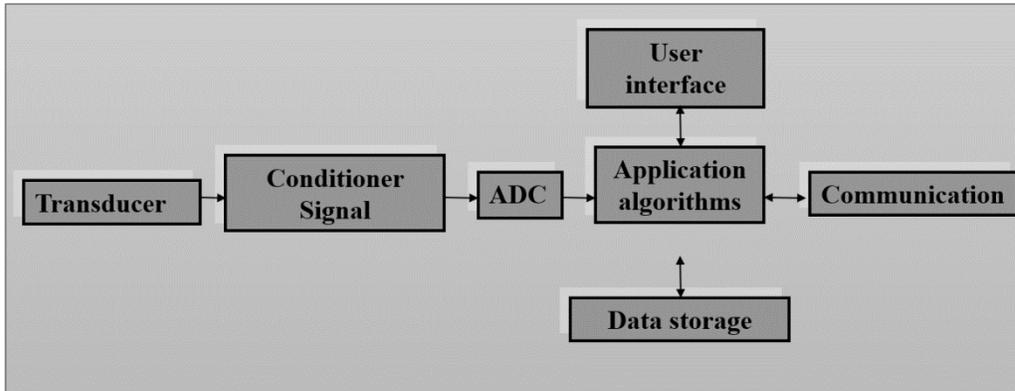


Figure 5. Smart Sensor Architecture.

Transducer:

This block contains the device capable of transforming or converting a certain manifestation of input energy, into another one different from the output, but of very small values in relative terms with respect to a generator, this module is compatible with capacitive and inductive inputs.

Application algorithms:

It is the base of the sensor, it is the one that processes the information digitized by the ADC and is the one who reprograms or stores configurations or parameters, it contains the algorithms for the user interface and the communication of information in the node.

User interface:

This block contains the configuration algorithms and parameters set by the user.

### 2.3 Prediction and communication module.

The prediction and communication module has the function of communicating and managing the information with all the nodes and making a direct link to the database in the

cloud, in addition to containing the fuzzy lodge system algorithms that will determine the probability of the occurrence of some pest or disease in the agricultural crop.

Prediction function:

It is based on a series of rules that describe agronomic behavior based on environmental conditions that favor the appearance or proliferation of such pest or disease that for the case of study the favorable conditions for the appearance of late blight are used in potato cultivation (Carrasco, 1995).

The algorithm is based on a fuzzy logic system, with a Mamdani-type fuzzy inference engine, with 2 Temperature and PH inputs, and with 9 rules and an output that indicates the level of compatibility ranging from 0 to 1. Figure 6 shows the graphs that describe the membership levels of the temperature input variable, whose levels are low, optimal and high, using the “gbellmf” function for them.

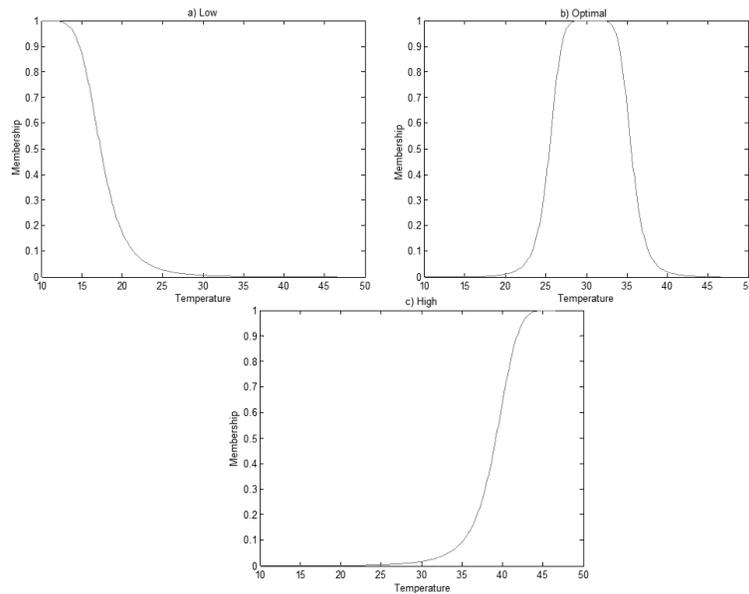


Figure 6. Membership levels of the temperature input variable.

Figure 7 shows the graphs that describe the membership levels of the PH input variable, whose levels are low, optimal and high, using the “gbellmf” function for them.

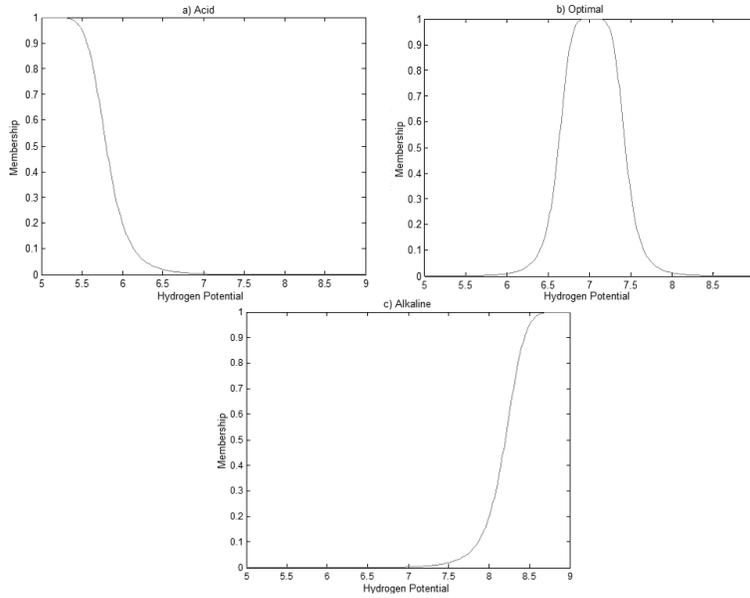


Figure 7. Membership levels of the PH input variable.

Soil pH is considered to be one of the main variables in soils, since it controls many chemical processes. It specifically affects the availability of plant nutrients, through the control of chemical forms of the nutrients. Plants absorb nutrients in the form of ions, and often occupy more cations than anions. However, plants must maintain a neutral charge in their roots.

The values were defined based on the optimal conditions; however, the potato is moderately tolerant to soils with some salinity and/or alkalinity. For the design of this input variable, we took into account the rate of change to adjust the type of curve, as well as the membership levels.

Table 1 shows the rules of diffuse inference for the appearance of late blight in potato cultivation [27].

Table 1. Diffuse system rules base.

Rule	Rules base
1	I PH=ACID AND TEMPERATURE = THE COMPATIBILITY = F LOW N HIGH

2	I PH=ACID AND TEMPERATURE = THE COMPATIBILITY = F OPTIMAL N HIGH
3	I PH=ACID AND TEMPERATURE = THE COMPATIBILITY = F HIGH N LOW
4	I PH=OPTIM AND TEMPERATURE = THE COMPATIBILITY = F AL LOW N LOW
5	I PH=OPTIM AND TEMPERATURE = THE COMPATIBILITY = F AL OPTIMAL N OPTIMAL
6	I PH=OPTIM AND TEMPERATURE = THE COMPATIBILITY = F AL HIGH N LOW
7	I PH=ALKA AND TEMPERATURE = THE COMPATIBILITY = F LINE LOW N HIGH
8	I PH=ALKA AND TEMPERATURE = THE COMPATIBILITY = F LINE OPTIMAL N OPTIMAL
9	I PH=ALKA AND TEMPERATURE = THE COMPATIBILITY = F LINE HIGH N LOW

Figure 8 shows the membership levels that are used to determine the output level.

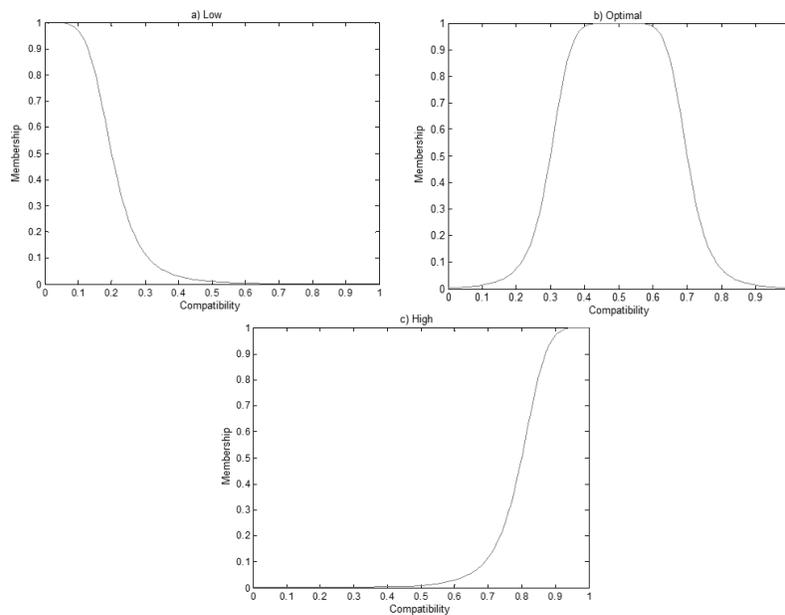


Figure 8. Membership levels of the output compatibility variable.

## Results

The proposed model was subjected to a series of tests which are described below.

On the network:

Coverage tests: 10 sensors were placed at 80, 90, 100, 120 m distance between different nodes, up to the 100 m the communication was correct, however, after 110 m, there was a loss of packages, which is why we recommend that each node has at most 100 m distance from other terminals.

Energy saving tests: Tests were carried out to determine the battery durability levels of the nodes, for which the different energy saving modes were tested. The ESP8266 has three energy saving modes:

Modem-sleep: this saving mode allows us to deactivate the Station type Wi-Fi connection, established with an access point (router), when its use is not necessary and activate it again when needed. Typical consumption in this mode is 15mA.

Light-sleep: this saving mode allows us to maintain the Station type Wi-Fi connection, but reduces energy consumption at times when there is no information sent. Typical consumption becomes about 0.5 mA.

Deep-sleep: it is the mode that generates the greatest savings, but at the cost of leaving the board suspended. The only part of the board that works during this mode is Real Time Clock (RTC) to be able to restart it when the resting time is over. Here typical consumption becomes about 10  $\mu$ A.

We analyzed the 3 operation modes, in modem-sleep mode it has the advantage of saving energy in the node, but the sensor can function normally. For a direct internet connection it would be a good option, but not in the mesh topology, so that operation mode was ruled out. In the light-sleep mode, the power consumption is higher, but perfect for the mesh mode. In the deep-sleep mode it is where there is a greater energy saving and as a consequence greater battery life, however, when the node is turned off there would be no communication in the

mesh network, since there would be no repeaters for the sensors that are outside of coverage of the main node.

Under that analysis we determined that the best option was to use the deep-sleep mode, but in synchronous mode with the rest of the nodes, so that every 30 minutes the node will be switched on from the sensor while in operating mode in 20 seconds, in which all nodes will send their readings to the main node and then return to the inactive status.

In the predictive system:

The predictive algorithm was implemented in the RaspBerry pi 3, under the Rasbian operating system and programmed in the Python programming language. Obtaining the following output based on the system inputs, as shown in Figure 9.

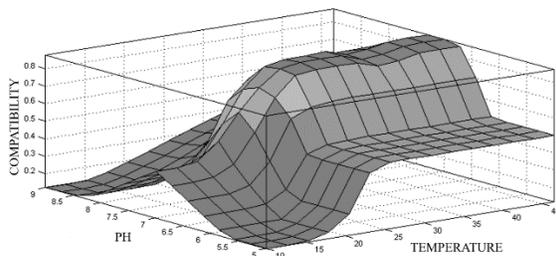


Figure 9. Map of the behavior of the compatibility level of late blight with the environmental conditions based on the fuzzy logic algorithm.

## Conclusions

We developed the architecture of a WSN for precision agriculture applications, with a disease prediction module based on fuzzy logic, which in this case the membership functions were designed to predict the appearance of late blight in potato cultivation. However, the system can be adapted to any problem or disease of an agricultural crop, the low cost of the nodes and their high power make them ideal for gathering information at a medium scale. What is presented in this work is the initial stage of the development of the WSN, however in future works we plan to develop an IoT platform to manage system resources.

## References

- Abbasi AZ, Islam N, Shaikh ZA, others. A review of wireless sensors and networks' applications in agriculture. *Computer Standards & Interfaces*. 2014; 36(2): p. 263-270.
- Ahmad, I.; Shah, K.; Ullah, S. Military applications using wireless sensor networks: a survey. *Int. J. Eng. Sci.* 2016, 6, 7039–7043.
- Akan, O.B.; Akyildiz, I.F. Event-to-sink reliable transport in wireless sensor networks. *IEEE/ACM Trans. Networks*. 2005, 13, 1003–1016.
- Al-Fuqaha, A.; Guizani, M.; Mohammadi, M.; Aledhari, M.; Ayyash, M. Internet of things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications. *IEEE Commun. Surv. Tutor.* 2015, 17, 2347–2376. [CrossRef]
- Araghi, B.N.; Christensen, L.T.; Krishnan, R.; Lahrmann, H. Application of Bluetooth Technology for Mode- Specific Travel Time Estimation on Arterial Roads: Potentials and Challenges. In *Proceedings of the Annual Transport Conference, Aalborg University, Aalborg, Denmark, 9–12 July 2012*; pp. 1–15. [Google Scholar]
- Biniak, K.; Levi, K.; Dauskardt, R.H. Solar UV radiation reduces the barrier function of human skin. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 2012, 201206851. [CrossRef] [PubMed].
- Carrasco, E; Estrada, N; Gabriel, J; Quiroga, O; García, W; Mendoza, O. 1995. Seis nuevas variedades de papa con resistencia al tizón (*Phytophthora infestans*). *Boletín Técnico Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria, TECNO-IBTA* 1 (5): 1-8.
- Chaiwatpongsakorn, C.; Lu, M.; Keener, T.C.; Khang, S.J. The Deployment of Carbon Monoxide Wireless Sensor Network (CO-WSN) for Ambient Air Monitoring. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2014, 11, 6246–6264.
- Dayan, A.D. Solar and Ultraviolet Radiation. *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*. *J. Clin. Pathol.* 1993, 46, 880. [CrossRef]
- Deepika G, Rajapirian P. Wireless sensor network in precision agriculture: A survey. In *IEEE, editor. Emerging Trends in Engineering, Technology and Science (ICETETS)*; 2016. p. 1--4.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2009. How to feed the world in 2050. FAO. Roma. 35 p.

- [http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert\\_paper/how\\_to\\_feed\\_the\\_world\\_in\\_2050.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/how_to_feed_the_world_in_2050.pdf)
- Lee, K.T.; Lee, B.Y.; Won, Y.I.; Jee, J.B.; Lee, W.H.; Kim, Y.J. Radiative Properties at King Sejong Station in West Antarctica with the Radiative Transfer Model: A Surface UV-A and Erythemal UV-B Radiation Changes. *Ocean Polar Res.* 2003, 25, 9–20. [CrossRef]
- Meeradevi AK, Mundada MR. ZigBee Based Wireless Sensor Networks in Precision Agriculture-The Survey. *International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management (IJAIEM)*. 2015; 4(5).
- Naik, N. Choice of effective messaging protocols for IoT systems: MQTT, CoAP, AMQP and HTTP.  
In *Proceedings of the 2017 IEEE International Systems Engineering Symposium, Vienna, Austria, 11–13 October 2017*.
- Ohnishi, Y.; Tajima, S.; Akiyama, M.; Ishibashi, A.; Kobayashi, R.; Horii, I. Expression of elastin-related proteins and matrix metalloproteinases in actinic elastosis of sun-damaged skin. *Arch. Dermatol. Res.* 2000, 292, 27–31. [CrossRef] [PubMed]
- Patil S, Kokate AR, Kadam DD. Precision Agriculture: A Survey. *International Journal of Science and Research (IJSR)*. 2016 August; 5(8).
- Sola, Y.; Lorente, J. Contribution of UVA irradiance to the erythema and photoaging effects in solar and sunbed exposures. *J. Photochem. Photobiol. B Biol.* 2015, 143, 5–11. [CrossRef] [PubMed]
- S. B. Crary, W. G. Baer, J. C. Cowles, and K. D. Wise, (1990), “Digital compensation of high-performance silicon pressure transducers”, *Sensors and Actuators A*, 21–23:70–72.
- Shankar P, Nagaraju B. A Survey on Wireless Sensor Network For Agriculture. *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*. 2017 July; 5(7).
- Srbinovska, Gavrovski , Dimcev , Krkoleva A, Borozan. Environmental parameters monitoring in precision agriculture using wireless sensor networks. *Journal of Cleaner Production*. 2015; 88(Supplement C): p. 297 - 307.

- Sieber, A.; Cocco, M.; Markert, J.; Wagner, M.F.; Bedini, R.; Dario, P. ZigBee based buoy network platform for environmental monitoring and preservation: Temperature profiling for better understanding of Mucilage massive blooming. In Proceedings of the 2008 International Workshop on Intelligent Solutions in Embedded Systems, Regensburg, Germany, 10–11 July 2008; pp. 1–14.
- Sethi, P.; Sarangi, S.R. Internet of Things: Architectures, Protocols, and Applications. *J. Electr. Comput. Eng.* 2017, 2017, 9324035. [CrossRef]
- Hamidouche, R.; Aliouat, Z.; Gueroui, A.M.; Ari, A.A.A.; Louail, L. Classical and bio-inspired mobility in sensor networks for IoT applications. *J. Network Comput. Appl.* 2018, 121, 70–88.
- Kim, O.K.; Nam, D.E.; Lee, M.J.; Kang, N.; Lim, J.Y.; Lee, J. Protective effects of green tea seed extract against UVB-irradiated human skin fibroblasts. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 2014, 43, 1–8. [CrossRef].
- Kwak, M. K.; Kim, J. H. The radiative characteristics of EUV-B over the Korean peninsula and exposure time for synthesizing adequate vitamin D. *Atmosphere* 2011, 21, 123–130.



**Comportamiento fisicoquímico de los fluidos  
de control al entrar en contacto con la  
formación a perforar**

**Physicochemical behavior of control fluids  
when they come into contact with the  
formation to be drilled**

Rosalino del-Ángel-Avilés<sup>1</sup>, Leobardo Mendo-Ostos<sup>1</sup>, María Xóchitl  
Altamirano-Herrera<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca,  
Veracruz, México.

---

Recibido: 26-09-2020

Aceptado: 27-11-2020

Autor correspondal: [rosalino.delangel@itsta.edu.mx](mailto:rosalino.delangel@itsta.edu.mx)

**Resumen.**

Con el presente proyecto se realizó un estudio sobre la interacción química del fluido de perforación al entrar en contacto con la litología de las formaciones del activo Ku, Maaloob y Zaap. Por lo que se analizaron las problemáticas que se presentan ocasionando tiempos de atraso y determinar si los fluidos de perforación fueron las causantes de problemas como efectos en particular o no “mecánica de las rocas, condiciones operativas o prácticas de perforación”. Es bien sabido que el fluido de control en la perforación se compone de una base, puede ser agua o aceite y de un conjunto de productos químicos llamados aditivos, por lo tanto, es un sistema que al entrar en contacto con la litología modificara las propiedades de la roca ocasionando daño a la formación. Al perforar se debe proporcionar las condiciones óptimas para no tener complicaciones como derrumbes, pegaduras, atrapamientos, pérdidas de circulación parciales o totales, resistencia o arrastres, que son causantes de los tiempos de atraso y que se traducen en miles de dólares de pérdida para la empresa productiva del estado. Por tal motivo se debe conocer la causa de las problemáticas ocasionada por la elección del fluido en cada etapa de perforación donde se apoyó de datos tomados de la perforación de los pozos en estudio, haciendo comparativos de los problemas presentados y así determinar si fue causado por la selección de la hidráulica en la perforación y de los fluidos en contacto con la litología/roca metro a metro. Como resultado del trabajo se expone los problemas que se presentan y que generan lo tiempos no productivos en la perforación de pozos, ocasionados por los fluidos de perforación, con el fin de realizar tablas de consulta rápida para la reducción de dichos tiempos.

Palabras clave. Fluidos de control, litología, tiempo no productivo, Ku Maaloob Zaap, geomecanica

**Abstract.**

With this project, comparison tables were made on the chemical interaction of the drilling fluid when it comes into contact with the lithology of the Ku, Maaloob and Zaap asset formations. Therefore, the problems that arise causing lag times were analyzed and to determine if the drilling fluids were the cause of problems such as "rock mechanics, operating conditions or drilling practices" effects in particular or not. It is well known that the control fluid in drilling is composed of a base, it can be water or oil and a set of chemical products

called additives, therefore, it is a system that when in contact with lithology will modify the properties of the rock causing damage to the formation. When drilling, the optimal conditions must be provided to avoid complications such as collapses, sticking, entrapments, partial or total losses of circulation, resistance or dragging, which are the cause of delay times and that translate into thousands of dollars of loss for the productive company of the state. For this reason, the cause of the problems caused by the choice of fluid in each drilling stage must be known, where it was supported by data taken from the drilling of the wells under study, comparing the problems presented and thus determining if it was caused by the selection of hydraulics in drilling and fluids in contact with lithology / rock meter by meter. As a result of the work, the problems that occur and that generate the non-productive times in the drilling of wells, caused by drilling fluids, are exposed in order to make quick reference tables for the reduction of such times.

Keywords: Control Fluids, lithology, non-productive time, Ku Maaloob Zaap, geomechanics

### **Introducción.**

Según Hernández (2009) afirma que desde el principio de la transformación en la industria cerca de 1800, los energéticos en el mundo han sido de mucha importancia ya que a través de los años, no se ha encontrado un polímero que sustituya a los hidrocarburos completamente y siguen vigentes como la principal fuente de energía. No obstante que al inicio de la era petrolera se facilitaba su extracción y en la actualidad se requiere de mayor tecnología y presupuestos para llegar a los objetivos que ésta industria requiere, satisfaciendo la demanda en el mundo.

Para Pérez et al (2013), una de las principales funciones de la empresa productiva del estado, es la de elevar las reservas de hidrocarburos de forma eficiente apoyándose de instrumentos de rentabilidad de la ingeniería económica y de la experiencia técnica de su capital humano para incrementar el índice de productividad de los yacimientos consiguiendo aumentar las actividades de exploración, del desarrollo y la producción de hidrocarburos en nuevos yacimientos mediante planes establecidos por Pemex y así incrementar sus reservas 1P, 2P y 3P.

El campo de estudio de esta investigación, es un activo que genera gran parte de la producción de hidrocarburos en México (850,000 BPD de 1, 500,000 BPD en toda la República mexicana), por ende la implementación de este proyecto ayuda a cumplir con los tiempos programados de producción para continuar manteniendo la producción establecida. Y para mantener esta producción se debe reducir los tiempos no productivos.

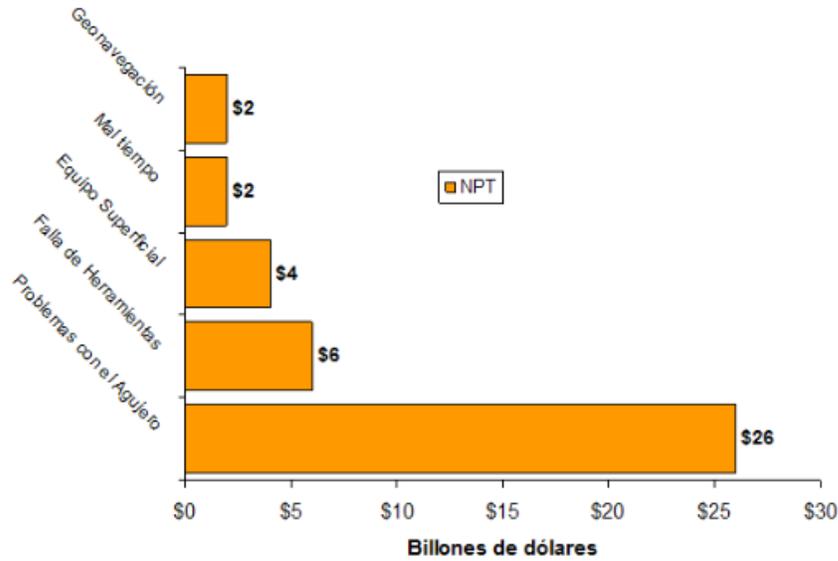
Para Rabia (2002) los tiempos utilizados en operaciones no deseadas que ocasionan atrasos en la perforación de pozos y que no se encuentren en el programa establecido, como lo son fallas en equipos y herramientas utilizadas se les define como Tiempo No Productivo o NPT por sus siglas en inglés (Non Productive Time).

York et al. (2009) afirmaban que arriba del 35% de los tiempos no productivos son debidos por derrumbamiento de pozos, atrapamiento de tuberías, fluido mal diseñado, brotes en aguas profundas y por malos cálculos en la presión de poro

Por otra parte para Velázquez (2018) un NPT es el tiempo de perforación adicional causado por problemas, esperas o eventos no programados en la perforación de pozos y en la mayoría de los pozos, el 22% del tiempo total de perforación se pierde en NPTs, de estos, el 44% son debidos a problemas con la presión de poro y la inestabilidad de agujero.

Para Sweatman (2006) mencionado en Velázquez (2018) publicó un análisis de NPTs donde la problemática afín con el pozo supera los \$26 billones de dólares en tiempos muertos, (ver gráfica 1).

Dentro de estos problemas están las pérdidas de circulación en formaciones con márgenes estrechos entre la presión de poro y la presión de fractura, las pegaduras por presión diferencial en zonas con baja presión y los brotes y flujos debidos a zonas con alta presión.



Grafica 1 Fuente: Sweatman (2006) Mencionado en Velázquez (2018) Curso de geomecánica de pozos Instituto Mexicano del Petróleo y el Instituto Politécnico Nacional

El campo Ku, Maloob y Zaap están situados en las brechas del cretácico en aguas de Campeche descubierto en 1979 con los pozos de exploración Ku1 y Ku101, produciendo hidrocarburo hasta el año de 1986 con el pozo Ku10, Pérez et al (2013).

El campo estudiado pertenece al bloque de producción de aguas someras el cual se encuentra ubicado al noroeste del golfo de México.

El estudio realizado comprende el análisis de datos de los pozos perforados en los años 2017 y 2018, la interacción de las propiedades fisicoquímicas de los fluidos de perforación seleccionados en cada una de las etapas a perforar, analizando el comportamiento roca-fluido para esto evitar las problemáticas antes mencionadas. Aunque en los activos se cuenten con un equipo de geomecánica especializados, un programa de perforación y un análisis previo se siguen presentando este tipo de problemas y con este tipo de proyecto se desea ampliar el panorama para realizar una mejor planeación en los pozos a perforar.

Utilizar herramientas de análisis rápido no es muy común en la industria, por lo tanto, introducir una base de datos que contengan las propiedades fisicoquímicas de los fluidos es muy oportuna, puesto que en la industria petrolera se requieren decisiones rápidas pero a la vez que se encuentren dentro de la ventana operativa con un margen de error pequeño, por

esto la importancia de tener un instrumento útil para elegir la mejor opción sin sobrepasar los límites económicos y técnicos.

### **Materiales y métodos.**

La obtención de la información se empezó a extraer de los avances diarios de operación, empezando a concentrarse en una hoja de Excel, por estos datos nos referimos a las propiedades físico- químicas del fluido de perforación (densidad, Viscosidad Marsh, punto cedente, viscosidad aparente, filtrado, ph, alcalinidad, geles y salinidad), volúmenes programados Vs volúmenes reales, registrando el comportamiento mecánico de la interacción del fluido de perforación con el contacto geológico, además se tuvo que realizar una comparativa de las propiedades del fluido de perforación Vs las problemáticas presentadas, todo esto siendo graficado para obtener una visión más amplia para de esta manera tener nuestra base datos concentrada para una visión fácil en cualquier momento lista para su análisis.

De igual manera al ser versátil se pueden ir incluyendo los datos de los pozos que están siendo perforados y los que próximamente se perforarán, podrán capturarse de la misma manera en la que se capturo la información obteniendo nuestra base de datos versátil.

Para implementar esta base de datos de manera permanente se pensó en utilizar un programa básico que cualquier persona con conocimientos básicos de office pueda utilizarla siendo gran utilidad como una herramienta de apoyo siendo de fácil manipulación disponible para cualquier persona. Se compararon las características de los pozos perforados, para conocer si se disminuyeron las problemáticas o si se detectaron oportunamente, analizando la interacción química, comprobando si las problemáticas fueron originadas por el fluido de perforación utilizado mediante la comprensión del comportamiento del fluido y la litología.

Para poder descartar algún problema ocasionado relacionado con el área de fluidos, por alguna mala elección del tipo de fluido, una mala elección de las propiedades del fluido, entre otros

La buena elección del lodo de perforación debe ejecutarse con el fin de evitar los tiempos de atraso en la perforación de pozos petroleros y de no sobrepasar los márgenes económicos y técnicos, maximizando el índice de productividad. Otro punto importante a

tomar es la logística y la disposición de materiales en la elaboración de los lodos de perforación, realizando estrategias para la movilidad de ellos y su suficiente disponibilidad, que pueden utilizarse en técnicas basadas como el just in time y así evitar tiempos de atraso. Al ir sumando estos tiempos ocasionan los paros de equipos imputables a los servicios auxiliares a la perforación por una logística deficiente, que solo traen problemas y enormes pérdidas económicas, que no aseguran la continuidad en la perforación establecida en los programas de la empresa.

Una ventaja en instalaciones costa afuera es el uso de fluidos de agua marina, ya que se dispone de éste fluido in situ y no se requiere de traslado de materiales densificantes por la naturaleza del agua de mar.

Si se toma la decisión en la selección de un fluido con base agua, se requiere tener conocimiento de sus propiedades tixotrópicas y reológicas y del contenido de los componentes fisicoquímicos de la formación a perforar, para tener parámetros que ayuden a conocer como se comportara el contacto entre la formación y el fluido, evitando tiempos de atraso por pegaduras o atrapamiento de tuberías relacionadas al contacto en la zona productora

Por lo contrario si se utilizan fluidos base aceite, no se requiere de estudios previos ya que en los fluidos base aceite al entrar en contacto con la formación, no se hidrata la roca ya que el fluido inverso por su naturaleza lo impide, pero si se requieren conocer ciertos parámetros importantes como su reología y tixotropía a temperaturas altas y así determinar que se realizará una limpieza correcta del hueco, asegurando no salirse de los tiempos programados.

Una buena limpieza del agujero es necesaria tanto para remover los recortes que están por debajo de la barrena mientras se perfora, de tal forma que no se les reperfore, y para desplazarlos fuera del pozo para evitar pegaduras por esto la importancia del fluido de perforación evitando tener las problemáticas incluidas en esta investigación como por ejemplo pegaduras, resistencias, perdidas de circulación, arrastres, represionamiento, paros de rotaria deficiencias en el equipo de control de sólidos, entre otras.

Debido a la extensión de dichas problemáticas y a su análisis tan extenso solo nos enfocaremos en las resistencias que en nuestros pozos de estudio se presentaron con mayor frecuencia llamando nuestra atención para su análisis.

Se procedió a analizar las resistencias si fueron ocasionadas por el fluido de perforación utilizado indagando en las propiedades fisicoquímicas de dicho fluido conforme a su función en la limpieza del pozo e incluso sobre su estabilidad tomando los valores programados y reales.

### Resultados y discusión

Se comenzó estudiando las funciones del fluido de perforación y su importancia, después se observó cuáles de las propiedades del fluido afectan a la efectividad de la función del fluido de perforación, ya que para poder conocer los valores de las propiedades del fluido de perforación se requiere realizar ciertas pruebas de campo o de laboratorio, por ende de igual manera dichas pruebas se añadieron a las tablas de análisis para obtener una visión amplia y efectiva de ésta investigación (ver tabla 1)

Funciones	Propiedades del Fluido de Perforación	Problemas a Mitigar	Pruebas de Laboratorio de Campo	Pruebas de Laboratorio Especializadas	Calculos
1.- Transportar Recortes a Superficie	1a.- Propiedades Reológicas	Pegadura Resistencia Abundante Recorte Deficiencia en el ECS	1.1a.- Viscosímetro de Marsh 1.2a.- Viscosímetro Rotativo	1.1a.- Con Presión y Temperatura FANN 70, 1.2a.- Horno de Roliar y Arejado	
2.- Controlar las Presiones de Formación	2a.- Densidad del Fluido (Peso del Lodo)	Perdida Parcial de Circulación Perdida Total de Circulación	2a.- Balanza de Lodo		
3.- Suspender y Descargar los Recortes	3a.- Propiedades Tixotrópicas	Pegadura Resistencia Abundante Recorte	3a.- Viscosímetro Rotativo	3.1a.- Con Presión y Temperatura FANN 70, 3.2a.- Horno de Roliar y Arejado	
4.- Obturar Formaciones Permeables	4a.- Filtración, 4b.- Sellado de Formación, 4c.- Enjarje	Perdida Parcial de Circulación Abundante Recorte	4a.- Prueba de Filtrado API y Prueba de Filtrado ATAP	PPT (Testing Permeability Plug), Filtración Dinámica FANN 90	
5.- Mantener la Estabilidad del Agujero	5a.- Filtración, 5b.- Densidad del Fluido (Peso del Lodo), 5c.- Inhibición Química	Perdida Parcial de Circulación Abundante Recorte Pegadura Paro de rotaria Resistencia	5a.- Prueba de Filtrado API y Prueba de Filtrado ATAP, 5b.- Balanza de Lodo	5a.- Filtración Dinámica FANN 90, 5c.- Tiempo De Succión Capilar Hinchamiento Inicial	
6.- Minimizar los Daños a la Formación	6a.- Filtración, 6b.- Sellado de Formación, 6c.- Enjarje, 6d.- Composición Química	Perdida Parcial de Circulación Abundante Recorte Pegadura Paro de rotaria Resistencia	6a.- Prueba de Filtrado API y Prueba de Filtrado ATAP, 6b.- Enjarje	PPT (Testing Permeability Plug), Retorno a la Permeabilidad, Filtración Dinámica, 6d.- Solubilidad al Acido	
7.- Enfriar y Lubricar y Apoyar la Barrena y el Conjunto de Perforación	7a.- Lubricidad, 7b.- Densidad (Flotabilidad)	Perdida Parcial de Circulación Perdida Total de Circulación	7a.- Balanza de Lodo	7a.- Lubricímetro	
8.- Transmitir la Energía Hidráulica a las Herramientas y a la Barrena	8a.- Propiedades Reológicas, 8b.- Tipo de Comportamiento Reológico, 8c.- Modelo Reológico		8.1a.- Viscosímetro de Marsh, 8.2a.- Viscosímetro Rotativo	8a.- Con Presión y Temperatura FANN 70, Horno de Roliar y Arejado, 8c.- No Newtoniano	
9.- Asegurar una Evaluación Adecuada de la Formación	9a.- Nucleos, 9b.- Filtración, 9c.- Conductividad		Análisis Químico de los Fluidos, Pruebas de Intervalo, Pruebas de Productividad Potencial de la Formación, 9b.- Prueba de Filtrado API y Prueba de Filtrado ATAP, 9c.- Registros	9b.- Filtración Dinámica FANN 90	
10.- Controlar la Corrosión	10a.- Ph, 10b.- H2S, 10c.- Velocidad de rotación		10.1a.- Papel Ph, 10.2a Medidor De PH	10b.- Tren de Gas de Garret, 10c.- Electrodo de Cilindro Rotatorio	
11.- Facilitar la Cementación y la Competición	11a.- Densidad del Fluido (Peso del Lodo), 11b.- Filtración, 11c.- Propiedades Reológicas	Perdida Parcial de Circulación Perdida Total de Circulación Pegadura Arrastre	11a.- Balanza De Lodo, 11b.- Prueba de Filtrado API y Prueba de Filtrado ATAP	11.1c.- Horno de Roliar con Presión y Temperatura FANN 70, 11.2c.- Filtración Dinámica FANN 90	

Tabla 1. Funciones de los fluidos de control. Fuente propia

Posteriormente se capturaron los datos de los avances diarios de cada pozo (ver tabla 2), también se utilizaron puntos críticos de cada etapa, el programa de perforación de cada pozo, los reportes finales de cada etapa y el programa de fluidos de cada pozo así obteniendo

los datos necesarios para realizar nuestra investigación y tener el conglomerado lo suficientemente preparado para arrojar los resultados de acuerdo a nuestros objetivos añadiendo todas las propiedades dependiendo del tipo de fluido, debido a que no se realizan las mismas pruebas a todos los fluidos de estudio capturando dato por dato en cada avance perforado.

Fecha	Barrena	TR	Metros Perforados	Profundidad @24 hrs	Densidad	Filtrado API	Filtrado APAT	Alcalinidad	% de Sólidos	% de Agua
07/02/2018	28"	30"	0	0	1.06	16			2	98
08/02/2018	28"	30"	0	0	1.06	16			2	98
09/02/2018	28"	30"	144	0	1.06	16			2	98
10/02/2018	28"	30"	300	300	1.17	16			4	96
11/02/2018	28"	30"	0	300	1.17	16			4	96
13/02/2018	26"	20"	0	300	1.06	17			2	98
14/02/2018	26"	20"	0	300	1.06	17			2	98
15/02/2018	26"	20"	7	307	1.06	18			2	98
16/02/2018	26"	20"	300	607	1.06	18			2	98
17/02/2018	26"	20"	220	827	1.15	7			9	91
18/02/2018	26"	20"	173	1000	1.2	7			11	89
19/02/2018	26"	20"	0	1000	1.2	8			11	89
20/02/2018	26"	20"	0	1000	1.2	7			11	89
25/02/2018	17 1/2"	13 5/8"	0	1000	1.3		5	4	14	21
26/02/2018	17 1/2"	13 5/8"	0	1000	1.3		5	4	14	21
27/02/2018	17 1/2"	13 5/8"	258	1258	1.3		4	6	14	21
28/02/2018	17 1/2"	13 5/8"	283	1541	1.3		4	6	14	21
01/03/2018	17 1/2"	13 5/8"	264	1805	1.35		5	6	16	21
02/03/2018	17 1/2"	13 5/8"	344	2149	1.43		5	6	19	20
03/03/2018	17 1/2"	13 5/8"	140	2289	1.44		5	5	19	20
04/03/2018	17 1/2"	13 5/8"	160	2449	1.46		5	6	22	19
05/03/2018	17 1/2"	13 5/8"	302	2751	1.46		4.2	6	21	19
06/03/2018	17 1/2"	13 5/8"	189	2940	1.46		4.4	6	21	19
07/03/2018	17 1/2"	13 5/8"	0	2940	1.46		4.4	6	21	19
08/03/2018	17 1/2"	13 5/8"	0	2940	1.46		4.4	6	21	19
09/03/2018	17 1/2"	13 5/8"	0	2940	1.46		4.4	6	21	19
10/03/2018	17 1/2"	13 5/8"	0	2940	1.46		4.4	6	21	19
11/03/2018	17 1/2"	13 5/8"	0	2940	1.46		4.4	6	21	19
12/03/2018	17 1/2"	13 5/8"	0	2940	1.46		4.4	6	21	19
13/03/2018	17 1/2"	13 5/8"	0	2940	1.46		4.4	4.5	21	19
14/03/2018	17 1/2"	13 5/8"	0	2940	1.46		4.4	4.5	21	19
15/03/2018	17 1/2"	13 5/8"	0	2940	1.46		4.4	4.5	21	19
16/03/2018	17 1/2"	13 5/8"	0	2940	1.46		4.4	4.5	21	19
17/03/2018	17 1/2"	13 5/8"	0	2940	1.46		4.4	4.5	21	19

Tabla 2. Datos de avances diarios de cada pozo. Fuente Propia.

Se compararon las problemáticas presentadas por cada pozo y se observó que presentaron problemáticas similares en cada etapa, sin embargo, existieron varios patrones en todos los pozos, los cuales todos presentaron problemáticas similares en la misma etapa a diferentes profundidades. Por lo tanto se procedió a analizar las propiedades reológicas, la densidad del fluido de perforación, propiedades tixotrópicas, filtración, inhibición química y su Ph para descartar que estos problemas fueron ocasionados por el fluido de perforación. Para analizar esto se capturaron las propiedades programadas mínimas y máximas, de igual manera las propiedades reales con sus respectivos mínimos y máximos. Comenzamos por las propiedades del fluido de perforación las cuales afectan a las resistencias las cuales son las propiedades reológicas las propiedades tixotrópicas, filtración, densidad del fluido de perforación, inhibición química, enjarre y sellado de formación. Dichas propiedades son de gran importancia sin embargo la información sobre la inhibición química, enjarre y sellado de formación no se nos fue proporcionada en los reportes de cada etapa, sin embargo esta información no nos limita a continuar con el proyecto y tampoco al análisis del mismo.

Empezando a comparar la informacion obtenida con las resistencias presentadas en los pozos conociendo con esto en que etapas se presentaron resistencias y si estas fueron ocasionadas por alguna de las propiedades enlistadas anteriormente siendo mas elevadas o por debajo de lo programado. Por lo tanto se conglomero en una tabla donde se especificó por etapa sus valores programados (minimos y maximos) y sus valores reales (minimos y maximos) como se observa en la tabla 3.

Etapa		minimo programado	maximo programado	minimo real	maximo real	Resistencia	Resistencia	Resistencia	Resistencia
Primer etapa	Va	25	40.125	32.375	40.625	145	100	144	287
	Vp	14	22	17.25	20.5	145	139	291	302
	Pc	22	36.25	30	40.25	95.3	295	278	296.3
Segunda etapa	Va	18	36.125	25	34.125	428	300	559	#N/A
	Vp	10.5	21	13.5	20	345	535	#N/A	#N/A
	Pc	15	30.25	22.5	30	707	391	#N/A	#N/A
Tercera etapa	Va	24.25	46.75	29.625	38.375	983	707	707	#N/A
	Vp	16.5	32.25	20.75	27	942	902	1050	#N/A
	Pc	15.5	29	17	22.5	950	450	1042	#N/A
Cuarta etapa	Va	40	63	41.125	55	1320	1503	#N/A	#N/A
	Vp	31.5	47.5	30	41.75	1508	#N/A	#N/A	#N/A
	Pc	17	31	20.75	28.75	1336	#N/A	#N/A	#N/A
Quinta etapa	Va	36	57.625	47.5	51.25	3648	4139	#N/A	#N/A
	Vp	27	40.5	36.5	39.5	3457	4140	#N/A	#N/A
	Pc	18	34.25	21	25.5	4138	#N/A	#N/A	#N/A
Sexta etapa	Va	22.25	42	29.333333	38.166667	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
	Vp	11.75	24.75	17.666667	25	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
	Pc	21	34.5	21.666667	31	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
Septima etapa	Va	15	40	23	49	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
	Vp	5	20	11	40	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
	Pc	20	40	18	27	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A

Tabla 3. Valores programados y reales (máximos y mínimos) de las propiedades reológicas de los fluidos Fuente Propia.

Se realizó un promedio de los 4 pozos por etapa dicho promedio se conjuntó por etapa y por cada mínimo y máximo, posteriormente se obtuvo como resultado lo siguiente. (ver tabla 4).

Plataforma	Pozo	Localización	Columna1	Tipo de fluido	Barrena	TR	Vol. Programado (m3)	Vol. Real (m3)	Volumen Generado (m3)
Cosil 7	Ayatsil 107-A	Sonda de Campeche	M.I. Sivaco	Bentonitico	28"	30"	433.19	254	N/E
Cosil 7	Ayatsil 107-A	Sonda de Campeche	M.I. Sivaco	BAP1	28"	20"	1141.67	842.8	N/E
Cosil 7	Ayatsil 107-A	Sonda de Campeche	M.I. Sivaco	E.I. Versadril	17 1/2"	13 5/8"	1238.66	1251	N/E
Cosil 7	Ayatsil 107-A	Sonda de Campeche	M.I. Sivaco	E.I. Versadril	12 1/4"	10 3/4"	571.14	569.27	N/E
Cosil 7	Ayatsil 107-A	Sonda de Campeche	M.I. Sivaco	E.I. Versadril	8 1/2"	7 5/8"	4294	1902.3	N/E
Cosil 7	Ayatsil 107-A	Sonda de Campeche	T.I.F.P.	SP-Brecha	6 1/2"	5 1/2"			N/E
Cosil 7	Ayatsil 106	Sonda de Campeche	M.I. Sivaco	Bentonitico	28"	30"	250	254	N/E
Cosil 7	Ayatsil 106	Sonda de Campeche	M.I. Sivaco	BAP1	28"	20"	1367.45	814.81	N/E
Cosil 7	Ayatsil 106	Sonda de Campeche	M.I. Sivaco	E.I. Versadril	14 5/8" x 17 1/2"	13 5/8"	1238.66	874	25.5
Cosil 7	Ayatsil 106	Sonda de Campeche	M.I. Sivaco	E.I. Versadril	12 1/4"	10 3/4"	640	783.62	53.3
Cosil 7	Ayatsil 106	Sonda de Campeche	M.I. Sivaco	E.I. Bamil	8 1/2"	7 5/8"	638	3611	3611
Cosil 7	Ayatsil 106	Sonda de Campeche	M.I. Sivaco	FAPX	6 1/2"	5 1/2"	640	5696	5696
MASE-006	Ayatsil-139	Sonda de Campeche	M.I. Sivaco	BAP1	28"	30"	402.68	367	N/E
MASE-006	Ayatsil-139	Sonda de Campeche	M.I. Sivaco	BAP1	28"	20"	1445.28	N/E	533.87
MASE-006	Ayatsil-139	Sonda de Campeche	M.I. Sivaco	E.I. Versadril	17 1/2"	13 5/8"	981.19	1154	94.21
MASE-006	Ayatsil-139	Sonda de Campeche	M.I. Sivaco	E.I. Versadril	12 1/4"	10 3/4"	697	478	N/E
MASE-006	Ayatsil-139	Sonda de Campeche	M.I. Sivaco	E.I. Versadril	8 1/2"	7 5/8"	560	398	N/E
MASE-006	Ayatsil-139	Sonda de Campeche	M.I. Sivaco	E.I. Bamil	6 1/2"	5 1/2"	3100	3148.61	N/E
Ayatsil-A	Ayatsil-133	Sonda de Campeche	M.I. Sivaco	Bentonitico	28"	30"	402.78	353	N/E
Ayatsil-A	Ayatsil-133	Sonda de Campeche	M.I. Sivaco	BAP1	28"	20"	1073.67	605	N/E

Tabla 4. Volumetrías programadas y reales por plataforma, pozo y localización. Fuente propia.

## **Conclusiones.**

En el estudio realizado arroja resultados de gran relevancia puesto que se puede observar que en la etapa que no se presentan problemas se apegan incluso se ajustan al máximo de las propiedades programadas y proporciona una mejor limpieza de pozo, un óptimo soporte de las paredes del pozo entre otros, dado a que tiene las condiciones óptimas. Inclusive cuando se requiere elevarlas con incrementos pequeños pero significativos puesto que no perjudican, pero se beneficia con un buen control de pozo, como por ejemplo se pudo observar en la séptima etapa, donde se realizó un incremento considerable de las propiedades reológicas con respecto a los programas y se presentó un porcentaje menor de problemáticas con respecto a otras etapas.

Un buen fluido de perforación es todo un reto que se debe de asumir en la perforación, ya que con un buen fluido se logrará generar y mantener las propiedades óptimas al pozo perforado y aunque se tenga una buena programación, siempre se debe monitorear para evitar los paros de labores o retrasos en el programa de perforación.

## **Referencias bibliográficas**

Hernández Rodríguez Oscar (2009) Exploración y Producción de lutitas gasíferas un recurso no convencional en México, Tesis UNAM

Kaiser, M., & Pulshiper, A. (2007). Generalized Functional Models for Drilling Cost Estimation. SPE.

Kreige, G., & Meriam, J. (2007). Engineering Mechanic Statics. John Wiley & Sons, Inc.

Loaiza, M., Ramírez, F., Morales, D., Colmenares, E., & Tapia, E. (2015). Techniques and Benefits of Drilling into 2 Sections in the Ecuadorian Basin. SPE, 8.

Maindla, E., & Maindra, W. (2010). Rigorous Drilling Nonproductive-Time Determination and Elimination of Invisible Lost Time: Theory and Case Histories. SPE, 9.

Marbun, B., Aristya, R., Pinem, R., Ramli, B., & Gadi, K. (2013). Evaluation of Non Productive Time of Geothermal Drilling Operations – Case Study in Indonesia. Stanford University, 9.

Pérez-Martínez E & Prado Morales G. & Rojas Figueroa A. & Correa López M. (2013). Desarrollo de Campos Marginales – Caso de Estudio: Campo Ku Maloob Zaap Formación Eoceno Medio, México; Biblat. UNAM, vol. 53 número 5, 298-315.

Rabia, H. (2002). Well engineering and construction.

Ramsey, M. (2007). Improved Drilling Technical Training and Communications for Effective Rig Utilization and Accelerated Promotional Schedules During the Big Crew Change and Associated. Houston.

Velázquez Cruz D. (2018) Curso de Geomecánica de pozos, IMP e IPN.

York, P., Panitchard, D., Dodson, J., Dodson, T., Rosenberg, S., Gala, D., & Utama, B. (2009). Eliminating Non-Productive Time Associated with Drilling Trouble Zones. Offshore Technology Conference OTC, 18.



# **Detección de arritmias en personas adultas mediante una aplicación para dispositivos móviles Android**

## **Detection of arrhythmias in adults using an application for Android mobile devices**

Gerardo De-La-Cruz-De-La-Cruz<sup>1-2</sup>, Bernardo De-La-Cruz-Feliciano<sup>1-2</sup>,  
Manuel Hernández-Hernández<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Chicontepec, Veracruz, México.

<sup>2</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca, Veracruz, México.

---

Recibido: 02-10-2020

Aceptado: 04-12-2020

Autor correspondal: [gerardodcdc2@hotmail.com](mailto:gerardodcdc2@hotmail.com)>

## Resumen

Las principales muertes del mundo son por enfermedades cardiovasculares. El 90% de los infartos que se producen se asocia a factores de riesgo clásicos, como la hipertensión, niveles de colesterol elevado, tabaquismo, diabetes o la obesidad.

En este artículo se muestra el desarrollo de una aplicación para dispositivos móviles Android que permite la medición de la frecuencia cardíaca y detección de arritmias, en personas mayores de 55 años de edad que se encuentran en reposo. Dicho sistema se llevó a cabo con una pulsera Scosche Rhythm, para la adquisición de los datos que son enviados mediante la comunicación Bluetooth a un dispositivo móvil con la aplicación instalada, la aplicación es encargada de tratar los datos que son almacenados y detectar la presencia de una arritmia, los resultados obtenidos en las pruebas realizadas con las personas en reposo que padecen enfermedades cardiovasculares fueron óptimas, debido a que el funcionamiento de la aplicación nos permitió observar la medición de la frecuencia cardíaca en tiempo real y detectar las arritmias cardíacas que se presentaron en un 95% de la totalidad.

La aplicación se desarrolla para un sistema Android que mantiene una compatibilidad con la mayoría de los teléfonos móviles.

**Palabras clave:** Bluetooth, Scosche, Pulso cardíaco, Aplicación, Arritmia.

## Abstract

The main deaths in the world are from cardiovascular diseases. 90% of the heart attacks that occur are associated with classic risk factors, such as hypertension, high cholesterol levels, smoking, diabetes or obesity.

This article shows the development of an application for Android mobile devices that enables heart rate measurement and arrhythmia detection in people over 55 years of age who are at rest. This system was carried out with a Scosche Rhythm bracelet, for the acquisition of data that is sent through Bluetooth communication to a mobile device with the application installed, the application is in charge of treating the data that is stored and detecting the presence of an arrhythmia, the results obtained in the tests carried out with people at rest suffering from cardiovascular diseases were optimal, because the operation of the application allowed us to observe the measurement of the heart rate in real time and detect the cardiac arrhythmias that occurred in 95% of the total.

The application is developed for an Android system that maintains compatibility with most mobile phones.

**Keywords:** Bluetooth, Scosche, Heart rate, Application, Arrhythmia.

## Introducción

Este proyecto se plantea como el manejo de la frecuencia cardiaca y detección de arritmias, considerando que las enfermedades cardiovasculares son la principal muerte en el mundo. Se calcula que en 2015 murieron por esta causa 17,7 millones de personas, lo cual representa un 31% de todas las muertes registradas en el mundo. De estas muertes, 7,4 millones se debieron a la cardiopatía coronaria, y 6,7 millones, a los AVC (OMS, 2017).

Las enfermedades cardiovasculares son un grupo de desórdenes del corazón y de los vasos sanguíneos. En México, el 19% de mujeres y hombres de 30 a 69 años muere de enfermedades cardiovasculares, hay más de 17 millones de hipertensos, 14 millones de dislipidémicos, 6 millones de diabéticos, 35 millones de adultos con sobrepeso u obesidad y 15 millones con grados variables de tabaquismo por lo que se vuelve una parte fundamental la detección y el diagnóstico de las enfermedades cardíacas (Sánchez, 2016).

La arritmia es una condición médica común que incluye una amplia gama de patologías relacionadas con el corazón. La prevención de muertes por ECV (Enfermedades cardiovasculares), representadas en su mayoría por arritmias cardíacas, requieren identificación rápida y precisa. El desarrollo preciso de las técnicas no invasivas para la identificación de pacientes en riesgo de sufrir arritmias letales es esencial para la reducción de la mortalidad de las complicaciones cardíacas (Olivera, 2014).

El proyecto se enfoca en la medición de la frecuencia cardiaca del paciente mediante la captura de la información en tiempo real, con el objetivo de observar el comportamiento de su ritmo cardiaco y detectar la presencia de arritmias cardíacas en personas adultas mayores de 55 años de edad en reposo. Para la realización de este proyecto se seleccionó el dispositivo Scosche Rhythm (PreMarathon, 2016), el cual toma la medida de la frecuencia cardiaca en cuestión de segundos y sin molestia alguna. El tamaño del pulsómetro lo hace más cómodo para su uso. La aplicación se desarrolla para dispositivos Android por su facilidad de diseño y mayor compatibilidad de teléfonos móviles ( Mena Roa, 2020).

## Materiales y métodos

El presente estudio tiene como finalidad facilitar la medición de la frecuencia cardiaca, en personas mayores de 55 años, mediante un sistema de medición del ritmo cardiaca a través de dispositivos móviles con sistema operativo Android. Para la realización de este proyecto el primer paso es llevar a cabo la medición de la frecuencia cardiaca, usando una pulsera Scosche Rhythm (Scosche, Best Heart Rate Monitor | Rhythm Plus, 2020), la cual fue seleccionada después de realizar un análisis de ser un dispositivo de bajo costo, gran comodidad y precisión.

En la actualidad existen una gran variedad de dispositivos para la medición de la frecuencia cardiaca, de acuerdo a las necesidades y requerimientos del proyecto se busca el valor de la frecuencia cardiaca, para ser enviado inalámbricamente a un dispositivo móvil. Dado lo anterior, se selecciona un dispositivo de bajo costo que no cuente con pantalla para visualizar los latidos por minuto. En la tabla 1 se realiza una comparativa de los Pulsómetros más adecuados al proyecto.

Tabla 1. Comparación de Pulsómetros

Pulsómetro	Costo	Positivo	Negativo
<b>Polar Oh1</b>	62,90 € Amazon \$1899 Mercado Libre	Sumergible, sensor de precisión	No cuenta con pantalla
<b>Garmin Forerunner 35</b>	124,99 € Amazon \$3889 Mercado Libre	Pantalla de led, funciones extras	Costo elevado
<b>Polar M200</b>	89,99 € Amazon \$3700 Mercado Libre	Pantalla de led, funciones extras	Costo elevado
<b>Scosche Rhythm plus</b>	73,38€ Amazon \$1600 Mercado libre	Sumergible, sensor de precisión	No cuenta con pantalla
<b>Mio link</b>	129,56€ Amazon \$3899 Mercado Libre	Sumergible, sensor de precisión	No cuenta con pantalla
<b>Garmin Vivosmart HR</b>	124,68€ Amazon \$3148 Mercado libre	Pantalla de led, funciones extras	Costo elevado
<b>Fitbit Versa 2</b>	189,00€ Amazon \$3500 Mercado libre	Pantalla de led, funciones extras	Costo elevado

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta los Pulsómetros comparados en la tabla 1, cuentan con comunicación vía Bluetooth 4.0, se llegó a la conclusión de que la mejor opción por precio, comodidad y precisión de las lecturas del ritmo cardiaco es Scosche Rhythm debido a que solo se requiere los valores de la frecuencia cardiaca, como los valores no serán visualizados en el pulsómetro si no en la aplicación, que es la otra característica que obliga a la elección del dispositivo, en la figura 1 se muestra el pulsómetro elegido a utilizar en el proyecto.



Figura 1. Pulsómetro Scosche Rhythm

Fuente: Tomado de (Scosche, 2010)

#### Especificaciones del producto seleccionado:

- Construcción a prueba de agua IP67: sumergible hasta 1 metro
- Brazaletes ligero y transpirable: no se requiere correa para el pecho
- Hyper-Accurate: tecnología de sensor óptico patentada
- Aplicación amigable: funciona con cientos de aplicaciones
- Bluetooth Smart y ANT +: funciona con prácticamente cualquier dispositivo
- 100 pies Rango: Entrenamiento hasta 100 pies de distancia del dispositivo (30 metros aproximadamente)
- 8 horas de duración de la batería: batería interna recargable
- Sensores ópticos verde / amarillo: mediciones superiores en comparación con solo sensores verdes. Medición de la frecuencia cardiaca con un alto grado de precisión.

Los datos son adquiridos en valores de latidos por minuto, de forma sencilla sin presentar ninguna molestia, debido a que la técnica de fotoplethysmografía que utiliza el pulsómetro para

medir la frecuencia cardíaca es una técnica no invasiva. Los datos obtenidos son enviados de manera inalámbrica vía Bluetooth Smart 4.0, que ésta basa su funcionamiento en el Bluetooth de baja energía (BLE por sus siglas en inglés) (Bluetooth, 2015). La pulsera Scosche se enlaza con el dispositivo por medio de la aplicación para la obtención de las lecturas del ritmo cardíaco del paciente.

En la figura 2 se muestra la pantalla de inicio de Arrit-mo, en donde se registra el usuario, quedando registrado al momento de darle click en el botón entrar.



Figura 2. Pantalla de inicio de la aplicación

Fuente: Elaboración Propia

La aplicación muestra en la pantalla las lecturas obtenidas en tiempo real, también muestra la situación del paciente, si su ritmo cardíaco es estable o si presenta una arritmia en ese instante, tal como se muestra en la figura 3.



Figura 3. Pantalla de lectura de la frecuencia cardíaca

Fuente: Elaboración Propia.

Para el desarrollo de la aplicación fue necesario el uso del software de programación de aplicaciones Android Studio (Studio, 2019). Esto debido a que es más fácil de programar y Android hace uso de programación Java. La aplicación deberá estar instalada en el dispositivo móvil para la obtención de los datos de la frecuencia cardiaca, que es recibida vía Bluetooth a través del pulsómetro.

La técnica que utiliza el pulsómetro para la adquisición de la frecuencia cardiaca es el Fotopleetismo, que mide la frecuencia cardiaca mediante foto-diodos y LEDs verdes que son reflejados dependiendo del flujo sanguíneo. Las lecturas de la frecuencia cardiaca son obtenidas en latidos por minuto con respecto al tiempo. Para saber si el usuario se encuentra estable o presenta una arritmia cardiaca, se toma en cuenta los valores de la tabla 2 con las condiciones de la frecuencia cardiaca.

Tabla 2. Condiciones para la detección de arritmias

Condición	Rango de Frecuencia	Alerta
Se considera como frecuencia normal o estable	Si $60 \leq FC(t) \leq 100$ lpm	Estable
Se considera que presenta una arritmia	Si $FC(t) < 60$ lpm	Bradycardia
Se considera que presenta una arritmia	Si $FC(t) > 100$ lpm	Taquicardia

Fuente: Modificada de (Mulet Segura, 2017).

La aplicación está desarrollada por los siguientes apartados:

- En el primer apartado se registran los datos de la persona como son: fecha de nacimiento, edad, estatura, peso, sexo.
- En el segundo apartado se registran los datos del contacto de emergencia como son: Nombre, Parentesco, Ubicación, correo electrónico y número telefónico.
- En el apartado tres se registran las lecturas obtenidas de la frecuencia cardiaca del usuario.
- En el siguiente apartado es donde se realiza la lectura de la frecuencia cardiaca.
- En el apartado cinco se realiza la sincronización del pulsómetro con la aplicación.

- En el apartado seis se muestran otros factores de riesgo que pueden afectar en la salud de la persona como son: fuma, consume alcohol, diabético, obesidad, etc.

Para el desarrollo de la aplicación se tomó en cuenta algunos conceptos, referentes a las partes que componen a la aplicación que son:

- **Layout:** Son un conjunto de vistas agrupadas en torno a una estructura.
- **Actividad:** Cada aplicación está formada por una serie de pantallas a las cuales se les denomina actividad.
- **Servicio:** Son los procesos que se ejecutan en segundo plano, sin necesidad de interactuar con el usuario.
- **Intent:** Es un objeto que representa el deseo de realizar una acción, se utiliza para comenzar actividades.
- **View:** Se le denomina así a cada elemento que forma la interfaz gráfica.

Estos son a grandes rasgos las partes que componen a la aplicación que se comienza en la adquisición de los datos recibidos a través de Bluetooth, que a su vez son almacenados en la misma aplicación.

### **Resultados y discusión**

Para iniciar la aplicación la figura 4, muestra el diagrama de uso y se observa cómo se llevan a cabo las diferentes funciones. Al inicio de la aplicación el usuario se registra con su nombre, después de registrarse ingresa a la pantalla principal que le aparecen los iconos donde podrá ingresar a cualquier de los seis apartados. La figura 2 muestra la pantalla de inicio de la aplicación.

Al ingresar en el primer apartado el usuario podrá registrar sus datos personales, posteriormente guardarlos dándoles clic al botón guardar. Después ingresa en el apartado de datos del contacto que igual forma ingresa sus datos para almacenarlos en el dispositivo con el botón guardar. Al ingresar en el apartado de historial el usuario solo podrá consultar las lecturas obtenidas durante un tiempo determinado.

Al ingresar al apartado de medir pulso, proporciona dos opciones, la primera si el dispositivo está vinculado con la aplicación esta nos arrojará la lectura de la frecuencia cardíaca en latidos por minuto, como se muestra en la figura 3. La segunda, si el dispositivo no está vinculado con la aplicación, esta nos mandará de forma automática al apartado de sincronización para agregar al pulsómetro y regresar a la medición del pulso cardíaco.

Si se ingresa al apartado de sincronización nos envía un mensaje asegurándose que el Bluetooth y el sistema de ubicación están activados, para agregar de manera correcta el dispositivo. Al ingresar en el último apartado se registran datos de factores que podrían afectar a la salud del usuario que también son almacenados en el dispositivo.

Cuando la aplicación obtiene los datos de la frecuencia cardiaca, permite observar las mediciones obtenidas por el pulsómetro en latido por minuto (lpm), el usuario se encuentra con la frecuencia cardiaca normal o estable cuando sus lpm están dentro de los rangos establecidos en la tabla 2. Si las mediciones son menores de 60 lpm o mayores de 100 lpm, la aplicación detecta la presencia de una arritmia clasificándola inmediatamente como bradicardia o taquicardia.

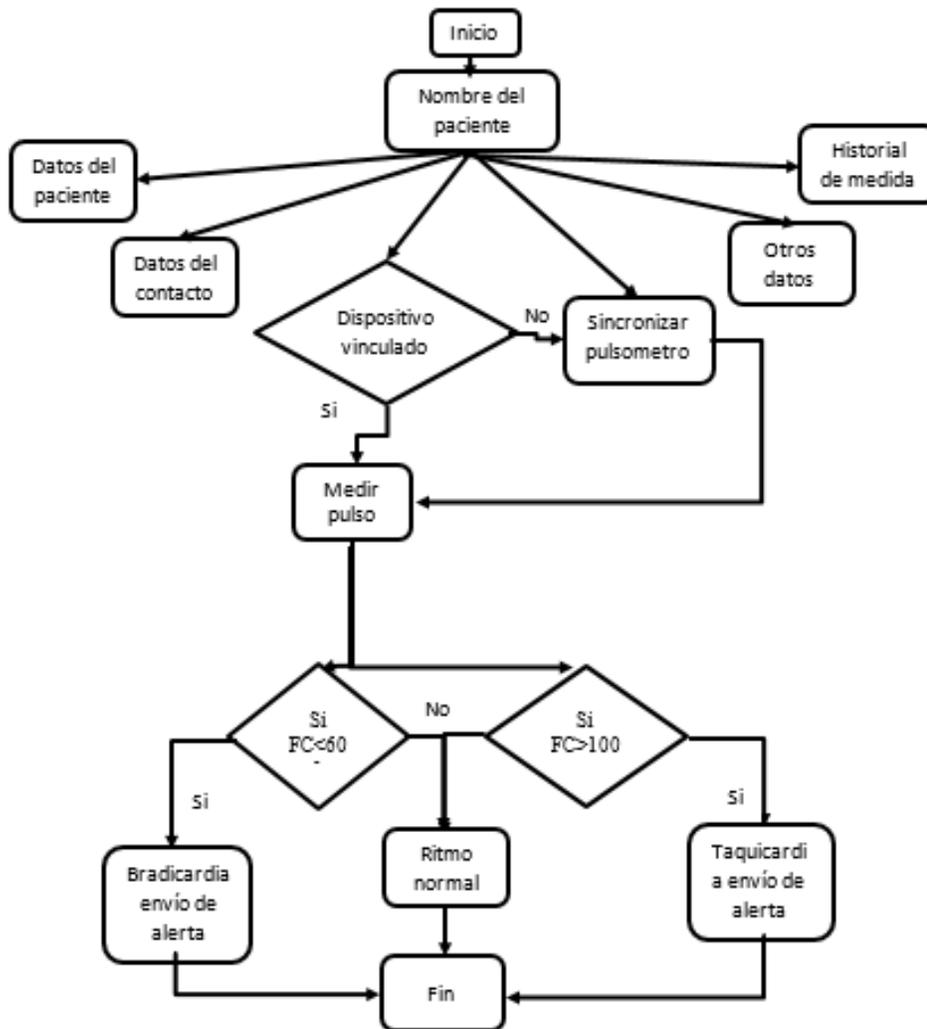


Figura 4. Diagrama del uso de la aplicación

Fuente: Elaboración Propia

La aplicación fue probada para su funcionamiento en pacientes mayores de 55 años de edad, en la figura 5 se muestra el funcionamiento de la aplicación con una persona de sexo femenino de 64 años de edad, con un ritmo cardiaco de 77 lpm y que se encuentra estable.



Figura 5. Prueba de funcionamiento estable

Fuente: Elaboración Propia

Para tener una mayor confiabilidad de las lecturas proporcionadas por la aplicación, se realiza una comparación con dos aplicaciones más seguras, confiables y precisas (Antonio M., 2020), estas aplicaciones son: Instant Heart Rate, Cardiograph. También se realizó la comparación de una aplicación recomendada por el fabricante de Scosche que es Fitdigit (Scosche, 2020), en la figura 6 se muestra la comparación de las aplicaciones al obtener la frecuencia cardiaca de la persona.



Figura 6. Prueba de comparación de aplicaciones

Fuente: Elaboración Propia

Para realizar las comparaciones se tomaron las medidas de 30 datos en tiempo real de forma aleatoria, durante un periodo de 3 horas. La primera comparación con la aplicación Instant Heart Rate se produjo un error promedio (MAPE) del sistema en la medición del pulso cardiaco de 1.87%. Con respecto a la aplicación Cardiograph el error promedio (MAPE) del sistema fue de 7.63%. y la tercera comparación con la aplicación Fitdigit el error promedio (MAPE) fue de 1.2%. Al analizar los porcentajes se determina que el desempeño de la aplicación es exitoso debido a que existe un error promedio 3.5% en las comparaciones realizadas, lo cual indica que las lecturas de la aplicación son correctas y exactas.

Durante las pruebas de comparación se detectaron 18 lecturas fuera del rango de estable, la aplicación de Arrit-mo logró detectar el 95% de las arritmias en comparación con las otras aplicaciones que solo mostraban la lectura de la frecuencia cardiaca. En la figura 7 se muestra la detección de una arritmia cardiaca conocida como bradicardia.



Figura 7. Detección de Arritmia Bradicardia

Fuente: Elaboración Propia

Con las comparaciones realizadas se ha observado que el funcionamiento de la aplicación es correcta y confiable para obtener la medida del pulso cardiaco y detección de arritmias en personas mayores de 55 años de edad, que se encuentren en reposo.

## Conclusiones

En la actualidad existen distintas aplicaciones que permiten el monitoreo de la frecuencia cardiaca, la detección de arritmias puede ser un factor importante para prevención de riesgos cardiovasculares. El proyecto se presenta con una alternativa para la detección de arritmias, tomando en cuenta que fue diseñado para dispositivos móviles con sistema Android.

Los resultados obtenidos al utilizar Arrit-mo son favorables debido a que se logró obtener lecturas correctas con un margen de error de 3.5% en comparación con otras aplicaciones. También se obtuvo un 95% en la detección de arritmias en personas adultas mayores de 55 años de edad.

Las personas que utilizaron Arrit-mo manifestaron un interés en el funcionamiento de la aplicación, debido a que el diseño es muy amigable, fácil de utilizar, monitorean su pulso cardiaco y detecta las arritmias con éxito. Al realizar la comparación del proyecto con otros sistemas ya existentes en el mercado, a diferencia de los demás la aplicación detecta si la condición del usuario es estable o presenta una arritmia cardiaca, y de esta manera poder prevenir algún riesgo de salud en la persona.

## Referencias bibliográficas

Antonio M., O. (22 de Mayo de 2020). Las Mejores Aplicaciones Android Para Monitorear la Frecuencia Cardiaca del 2018. Obtenido de <https://famisafe.wondershare.com/es/android-monitoring/android-heart-rate-monitor.html>

Bluetooth. (2015). Bluetooth technology basics. Obtenido de [www.bluetooth.com/what-is-bluetooth-technology/bluetooth-technology-basics](http://www.bluetooth.com/what-is-bluetooth-technology/bluetooth-technology-basics)

Mena Roa, M. (30 de Julio de 2020). Android e iOS dominan el mercado de los smartphones. Obtenido de <https://es.statista.com/grafico/18920/cuota-de-mercado-mundial-de-smartphones-por-sistema-operativo/#:~:text=Android%20e%20iOS%20dominan%20el%20mercado%20de%20los%20smartphones,->

Autor%20M%20C3%B3nica%20Mena&text=Seg%20C3%BA%20datos%20de%20la%20consultora,App

Mulet Segura, C. (2017). Arritmias y Riesgo Cardiovascular Diseño, Control e Investigación de una aplicación para dispositivos móviles. Facultad de medicina. Valencia: Universidad de Valencia.

Olivera Álvarez, N. (2014). Desarrollo de un método de detección de arritmias para un dispositivo móvil con sistema de alerta. México, D. F.: Universidad Nacional Autónoma de México. Programa de maestría y Doctorado en ingeniería.

OMS. (17 de Mayo de 2017). Enfermedades cardiovasculares. Obtenido de [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds))

PreMarathon, V. (30 de Junio de 2016). Pulsómetro óptico Scosche rhythm+: análisis, prueba y opinión. Obtenido de <https://www.sport.es/laborsadelcorredor/pulsometro-optico-scosche-rhythm-plus-analisis-prueba-opinion/>

Sánchez , A. G., Bobadilla, M. E., & Gómez Ortega, M. (3 de Julio de 2016). Revista Mexicana de cardiología. Obtenido de Enfermedad cardiovascular. Primera causa de muerte en un hospital de tercer nivel: <https://www.medigraphic.com/pdfs/cardio/h-2016/hs163a.pdf>

Scosche. (2010). Scosche Accessories for life. Obtenido de <https://www.scosche.com/rhythm-plus-heart-rate-monitor-armband>

Scosche. (Mayo de 2020). Obtenido de RHYTHM+™ works with most popular health and fitness apps including: <https://www.scosche.com/rhythm-plus>

Scosche. (2020). Best Heart Rate Monitor | Rhythm Plus. Obtenido de <https://www.scosche.com/rhythm-plus>

Studio, A. (2019). Android studio the official ide for android. Obtenido de <https://developer.android.com/studio/index.html>



**Diseño de aplicación APP “Herramienta de funcionamiento de componentes de un equipo de perforación de pozos petroleros” (Perfoguía Mobile)**

**Application Design APP “Component operating tool of an oil well drilling equipment (Perfoguía Mobile)**

Rosalino del-Ángel-Avilés<sup>1</sup>, Leobardo Mendo-Ostos<sup>1</sup>, Rogelio García-Rodríguez<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca, Veracruz, México.

---

Recibido: 26-09-2020  
Aceptado: 02-12-2020

Autor correspondal: [rosalino.delangel@itsta.edu.mx](mailto:rosalino.delangel@itsta.edu.mx)

## **Resumen**

El uso de aplicaciones para potencializar el proceso de aprendizaje y de la incorporación de las tecnologías de información en las aulas, es de suma importancia para docentes, alumnos y personas que laboren en pozos petroleros. La carrera de ingeniería petrolera no está exenta de esto y desarrolla una aplicación donde se explica a detalle el funcionamiento de cada componente que integra un equipo de perforación de pozos petroleros y tenerlo en un dispositivo Smartphone para consulta las 24 horas del día, siendo una herramienta útil al aprendizaje de alumnos al no poder trasladarse a un equipo de perforación físico.

Este proyecto facilitara el funcionamiento, el reconocimiento, la ubicación de los componentes de un equipo de perforación de forma interactiva, tales como el sistema de izaje, el sistema rotatorio, la sarta de perforación, el sistema de circulación de fluidos, el sistema de preventores, el sistema mecánico o eléctrico, con solo abrir la aplicación en su teléfono inteligente y dirigirse dentro del menú lo que se desea consultar.

Palabras claves: APP, equipo de perforación, teléfono inteligente, ingeniería petrolera

## **Abstract**

The realization of applications to potentiate the learning process and the incorporation of information technologies in them, is of vital importance. In the petroleum engineering career it is essential to know the operation of each component that integrates a drilling rig of oil wells and have it in a Smartphone device for consultation 24 hours a day, it makes the learning way more effective, by Not being able to move to a physical drilling team.

This project will facilitate the operation, recognition, location of the components of a drilling rig interactively, such as the lifting system, the rotary system, the drilling string, the fluid circulation system, the preventer system, the mechanical or electrical system, just by opening the application on your smartphone and go inside the menu what you want to consult.

Keywords: APP, drilling equipment, Smartphone, petroleum engineering.

## Introducción

Las técnicas de perforación de pozos con objetivos para exploración y producción para aceite y gas han sido objeto de estudio desde los inicios de la industria petrolera, con la finalidad de optimizar los procesos para obtener pozos seguros, en un menor tiempo y al menor costo posible. Desde los inicios de las técnicas de perforación con cable o percusión hasta el presente, con la utilización de herramientas rotativa accionadas desde superficie o mediante el empleo de motores de fondo, ha habido una permanente preocupación por mejorar la calidad de los pozos perforados, reducir los costos operativos y optimizar las condiciones de seguridad del personal (Campos, 2011).

Dentro de éste contexto, se sitúa a las nuevas generaciones con nuevos retos que presenta la industria petrolera, como la de estabilizar la producción de hidrocarburos, incrementar las reservas 1P, 2P y 3P que presentan situaciones geológicas complejas y de baja permeabilidad en la roca, problemas ambientales relacionados con las operaciones de perforación y de extracción, el incremento en la recuperación primaria y secundaria, entre otros factores y que son más comunes en el ámbito petrolero y como consecuencia han impulsado la búsqueda y creación de nuevas tecnologías de perforación, registros de pozos, análisis de formaciones y métodos convencionales y no convencionales en la extracción de hidrocarburos.

Dentro de este contexto el ingeniero petrolero debe conocer perfectamente el funcionamiento de todos los componentes que integran estas tecnologías, si se encuentra en la prospección, se debe conocer los equipos de la exploración geofísica que se fundamenta en el uso de equipos eléctricos, mecánicos, electrónicos para medir las propiedades físicas de las rocas; los usos de instrumentos de medición son desarrollados con la intención de detectar y cuantificar las características, respuestas, fenómenos físicos y químicos del subsuelo. Dentro de la perforación de pozos los estudiantes de ingeniería petrolera manipularán a diario los componentes de un equipo de perforación como el sistema de izaje, sistema de circulación, el sistema rotatorio, el sistema de control y el sistema de monitoreo. En la producción de pozos el alumno debe reconocer los equipos superficiales de producción tales como los ensambles y líneas de descarga, las baterías de separación bifásica y trifásica, deshidratadores, desaladores, endulzamiento de gas, centrales de almacenamiento, equipos

de bombeo de hidrocarburos, sistema de distribución y transporte para ser entregado a los sistemas de refinación y petroquímica para la obtención de derivados, comercialización y venta.

### **Objeto de estudio**

Con la aparición de los teléfonos inteligentes, y el masivo uso que se hace de ellos, además con el auge de las aplicaciones móviles, se aprovechará que la mayoría de los alumnos del Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca cuentan con un dispositivo personal, el cual además de mantenerlos comunicados, sirve para reforzar los conocimientos adquiridos en el aula.

Para Cruz y López (2007) las necesidades y los retos en la educación actualmente generan la necesidad de diseñar más y mejores estrategias, utilizando todos los recursos disponibles, ya sean humanos o tecnológicos. De esa manera, muchas estrategias educativas han adoptado modelos de aprendizaje que hacen uso de las tecnologías de la información (TI) para reforzar el proceso de generación del conocimiento. El uso de aplicaciones de software en éste ámbito, ha originado el desarrollo de múltiples herramientas computacionales en todos los niveles educativos.

Este modelo educativo basado en el uso de dispositivos móviles se ha desarrollado desde hace varios años, dando como resultado varios proyectos de investigación y algunos productos comerciales. De esta manera, existe evidencia de los beneficios que ofrece el m-learning como una extensión del aprendizaje electrónico (e-learning) y las dificultades asociadas por la integración de este modelo a los diferentes esquemas educativos, como sustentan Vavoula (2005), Ally et al. (2005) y Good (2006).

Ante lo mencionado anteriormente surge la inquietud de realizar una aplicación para dispositivos móviles específicamente para la división de Ingeniería Petrolera que permita:

- Conocer los sistemas del equipo de perforación, así como aprender su funcionamiento y los componentes que lo conforman.

- Contar con información confiable en cualquier parte, facilitando el estudio y aprendizaje, aún en lugares sin acceso a internet.

Principalmente el presente proyecto busca ser un apoyo en el aprendizaje de los alumnos de la división de Ingeniería Petrolera, contando con la información necesaria e ilustraciones para tener una información completa, sin tener que recurrir a investigaciones en internet como normalmente se realiza.

### **Justificación**

Los estudiantes de la carrera de ingeniería petrolera deben de conocer el funcionamiento de cada componente de un equipo de perforación ya que la operación de hacer un agujero es una tarea bastante compleja y costosa, por lo que debe ser planeada y ejecutada de una forma segura y eficiente.

Para complementar el proceso de aprendizaje se requiere visitar instalaciones petroleras, pero se convierte en un gran problema debido a que hay que trasladarse a otras ciudades, si se le suman los tediosos tramites que solicitan las empresas, es muy difícil poder realizar la visita y ver físicamente los componentes de los sistemas de perforación. Debido a esto surge la necesidad de integrar a las aulas, técnicas de la información y de comunicación (TICs) y ayudar a los alumnos en el proceso cognitivo y se realiza una aplicación APP que describe los componentes de un equipo de perforación y sus sistemas en forma gráfica, con el proposito de ayuda a cumplir con las intenciones didácticas y así llegar a las competencias

### **Materiales y métodos**

La aplicación APP *“herramienta de funcionamiento de componentes de un equipo de perforación de pozos petroleros”* se desarrolla con software especializado en la creación de aplicaciones para dispositivos inteligentes, donde se pretende tener interacción entre los usuarios y sus dispositivos móviles, donde posteriormente serán procesados videos

interactivos, animaciones, definiciones, técnicas de perforación, sistemas, normas de seguridad, normas API, mediante técnicas de programación dentro de la aplicación.

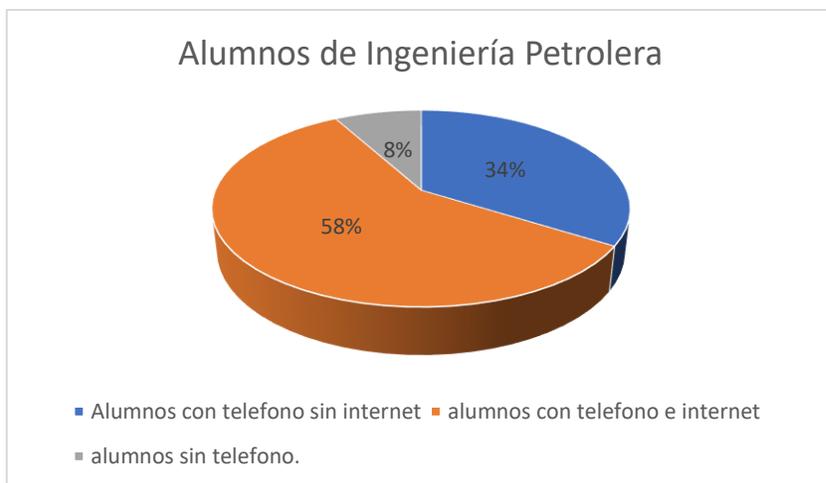
Utilizando estas técnicas los datos pueden ser transformados en información necesaria y conocimientos que permitirá evaluar tanto la experiencia como el aprendizaje de los alumnos que cursan la carrera de ingeniería petrolera.

Se comienza por un análisis de la población estudiantil de la carrera de ingeniería petrolera del Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca, que se muestra resumido en la Tabla 1.

	Total de Alumnos	Alumnos con teléfono inteligente	Alumnos con internet en su vivienda
<b>SALÓN 1</b>	43	39	23
<b>SALÓN 2</b>	32	30	22
<b>SALÓN 3</b>	37	34	20
<b>TOTAL</b>	112	103	65

Tabla 1 Análisis poblacional estudiantil Fuente propia.

En este análisis, las estadísticas arrojaron la información de que aproximadamente el 8% de los estudiantes no cuenta con un dispositivo móvil inteligente, y otro 34% no tiene acceso a internet en su vivienda. Esta información se muestra en la gráfica 1.



Grafica 1.- estadístico de estudio de alumnos de ingeniería petrolera de alumnos con acceso a internet y teléfonos inteligentes, Fuente propia.

Con estos datos los estudiantes se motivan a buscar algún tipo de solución para que más alumnos tuvieran acceso a información valiosa de nuestra carrera en cualquier momento desde su dispositivo móvil inteligente y sin necesidad de internet.

Se realizó una investigación en la biblioteca del Instituto para recolectar información que se considera es importante, que los alumnos adquieran y tengan a su alcance en todo momento y por otro lado también se busca el apoyo de otro alumno de la carrera de sistemas para que nos ayudara a la realización del proyecto.

De igual manera se obtuvo información de archivos electrónicos que nuestro asesor directo brindó.

### **Resultados y Hallazgos**

La aplicación para teléfono móvil inteligente creada, cuenta con la descripción de los componentes del equipo de perforación y de imágenes reales en el campo petrolero de cada componente (como se muestra en la Figura 2 y figura 4), así como un glosario de términos petroleros y un apartado de abreviaturas (figura 3), La cual es información básica y necesaria para los alumnos de ingeniería petrolera.



Figura 2. Pantalla principal  
Fuente propia.



Figura 3. Menú de inicio  
Fuente propia.



Figura 4. Componentes  
Fuente propia.

### Conclusiones y/o aproximaciones

El reforzamiento de conocimientos en estos tiempos es un compromiso por parte del instituto tecnológico superior de tantoyuca, de los docentes y alumnos que realizan herramientas que ayuden al conocimiento de la carrera de ingeniería petrolera y que con éstas herramientas, sean capaces de interactuar con los alumnos que no pueden salir de casa, es de suma importancia, se tuvo una muy buena aceptación de parte de los alumnos, logrando los objetivos establecidos, además de ser una aplicación que no requiere tener una conexión de internet, se puede tener acceso en todo momento y se verán beneficiados principalmente aquellos alumnos que carecen de internet en sus casas, ya que podrán consultar y estudiar sin preocupación, y de igual forma el resto de los alumnos ya que será un apoyo en los viajes de estudio, escuela y en cualquier lugar, haya señal o no.

## Referencias bibliográficas

Ally, M., Lin, F., McGreal, R., Woo, B., and Li, Q. (2005). An intelligent agent for adapting and delivering electronic course materials to mobile learners. Proceedings of the Mobile Learning 2005 International Conference. Capetown, South Africa.

Campos A. Sara E. (2011), Análisis de métodos de perforación, recuperación de núcleos y registros-aplicaciones en la plataforma de Yucatán, UNAM.

De la Torre Ramos E., Ramos Rodríguez Heberto, Jiménez y Galván Juan Manuel. (2017) Terminación y reparación de pozos petroleros. México: Trillas.

De La Torre Ramos, E. (2016). Manual de perforación de pozos petrolíferos. México: Trillas.

Monterrubio Rodríguez, J.M., “Perforación de pozos con tubería de revestimiento (Casing Drilling), 2009, Tesis de Licenciatura, Ciudad Universitaria, México D.F.

Programa de Entrenamiento Acelerado para Ingenieros Supervisores de Pozo, Schlumberger, Especificación y selección de equipos de perforación.

René Cruz-Flores, Gabriel López-Morteo Framework para aplicaciones educativas móviles (M-Learning): un enfoque tecnológico educativo para escenarios de aprendizaje basados en dispositivos móviles, Instituto de Ingeniería Universidad Autónoma de Baja California Mexicali, B.C., México

Tissot, B. y Welte, D. “Petroleum Formation and Occurrence: A New Approach to Oil and Gas Exploration”. Berlin, 1978.

Vavoula, G. N. (2005). A study of mobile learning practices. Technic



**Sistema de información de costos para  
NANOPYMES: Estudio de Caso Fábrica de  
Muebles de Madera**

**Cost information system for NANO-SMEs:  
Case Study Wood Furniture Factory**

Sandra Elba Delgado-Soto<sup>1</sup>, Norma Delia Reyes-Muñoz<sup>2</sup>, Juan Antonio  
Enríquez-Hernández<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca, Veracruz, México.

---

Recibido: 05-10-2020  
Aceptado: 08-12-2020

Autor correspondiente: [juan.enriquez@itsta.edu.mx](mailto:juan.enriquez@itsta.edu.mx)

## **Resumen**

La presente investigación surge de la necesidad de una nanoempresa dedicada a la fabricación de muebles de madera a través de un proceso artesanal de controlar sus operaciones y obtener información financiera útil para la toma de decisiones. En la zona norte del estado de Veracruz actualmente existen nanopymes que por ser administradas por sus propietarios y por no contar con técnicas y herramientas para el registro y control de sus operaciones carecen de un sistema de información financiera y de costos, es por ello que en el presente se trabajó se propone desarrollar un sistema de información de costos que ayude a estas empresas en la obtención de información oportuna confiable, para la toma de decisiones que sirva de apoyo en su crecimiento, desarrollo.

Las técnicas de recolección de datos utilizadas fueron la observación directa, la observación documental y la entrevista que fue aplicada al propietario, lo que permitió tener un diagnóstico de la situación actual de la empresa con la finalidad de seleccionar, diseñar e instalar el sistema de información de costos. Para establecer dicho sistema se desarrollaron las diferentes fases del proceso contable. Los resultados obtenidos con la implementación del sistema de información de costos fueron los estados financieros de la empresa, que permitieron al propietario conocer los resultados obtenidos en el periodo del 01 al 31 de octubre de 2019, en cuanto al manejo de sus recursos, dicha información fue analizada e interpretada con la finalidad de emitir un informe acerca de su situación financiera.

**Palabras clave:** Sistema, Información Financiera, Costos, Proceso Contable

## **Abstract;**

This research arises from the need for a nano-entrepreneur dedicated to the manufacture of wooden furniture through an artisanal process of controlling its operations and obtaining useful financial information for decision-making. In the northern area of the state of Veracruz, there are currently nano-SMEs that, because they are managed by their owners and because they do not have techniques and tools for the registration and control of their operations, lack a financial and cost information system, which is why in The present

work is proposed to develop a cost information system that helps these companies in obtaining reliable timely information for decision-making that supports their growth, development. The data collection techniques used were direct observation, documentary observation and the interview that was applied to the owner, which allowed having a diagnosis of the current situation of the company in order to select, design and install the information system cost. To establish this system, the different phases of the accounting process were developed. The results obtained with the implementation of the cost information system were the financial statements of the company, which allowed the owner to know the results obtained in the period from October 01 to 31, 2019, regarding the management of their resources, said information was analyzed and interpreted in order to issue a report on your financial situation.

**Keywords:** System, Financial Information, Costs, Accounting Process

### **Introducción**

Actualmente las micro, pequeñas y medianas empresas tienen que implementar herramientas que les ayude a mejorar sus procesos internos con la finalidad de reducir costos y con ello ser más competitivas. La contabilización de los costos incurridos en las empresas o cualquier tipo de organización es una herramienta de gran ayuda para la gerencia de las organizaciones debido a que le ayuda a planear y controlar sus actividades dentro de dicha entidad.

La contabilidad de costos es un medio importante para la consolidación de las empresas, que debe formar parte de sus sistemas de información contable, ya que, el conocimiento y diseño adecuado de las estructuras de costos puede ser de gran ayuda en la búsqueda de ventajas competitivas. Las pequeñas empresas, con limitaciones en recursos financieros, tecnológicos y humanos requiere de apoyo administrativo y contable que faciliten administrar su recurso y apoyen en su crecimiento.

Es muy importante para cualquier empresa no importa su tamaño conocer su costo de producción ya que con esto les permite la fijación de precios de venta y conocer el margen de utilidad de cada producto o servicio que ofrece. En un estudio realizado en una empresa de Colombia por Osorio, et., al (2018), identificaron que la integración de los sistemas de

información, el perfil del encargado del sistema y el nivel de complejidad del modelo, son las variables más importantes para que un sistema de costos sea exitoso para las Pymes del sector servicio ya que dichas variables influyeron en la generación de información útil a la gerencia en cuanto a sus costos unitarios de producción.

Para la determinación correcta de los costos se utilizan, métodos y procedimientos que hacen posible la acumulación de costos en sistemas contables y administrativos de suma importancia para las empresas ya que a través de los sistemas de costos se puede decidir si es conveniente dejar de producir una línea de productos. En una investigación realizada por Flérida et., al (2016), establecieron que las pymes presentan más flexibilidad en sus sistemas de producción, sus procesos de gestión no son complejos, no cuentan con un control de la entrada y salida de sus recursos financieros, así mismo los factores que influyen para la selección y diseño de sus sistemas de costos son: los tipos de productos que elaboran, la forma de almacenar sus materiales, sus políticas de operación y su posicionamiento en el mercado. “Los sistemas de información han constituido uno de los principales soportes sobre el que se construye el desarrollo corporativo de las organizaciones, ya que una adecuada gestión de estos, facilita el logro de los objetivos en un entorno cada vez más competitivo y dinámico”. (Ripoll, Alcoy, & Urquid, 2005).

Sánchez, et., al (2008) en su estudio realizado en una empresa vinícola presentaron una propuesta de la aplicación de un Sistema de Información para dicho sector, donde el sistema estaba alineado a los objetivos y a la formulación de sus planes estratégicos a corto, mediano y largo plazo, ya que las organizaciones tienen la necesidad de información en tiempo y forma que hagan posible su diferenciación y mejore su gestión.

En un trabajo realizado por Morales, et., al (2019) se aplicó el proceso contable en una empresa donde se obtuvo como resultado el balance general o estado de situación financiera de la empresa, con dicho documento se pudo conocer el valor del inventario final de sus mercancías, así como determinar el monto de sus deudas con terceros, su capital contable, por otra parte con el estado de resultados se conoció la utilidad mensual.

La problemática que se presentó en la empresa objeto de estudio, es que desde que inició operaciones hace más de 5 años, no lleva un control y registro de sus operaciones y por lo consiguiente no cuenta con información confiable que apoye su toma de decisiones.

El propósito de este estudio fue, diseñar un sistema de información de costos para una nanopyme a través de las diferentes fases del proceso contable, con la finalidad de llevar a cabo el control de sus operaciones productivas que le permita conocer el costo unitario de sus productos, contar con información financiera útil para tomar decisiones asertivas, así mismo que dicho sistema pueda ser adaptado para otras empresas sin importar su actividad.

### **Materiales y Métodos**

El objeto de estudio es una nanopyme dedicada a la fabricación de muebles de madera como son cocinas integrales, comedores, recamaras y muebles en general con los más finos acabados, al gusto y necesidades de los clientes, el proceso para la elaboración de los muebles es un proceso artesanal, la empresa se encuentra ubicada en un municipio de la zona norte del estado de Veracruz., el tipo de estudio fue cualitativo transversal, debido a que se diseñó el sistema de información de costos de acuerdo a las características y necesidades que se detectaron en la microempresa, la problemática que presentaba por desconocimiento del empresario y por ser una empresa familiar es el de no contar con técnicas, métodos y procedimientos para el control de sus procesos internos, registros de información de costos que le permitieran conocer el costo de sus productos y por ende si estaba obteniendo resultados financieros favorables para la misma. Así mismo obtener los estados financieros básicos de la entidad.

Para el desarrollo de este estudio de caso se utilizó como instrumento para la recolección de datos una entrevista que se muestra en la Figura 1, la observación directa y la observación documental la entrevista permitió contar con un diagnóstico de la situación actual de la empresa en cuanto al sistema de información de costos utilizado. Para procesar la información se utilizó el software Aspel COI 7.0, el cual es un sistema de contabilidad integral que engloba, procesa y mantiene actualizada la información contable de manera confiable y segura.

**ENTREVISTA AL EMPRESARIO**

Pregunta 1.- ¿Cuál es la actividad de la microempresa

Pregunta 2.- ¿De qué manera realiza actualmente el costeo de los productos terminados?

Pregunta 3.- ¿La empresa maneja un sistema contable?

Pregunta 4.- ¿La empresa tiene un sistema de costos según las necesidades de la empresa?

Pregunta 5.- ¿Cómo calificaría el resultado de información con el sistema actual?

Pregunta 6.- ¿Con la información que se posee actualmente de la empresa de la producción, ayuda al crecimiento económico mediante la optimización de recursos?

Pregunta 7.- ¿La información con que se cuenta actualmente permite fijar un precio de venta?

Pregunta 8.- ¿Considera útil la implementación de un sistema de costos que proporcione a la empresa, información para toma de decisiones?

Pregunta 9.- ¿A qué se debe no haber utilizado las herramientas digitales existentes hoy en día?

Pregunta 10.- ¿De qué manera realiza actualmente el costeo de los productos terminados?

Figura 1 Entrevista

Fuente: Los Autores

Como parte de la metodología utilizada en este estudio para establecer el sistema información de costos idóneo y con la finalidad de obtener la información financiera útil para el empresario se desarrollaron las diferentes fases del proceso contable, que se pueden apreciar en la Figura 2.

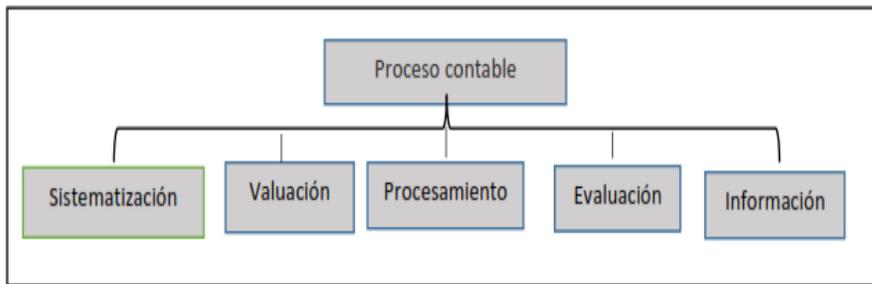


Figura 2 Proceso Contable

Fuente: Tomado de Elizondo, López (2003)

**Primera Fase del Proceso Contable**

Para dar inicio con el establecimiento del sistema de información de costos, se desarrolló la primera fase del proceso contable que es la sistematización la cual se muestra en la Figura 3. Esta etapa es muy importante debido a que de acuerdo a la naturaleza de nanopyme se seleccionó, diseño e instalo el sistema de informacion de costos idóneo para la empresa, considerando para ello las características de la misma. Dentro de la selección del sistema y la elección de los procedimientos y métodos que de acuerdo a las características

de la empresa resultaron de gran ayuda a la administración de la empresa. Para procesar los datos se eligió el procedimiento electrónico haciendo uso del software contable Aspel COI 7.0

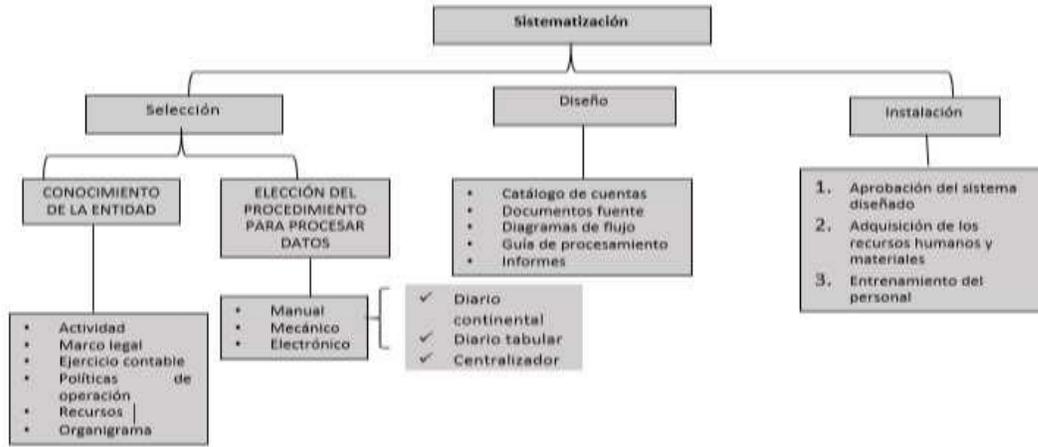


Figura 3 Sistematización primera fase del proceso contable  
Fuente: Elizondo, López (2003)

Para el diseño del sistema de información que se presenta en la Figura 4 se optó por un catálogo de cuentas numérico así mismo se establecieron documentos fuentes y formas que sirvieron de sustento para el registro y control de los elementos del costo.

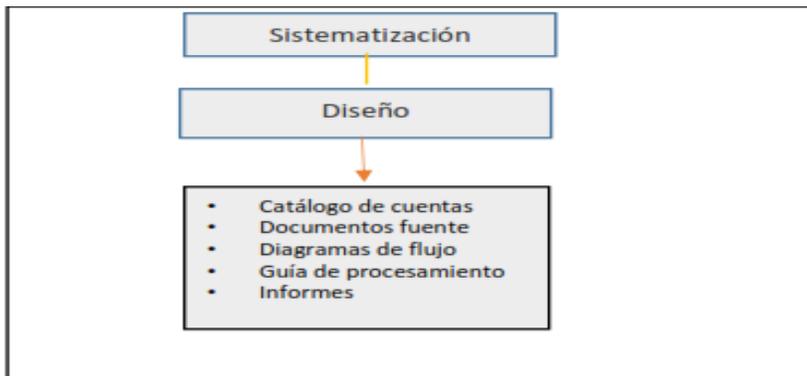


Figura 4: Diseño del sistema de información  
Fuente: Elizondo, López (2003)

Con lo realizado anteriormente en la empresa quedó establecido el sistema de información de costos para dar seguimiento a su instalación, lo cual se llevó a cabo con la aprobación del sistema diseñado por parte del dueño de la empresa, adquiriendo para esto los materiales necesarios y el entrenamiento del personal para la operación del mismo.

### **Segunda Fase del Proceso Contable: Valuación**

En esta fase se cuantificaron todos los activos y pasivos de la empresa en términos monetarios en base a las Reglas de Valuación contenidas en las Normas de Información Financiera (2019)

### **Tercera Fase del Proceso Contable: Procesamiento**

En esta fase se obtuvieron los estados financieros que se muestran en la Figura 5 a través de las operaciones realizadas por la empresa y a la captación de las transacciones por medio de los documentos fuentes, la clasificación de las cuentas, tomando como base la teoría de la partida doble, para el registro de las operaciones como ya se mencionó se utilizó el procedimiento electrónico a través del software Aspel COI 7.0

### **Cuarta Fase del Proceso Contable: Evaluación**

Con en el desarrollo de esta fase del proceso contable se evaluaron los resultados obtenidos por la microempresa en el periodo del 01 al 31 de octubre de 2019, esto se llevó a cabo utilizando el método de análisis financiero de las razones simples, con la finalidad de detectar la liquidez, solvencia, estabilidad y rentabilidad de la empresa.

### **Resultados y discusión**

Con la presente investigación realizada en la nanopyme, permito detectar que el empresario tiene una mente muy conservadora en lo que respecta a la utilización de nuevas herramientas y mecanismos para la administración organizacional así como para el control de los costos que ayuden a agilizar y aumentar la precisión de los procesos administrativos, así mismo el proceso de producción y obtener información financiera útil para la toma de decisiones.

La nanopyme no contaba con un costeo de sus productos para ello se basaba en la experiencia de más 10 años de trabajo, en realidad no se contaba con ningún sistema de costeo, el costeo se realizaba de manera global la cuantificación de lo que se utiliza para la elaboración de cada producto terminado de quedando pendiente cuanto es lo que realmente utilizaba de materia prima mano de obra y gastos indirectos en cada orden de trabajo o pedido.

A pesar de las bondades de los sistemas informáticos, se consideraba ajeno a la utilización de estas herramientas dado que desde que inició la operación de la empresa ha resultado bien hacerlo utilizando el lápiz y el papel.

Como resultado de la fase de sistematización en la empresa objeto de estudio se obtuvo lo siguiente: el conocimiento de la entidad para lo cual se tomaron en cuenta las siguientes características propias de la nanopyme, sus recursos y fuentes con la finalidad de dar inicio al registro de sus operaciones

En lo que respecta a la elección del procedimiento para procesar los datos se eligió el procedimiento electrónico haciendo uso del software contable Aspel COI que se muestra en la Figura 6 esto nos permitió acumular, manipular datos de una manera significativa, obtener información rápida, precisa y así mismo se utilizó el sistema de registro de pólizas. La técnica para valorar las operaciones productivas de costos histórico o también denominados costos reales, ya que todos los costos que incurren durante el proceso productivo se conocen después de que el producto ha sido elaborado, así mismo se empleó el sistema de inventarios perpetuos para el registro de las operaciones de la empresa objeto de estudio ya que es un sistema que al momento de realizar los registros se puede conocer en cualquier momento el inventario final, el costo de lo vendido y la utilidad bruta. Para valorar los inventarios de materia prima, producción en proceso y producto terminado se utilizó la técnica de valuación primeras entradas primeras salidas (PEPS) esto con el fin de llevar un orden cronológico de las materias primas con sus respectivos precios unitarios al que fueron adquiridos con la finalidad de que la materia prima más antigua en existencia se ocupe para la producción y al momento de que nos haga un pedido otro cliente sea con materia prima de calidad y nueva.



Figura 6: Instalación del Software Aspel COI 7.0

Fuente: Tomado de Aspel COI 7.0

En cuanto al diseño del sistema de información se optó por utilizar un catálogo de cuentas numérico que se muestra en la Figura 7, el cual fue estructurado en base a las necesidades de la microempresa, planteándolo de una manera clara identificando el activo, pasivo, capital contable, ingresos y egresos, permitiendo la obtención de información financiera de una manera ordenada.

**Catálogo de cuentas**

Cuenta inicial: 1110-000-000  
Cuenta final : 6300-005-000

No. de cuenta	Tipo Descripción	Saldo inicial	Saldo final
1110-000-000	A FONDO FIJO DE CAJA	\$ 0.00	\$ 16,193.76
1110-001-000	D CAJA CHICA	\$ 0.00	\$ 16,193.76
1120-000-000	D BANCOS	\$ 0.00	\$ 3,887.15
1130-000-000	A PRODUCCION EN PROCESO	\$ 0.00	\$ 0.00
1130-002-000	D PRODUCCION EN PROCESO 1	\$ 0.00	\$ 0.00
1130-003-000	D PRODUCCION EN PROCESO 2	\$ 0.00	\$ 0.00
1130-004-000	D PRODUCCION EN PROCESO 3	\$ 0.00	\$ 0.00
1190-000-000	A INVENTARIOS	\$ 0.00	\$ 4,190.02
1190-001-000	D ALMACEN MATERIA PRIMA	\$ 0.00	-\$ 4,209.73
1190-003-000	D ALMACEN DE PRODUCTOS TERMINADOS	\$ 0.00	\$ 8,399.75
1350-000-000	A MAQUINARIA Y EQUIPO FABRIL	\$ 0.00	\$ 23,090.00
1350-001-000	D MAQUINARIA Y EQUIPO FABRIL	\$ 0.00	\$ 23,090.00
3010-000-000	A MANO DE OBRA	\$ 0.00	\$ 3,100.00
3010-001-000	D mano de obra directa	\$ 0.00	\$ 3,100.00
3100-000-000	A CAPITAL	\$ 0.00	\$ 26,926.73
3100-003-000	D CAPITAL CONTABLE	\$ 0.00	\$ 26,926.73
3200-000-000	A PERDIDAS Y GANANCIAS	\$ 0.00	-\$ 14,912.00
3200-001-000	D PERDIDAS Y GANANCIAS	\$ 0.00	-\$ 14,912.00
4100-000-000	A VENTAS	\$ 0.00	\$ 29,824.17
4100-001-000	D VENTAS	\$ 0.00	\$ 29,824.17
4300-000-000	A CARGOS INDIRECTOS	\$ 0.00	\$ 0.00
4300-001-000	D CARGOS INDIRECTOS DE FABRICACION	\$ 0.00	\$ 0.00
5000-000-000	A COSTO DE PRODUCCIÓN DE LO VENDIDO	\$ 0.00	\$ 0.00
5000-001-000	D COSTO DE PRODUCCIÓN DE LO VENDIDO	\$ 0.00	\$ 0.00
6300-000-000	A DEPRECIACION DE PLANTA Y EQUIPO	\$ 0.00	-\$ 2,422.03
6300-005-000	D DEPRECIACION DE MAQUINARIA	\$ 0.00	-\$ 2,422.03

Figura 7 Catalogo de Cuentas

Fuente: Tomado del Software Aspel COI 7.0

Los documentos fuentes son documentos administrativos de suma importancia debido a que en base a estos se lleva a cabo el registro contable de las operaciones de la microempresa y son testimonios de la autenticidad de las mismas. Con el propósito de llevar un control interno administrativo de todas las operaciones, se diseñaron los documentos fuentes como son: órdenes de producción, pedidos, hoja de costos, solicitud de compra, notas de entrada y salida del almacén, requisición de material etc. En la Figura 8 se muestra el formato diseñado para realizar un pedido a un proveedor

ARTICULO		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	VALOR TOTAL	OBSERVACIONES
<p>CONDICIONES: C.O.D., CONTRA DOCUMENTOS, CREDITO ABIERTO.</p> <p><b>NOTA:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Indicamos que en caso de no sufrir nuestra solicitud en el plazo estipulado, sírvase comunicarlo al teléfono: 746 - 102 - 5859.</li> <li>Suplicamos que al entregar la mercancía a nuestro almacén, acompañen cuando menos original y copias de su remisión con precios y valores.</li> <li>El pago de este pedido se hará contra la factura original de su remisión (es) debiéndose presentar dicho documento a revisión los días _____ de cada semana, de las ____ hrs. a las ____ hrs., suplicamos anexar a la factura la remisión firmada, recibida por el almacenista, además el pedido correspondiente.</li> </ol>						
<p>PROVEEDOR _____</p> <p>RECIBÍ (NOMBRE Y FIRMA)</p>			<p>DEPARTAMENTO DE COMPRAS _____</p> <p>GERENTE</p>			

Figura 8 Formato de Pedido

Fuente: Los Autores

Con el objetivo de hacer más eficiente las operaciones de la microempresa, se diseñaron los diagramas de flujo de compras, de cobros, de pago a proveedores en la Figura 8 se puede apreciar el diagrama de flujo para el pago a proveedores Para agilizar el registro de las operaciones se diseñó una guía de procesamiento la cual permitió identificar el procedimiento para registrar una operación a partir de su origen.

**Informes**

Para dar cumplimiento a la necesidad de información para la toma de decisiones se procedió a concentrarla y condensarla en información a detalle como son los presupuestos, análisis de ventas, etc.

Con el establecimiento del sistema de información de costos a través de las distintas fases del proceso contable la nanopyme ya cuenta con un sistema de información adecuado a sus necesidades esto nos permitió el registro de las operaciones de la empresa en el libro diario a través del Aspel COI 7.0 que se muestra en la Figura 9

## Diario general

Folio No.: 00001					
Tipo	Número	Fecha	Concepto de la póliza		
No. de cuenta	Depto.	Descripción de la cuenta	Concepto del movimiento	Debe	Haber
Dr	1	01/10/2019	ASIENTO DE APERTURA		
1110-001-000		CAJA CHICA	ASIENTO DE	\$ 1,800.00	
1190-001-000		ALMACEN MATERIA PRIMA	ASIENTO DE	\$ 4,266.73	
1350-001-000		MAQUINARIA Y EQUIPO FABRIL	ASIENTO DE	\$ 23,090.00	
6300-005-000		DEPRECIACION DE MAQUINARIA	ASIENTO DE		\$ 2,230.00
3100-003-000		CAPITAL CONTABLE	ASIENTO DE		\$ 26,926.73
<b>Total de la póliza:</b>				<b>\$ 29,156.73</b>	<b>\$ 29,156.73</b>

Figura 9 Diario General de la Empresa

Fuente : Tomado de Aspel COI 7.0

Así mismo se obtuvieron los estados financieros de la empresa que se muestran en la Figura 10 los cuales fueron analizados e interpretados con la finalidad de conocer, los efectos que tuvieron las operaciones realizadas por la empresa en su situación financiera, y presentar un informe financiero, a través de este informe se comunicó al dueño los resultados obtenidos. Los resultados presentados para la nanoempresa en su balance general al 31 de octubre de 2019, se refleja que del 100% de sus activos, el 52% está compuesto por su activo fijo, seguido del efectivo en caja que representa el 38% y sus inventarios solo representan el 10% del total de sus activos, obtuvo una utilidad en el periodo del 01 al 31 de Octubre de 2019 del 86% en relación a sus ventas, porque se puede apreciar sus resultados son favorables para el empresario, debido a que en ese periodo se implementó el sistema de información de costos. Debido a la confidencialidad de la información financiera de la empresa no se nos permitió mostrar en forma clara y a detalle los estados financieros de la empresa.

### Conclusiones

Con todo lo realizado anteriormente se puede comprobar que los sistemas de información de costos son de gran importancia para cualquier tipo de empresa esto sin importar su tamaño, actividad o giro y ubicación, debido a que estos sistemas les proveen de información, resumida y detallada. Dicha información tiene que ser comprobada y evaluada para que ayude en el proceso de toma de decisiones.

En el presente estudio se puede concluir que los sistemas de información de costos en la actualidad son una herramienta útil para cualquier empresa u organización permitiendo que

funcione de una mejor manera trayéndole como beneficios un mejor manejo administrativo operativo y contable. Las nanopymes deben de implementar sistemas información que se adecuen tienen a las necesidades del entorno en el cual operan. Con la aplicación de la metodología propuesta en este estudio se pudo obtener información, útil y confiable que ayude a la empresa en su desarrollo. Se exhorto al empresario a registrarse ante el Servicio de Administración Tributario en sus siglas (SAT), con la finalidad de dar cumplimiento a las disposiciones fiscales de acuerdo a su actividad, y con ello evitar en un futuro sanciones que pueden repercutir de manera negativa en su situación financiera hasta el cierre del negocio.

### Referencias bibliográficas

Artieda, C. H. (2015). Análisis de los sistemas de costos como herramientas estratégicas de gestión en las pequeñas y medianas empresas (PYMES). *Revista publicando*, 2(3), 90-113.

Coello, C. E. P. (2016). *La información financiera y administrativa*. IMCP.

Elizondo, López Arturo (2003) *Proceso Contable 1 Tercera Edición.*, CENGAGE, Learning

Flérida María Alcívar Cedeño, Rodrigo Víctor López Coloma, Víctor Hugo Moscoso Zamora y Emilio Flores Villacrés (2016): “Sistema de costos en las PYMES”, *Revista Caribeña de Ciencias Sociales* (noviembre 2016). <https://www.eumed.net/rev/caribe/2016/11/costos.html>.

Mejía, M. R. L., & Hernández, S. M. (2010). Los Sistemas de Contabilidad de Costos en la PyME mexicana. *Investigación y ciencia*, 18(47), 49-56.

Morales-Antamba, L. R., Sánchez-Cando, A. M., Viscaíno-de la Cruz, C. J., & Avellán-Herrera, N. A. (2019). Importancia de los fundamentos contables. Aplicación práctica de un proceso contable en una empresa comercial. *REVISTA DE INVESTIGACIÓN SIGMA*, 6(01), 84-100.

Osorio, J. A., Agudelo, D. M., y Alzate, W. A. (2018). Diseño e implementación de un modelo estándar de costos para las Pequeñas y Medianas Empresas PyMES. *Panorama Económico*, 26(2), 207-224. <https://doi.org/10.32997/2463-0470-vol.26-num.2-2018-2233>.

Sosa, G. (2012). Importancia del análisis del comportamiento de los costos para la toma de decisiones. Su tratamiento y su valoración. Colombia: [s.n.].

Ripoll, V., Alcoy, P., & Urquid, A. (Junio de 2005). Desarrollo e implicación de los sistemas de información internos en la gestión de las empresas hoteleras. Obtenido de Universidad Nacional del Nordeste Facultad de Ciencias Económicas: [eco.unne.edu.ar/contabilidad/costos/VIIIcongreso/124.doc](http://eco.unne.edu.ar/contabilidad/costos/VIIIcongreso/124.doc)

Sánchez, E., & Noussan Lettry, R. (2008). Los sistemas de información de costos en empresas vitivinícolas. *Revista de la Facultad de Ciencias Económicas*, 58(127).