

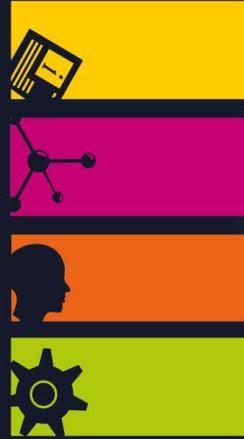


TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO



# Revista **Capital** Intelectual

Ciencia Tecnología Sociedad



Análisis para el estudio de la recursividad en el ámbito de la programación funcional

13

Cestería de carrizo en Ajalpan

36

Revista  
**Capital** Intelectual  
Ciencia Tecnología Sociedad

30

53

Las competencias transversales en estudiantes participantes en un programa de capacitación laboral en empresas transnacionales.

Desarrollo de un programa estratégico organizacional anticorrupción en una empresa del sector de la construcción





## Directorio

### **Mtro. Manuel Quintero Quintero**

Director General Tecnológico Nacional de México

### **M.C. Manuel Chávez Sáenz**

Director de Institutos Tecnológicos  
Descentralizados

### **Dra. Yesica Imelda Saavedra Benítez**

Directora de Posgrado, Investigación e Innovación  
del Tecnológico Nacional de México

### **Ing. Joel Ramírez Díaz**

Secretario de Educación de Gobierno del Estado de  
San Luis Potosí

### **Lic. José Antonio Bonales Rojas**

Director de Educación Media Superior y Superior de  
la SEGE

### **M.C.E. Sandra Saucedo Escalante**

Directora General del ITSSLP,C

## Consejo Editorial

### **M.C.E Karla Penélope Encinas Ramírez**

Directora Académica

### **Dra. Lya Adlih Oros Méndez**

Subdirectora Académica

### **MADI. Selene Yuridia Ramos Candia**

Jefa de la División de Estudios de Posgrado  
e Investigación

### **M.I. Miguel Ángel Mota Velázquez**

Jefe de División de Ingeniería en Mecatrónica

### **M.P.S. Adela Marisol Sierra Guerrero**

Jefa de División de Ingeniería Industrial

### **Ing. Alejandro César Rico Martínez**

Jefe de División de Ingeniería en Sistemas  
Computacionales

### **C.P. Marina Aceves Estrada**

Jefa del Departamento de Difusión y Promoción

## EDITOR RESPONSABLE

Mtra. Selene Yuridia Ramos Candia

Jefe de la División de Estudios de Posgrado e Investigación  
del ITSSLP,C

## COLABORADORES

M.A.F.H. María Celene Lerma Reyna

MDO. Erika Lizeth Aguilar Castillo

C. Leticia Saucedo Ortiz

## COLABORADORES ESPECIALES

Arbitros Externos

## DISEÑO GRÁFICO

D.G. Pedro Antonio Rivas Zermeño  
pedro.rivas@tecsuperiorslp.edu.mx

**REVISTA CAPITAL INTELLECTUAL**, Año 3 No. 10; septiembre-diciembre 2017, es una publicación cuatrimestral editada por el Instituto Tecnológico Superior de San Luis Potosí, Capital. Carretera 57 México – Piedras Negras Km. 189+100 Tramo Querétaro – San Luis Potosí No. 6501 Delegación Municipal de Villa de Pozos, San Luis Potosí, C.P. 78421 Tel. 01 444 804 12 20 [www.tecsuperiorslp.edu.mx](http://www.tecsuperiorslp.edu.mx) revista.capital.intelectual@gmail.com; Editor responsable: Mtra. Selene Y. Ramos Candia. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2014-073119354200-102, ISSN: 2007-9893, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor, Responsable de la última actualización de este número, C.P. Marina Aceves Estrada. Jefa del Departamento de Difusión y Promoción del Instituto Tecnológico Superior de San Luis Potosí, Capital. Carretera 57 México – Piedras Negras Km. 189+100 Tramo Querétaro – San Luis Potosí No. 6501 Delegación Municipal de Villa de Pozos, San Luis Potosí, C.P. 78421, fecha de última modificación, 2 de septiembre de 2014. Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del Instituto Tecnológico Superior de San Luis Potosí, Capital. Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Tecnológico Superior de San Luis Potosí, Capital.

# Índice

**“Alteración en la Rugosidad del Mármol tipo Café Tabaco mediante una Prueba de Cristalización de Sales por Cloruro de Sodio”**

Adolfo Manuel Morales Tassinari, María Esperanza Velasco Ordóñez, César Alexis Chametla Espinosa,  
Alberto Servín Martínez, Jorge Arturo Hernández Zárate

05

**Análisis para el estudio de la recursividad en el ámbito de la programación funcional**

Luis Rivera Lozano

13

**Reducción de Re-trabajo en el Pulido de Body Color 1 utilizando la metodología Seis Sigma**

María del Carmen Murillo Flores, Francisco Baruck Alvarado,  
Norma Aura Rangel Vázquez, Raúl Durán García

17

**Rediseño de productos con la metodología “Diseño para el Ensamble” integrando “Prototipado Rápido”.**

Omar Solís Nieto, Miguel Ángel Escápita Flores

26

**Las competencias transversales en estudiantes participantes en un programa de capacitación laboral en empresas transnacionales.**

Azuela Sandoval Alejandra Guadalupe, Soto Patiño Juan Carlos

30

**La importancia que tienen los modelos de transferencia de tecnología en las universidades e instituciones tecnológicas del municipio de Irapuato**

Elizarraras Pérez Maritza, Herrera Orozco María Esther, Trejo Romo Lilia

33

**La cestería de carrizo en Ajalpan**

José Antonio Morales Flores, Ana Cristina Pérez González, Luis Antonio Pereda Jiménez

36

**Desarrollo e implementación de un algoritmo de conversión cartesiana y segmentación de vectores para impresoras 3D en configuración Delta**

Ing. Luis Arturo Iñiguez Hernández, Dr. Héctor Hugo Torres Ortega

45

**Desarrollo de una aplicación en Excel, con macros en Python, como herramienta para la determinación de propiedades térmicas de alimentos por el método de Choi-Okos**

Eduardo Chávez Pérez

49

**Desarrollo de un programa estratégico organizacional anticorrupción en una empresa del sector de la construcción**

María Guadalupe Cendejas Gutiérrez, Mariela Estefanía Fuentes Rangel  
Geraldito Alberico Llamas Pérez

53

# Alteración en la Rugosidad del Mármol tipo Café Tabaco mediante una Prueba de Cristalización de Sales por Cloruro de Sodio

Adolfo Manuel Morales Tassinari<sup>1</sup>, María Esperanza Velasco Ordóñez<sup>2</sup>, César Alexis Chametla Espinosa<sup>3</sup>, Alberto Servín Martínez<sup>4</sup>, Jorge Arturo Hernández Zárate<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico Superior de Tepexi de Rodríguez, Tepexi de Rodríguez, Puebla, México. e-mail: tassinari.adolfo1973@gmail.com

<sup>2</sup>Instituto Tecnológico Superior de Tepexi de Rodríguez, Tepexi de Rodríguez, Puebla, México. e-mail: maevo12@hotmail.com

<sup>3</sup>Instituto Tecnológico Superior de Tepexi de Rodríguez, Tepexi de Rodríguez, Puebla, México. e-mail: cesar.chametla10@gmail.com

<sup>4</sup>Instituto Tecnológico de Veracruz, Veracruz, México. e-mail: alservinm@gmail.com

<sup>5</sup>Instituto Tecnológico de Veracruz, Veracruz, México. e-mail: jorgeahz67@yahoo.com.mx

## Resumen

La presente investigación tiene como propósito determinar el porcentaje de aumento de la rugosidad en el mármol tipo Café Tabaco procedente de Agua de Luna, Tepexi de Rodríguez, Puebla México, mediante una prueba de cristalización de sales por cloruro de sodio. Para la prueba se utilizaron 12 probetas cúbicas con dimensión de  $50\pm 0.5$  mm en cada cara. La prueba consistió en el secado de las probetas a  $60\pm 2$  °C durante 16 horas, enfriado a temperatura ambiente durante 2 horas e inmersión en solución de cloruro de sodio al 16% a temperatura de  $22\pm 2$  °C durante 6 horas. Se realizaron un total de 15 ciclos de prueba. El resultado obtenido es que el mármol tipo Café Tabaco extraído de la cantera tiene un porcentaje de aumento en la rugosidad del 94.58 % con una desviación estándar de 42.86 %. El resultado muestra que el material presenta una alteración capaz de perder su belleza estética, y por ende, calidad.

**Palabras Clave:** Alteración, cristalización de sales, mármol, rugosidad.

## Abstract

This research has the purpose to determinate the percentage of increase of the roughness in the marble type Café Tabaco from Agua de Luna, Tepexi de Rodríguez, Puebla, Mexico, through a salt crystalliza-

tion test by sodium chloride. For the test were used 12 cubic specimens with a dimension of  $50\pm 0.5$  mm on each face. The test consisted of drying the specimens at  $60\pm 2$  °C for 16 hours, cooled to room temperature for 2 hours and immersed in sodium chloride solution to 16% at  $22\pm 2$  °C for 6 hours. A total of fifteen cycles were performed. The result obtained is that the marble type Café Tabaco extracted from the quarry has a percentage of increase in roughness of 94.58 % with a standard deviation of 42.86 %. The result shows that the material presents an alteration capable of losing its aesthetic beauty, and therefore, quality.

**Keywords:** Alteration, salt crystallization, marble, roughness.

## 1. Introducción

El Mármol es una roca carbonatada que adquiere una textura cristalina por recristalización, comúnmente por calor y presión durante el metamorfismo (ASTM International, 2016, p 7). Está constituido principalmente por calcita y como elementos accesorios cantidades muy pequeñas de dolomita, cuarzo, mica, etc. (Instituto Tecnológico Geominero de España, 2001). Así, en los mármoles los cristales de calcita son de tamaño submicroscópico, de atractivas coloraciones y adquieren un intenso brillo cuando son pulidos (Pancorbo,

2010).

En la localidad de Agua de Luna, Tepexi de Rodríguez, Puebla; México, existe una cantera de mármol tipo Café Tabaco, que es una roca metamórfica de color café oscuro con vetas color claro sin un patrón de orientación, que al ser pulida presenta características decorativas muy llamativas y tiene propiedades adecuadas para usos decorativos y de construcción. En la Figura 1a), se muestra una fotografía de la cantera de mármol tipo Café Tabaco; mientras que la Figura 1b), se muestra una fotografía de la superficie del mármol tipo Café Tabaco:



Figura 1. a) Fotografía de la cantera de mármol tipo Café Tabaco.



Figura 1. b) Fotografía de la cantera de mármol tipo Café Tabaco.

La durabilidad de una roca es la capacidad de resistir el deterioro y mantener el tamaño y forma de los cristales, la resistencia mecánica, la densidad, la porosidad, la velocidad de propagación de las ondas de ultrasonido, la permeabilidad, la rugosidad, el color y el aspecto estético, originales en el tiempo (Freire, 2016, p 41). Sin embargo, las rocas suelen verse alteradas por la presencia de soluciones acuosas conteniendo sales solubles de distinta naturaleza, estas sales pueden ser inherentes a la propia composición de la roca, o externas a ella (Esbert, Montoto y Ordaz, 1991, p 65-66).

El resultado de la alteración de los materiales rocosos puede verse como el paso de una roca sana, más o menos compacta y coherente –como las que normalmente se utilizan en construcción–, a una roca alterada, menos coherente o de peor aspecto (Alonso et al., 2006, p 26). Así, estas alteraciones se presentan en diversas formas, tales como: patina, eflorescencia, subeflorescencia, criptoflorescencia, costra, escamas, ampollas, picaduras, desplazados, disgregación granular, alveolización, y/o arenización (Benavente, 2002, p 66-67). Unas de las sales solubles capaz de alterar una roca es el cloruro de sodio que es una sal soluble que proviene de la atmósfera marina, es dañina por la alta higroscopicidad, atraen la humedad y penetran en profundidad, ya que las moléculas son muy pequeñas (Martiarena, 1992).

La cristalización de sales solubles es un mecanismo de alteración importante en las rocas, que se da cuando una disolución rica en sales entra en el interior del sistema poroso de la roca, precipitando fases minerales salinas cuya cristalización genera una determinada presión interna, provocando alteraciones tanto estéticas como mecánicas (Benavente, Bernabéu y Cañaveras, 2004, p 66). Las presiones ejercidas por la cristalización de sales solubles en el interior de poros o microfisuras del material pétreo pueden originar fenómenos disruptivos, sobre todo en aquellos materiales con mayor abundancia de microporos, dando lugar a diferentes formas de deterioro físico-químico (Esbert et al., 1991, p 66). Uno de estos deterioros está relacionada con la superficie de los materiales, la cual a su vez, está controlada por su rugosidad, que se puede definir como la irregularidad que presenta una superficie a intervalos pequeños y que es la base sensorial para reconocer la diferencia entre algo liso o rugoso (Fort et al., 2013, p 199).

La Prueba de Cristalización de Sales es un ensayo de durabilidad que trata de reproducir de forma acelerada la alteración sufrida en un material expuesto a condiciones ambientales extremas (Benavente et al., 2004, p 66). Se trata de un ensayo que analiza el efecto de las sales solubles, las cuales en ocasiones impregnan los materiales, y debido a las variaciones de humedad, las sales cristalizan periódicamente resultando muy dañinas para la piedra; por lo que, los daños se atribuyen al incremento de volumen debido a los procesos de cristalización y en especial a los de hidratación de las sales, sobre todo cuando dichos procesos tienen lugar en el interior de los poros, por tanto su acción es esencialmente mecánica (Alonso, 2013, p 8). Esta prueba consiste en la saturación de las muestras a ensayar en una disolución salina, y su posterior secado; tras un periodo de enfriamiento, se completa el ciclo

con la nueva inmersión de las probetas en la disolución (Benavente et al., 2004, p 66).

La presente investigación tiene como finalidad determinar el porcentaje de aumento en la rugosidad y las principales alteraciones visuales que presenta el mármol tipo Café Tabaco que se extrae de la cantera ubicada en la localidad de Agua de Luna, Tepexi de Rodríguez, Puebla, México, mediante una prueba de cristalización de sales por cloruro de sodio.

## 2. Materiales y Métodos

### 2.1. Preparación de las probetas

La empresa Mármoles Tepeaca S.A. de C.V. procesó las probetas para la prueba de cristalización de sales por cloruro de sodio; por lo que, se seleccionaron 12 probetas de acuerdo al color característico café oscuro y que cada cara tuviera una dimensión de  $50 \pm 0.5$  mm. A las 12 probetas, se les escogió una cara para que se lijara y pulieran en una pulidora marca MTI KJ GROUP modelo UNIPOL-820; esto se realizó, para eliminar el exceso de rugosidad superficial proveniente del proceso de corte. Para el lijado y pulido se utilizaron lijas con tamaño de grano 240, 400 y 600. En las Figuras 2a) y 2b), se muestran dos fotografías del lijado y pulido de las probetas respectivamente:



Figura 2. a) Fotografía del lijado de las probetas.





Figura 2. b) Fotografía del pulido de las probetas.

Posteriormente de lijar y pulir las 12 probetas, se les realizaron cinco marcas en la cara de referencia, para tener la ubicación del lugar donde se fuera a medir la rugosidad; así, se realizaron cuatro marcas de referencia a 10 mm de los bordes exteriores y una marca se situó en el centro de cara. Finalmente, a cada probeta se le asignó un número para identificarla durante la prueba de cristalización de sales por cloruro de sodio; de esta forma, se les asignó del número PC01 al número PC12. En la Figura 3a), se muestra una fotografía de la probeta con las cinco marcas; mientras que en la Figura 3b), se muestra una fotografía de las 12 probetas preparadas y numeradas:

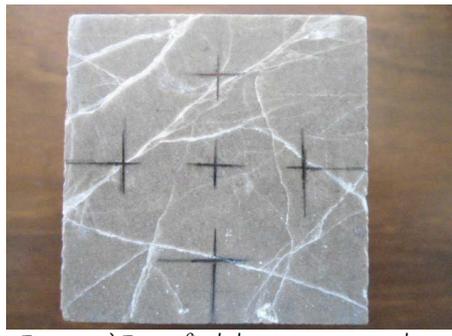


Figura 3. a) Fotografía de las cinco marcas en la cara de referencia.



Figura 3. b) Fotografía de las 12 probetas preparadas y numeradas.

## 2.2. Secado inicial de las probetas

Para el secado inicial de las probetas, se precalentó un horno marca Memmert modelo UP 500 a una temperatura de 60 °C, después se introdujeron las probetas dentro del horno precalentado para que se secan a una temperatura de  $60 \pm 2$  °C durante 48 horas; en las Figuras 4a) y 4b), se muestran las fotografías del proceso de secado:



Figura 4. a) Fotografía del horno precalentado.



Figura 4. b) Fotografía de las probetas introducidas en el horno.

Después del secado, las probetas secas se pesaron en una báscula digital marca Mettler Toledo modelo PB3002-S DeltaRange®; en las Figuras 5a) y 5b), se muestran las fotografías del peso seco de las probetas PC01 y PC07 respectivamente:



Figura 5. a) Fotografía del peso seco inicial de la probeta PC01



Figura 5. b) Fotografía del peso seco inicial de la probeta PC07.

## 2.3. Medición de la rugosidad inicial

Después del pesado de las probetas, se procedió a medir la rugosidad superficial inicial de las probetas secas en los cinco puntos de la cara seleccionada mediante un rugosímetro marca MITUTOYO modelo SJ201; en las Figuras 6a), 6b), 6c) y 6d), se muestran las fotografías de la rugosidad inicial en el punto 5 (centro) de las probetas PC01, PC04, PC08 y PC12, respectivamente:

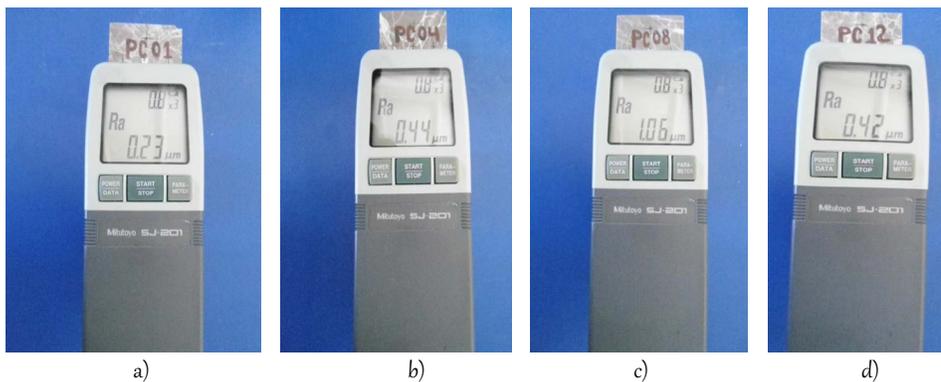


Figura 6. a) Fotografía de la rugosidad inicial de la probeta PC01; b) Fotografía de la rugosidad inicial de la probeta PC04; c) Fotografía de la rugosidad inicial de la probeta PC08; d) Fotografía de la rugosidad inicial de la probeta PC12.

La rugosidad inicial en los cinco puntos se midió a temperatura ambiente; en la Tabla 1, se muestran los valores de la rugosidad inicial de las 12 probetas:

Tabla 1. Rugosidad inicial de las probetas

Número de Probeta	Rugosidad inicial ( $\mu\text{m}$ )					Promedio
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	
PC01	0.39	0.51	0.58	0.49	0.23	0.44
PC02	0.81	0.30	0.88	0.69	1.11	0.76
PC03	0.53	0.16	0.16	0.59	0.15	0.32
PC04	0.62	0.29	0.20	0.59	0.44	0.43
PC05	0.47	0.47	0.29	0.57	0.26	0.41
PC06	0.72	0.54	0.64	0.55	0.57	0.60
PC07	0.56	0.88	0.17	0.43	0.27	0.46
PC08	0.77	0.51	0.47	0.44	1.06	0.65
PC09	0.98	0.82	0.46	0.81	0.43	0.70
PC10	0.87	0.53	0.76	0.50	1.47	0.83
PC11	0.26	0.92	0.54	0.86	0.85	0.69
PC12	0.78	0.37	0.58	0.52	0.42	0.53

#### 2.4. Inmersión de probetas en solución de solución de cloruro de sodio

Para la inmersión de las probetas, se preparó una solución salina de cloruro de sodio al 16% mediante una mezcla de 8.4 kilogramos de agua destilada y 1.6 kilogramos de cloruro de sodio. Por lo que, las 12 probetas se sumergieron en la solución salina a temperatura ambiente durante 48 horas para que se saturaran; en las Figuras 7a) y 7b), se muestran las fotografías de este proceso de saturación:

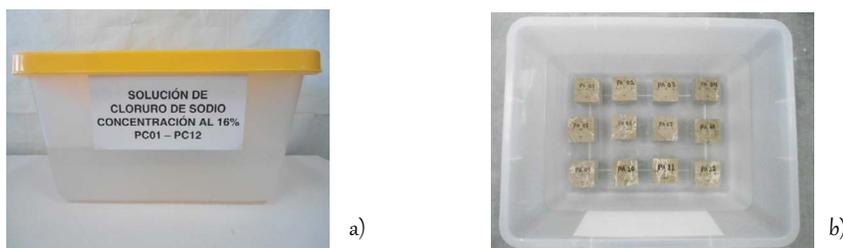


Figura 7. a) Fotografía de la solución salina de cloruro de sodio al 16%; b) Fotografía de las probetas inmersas en solución de cloruro de sodio al 16%.

Después de la saturación, las probetas saturadas se pesaron en una báscula digital marca Mettler Toledo modelo PB3002-S DeltaRange®; en las Figuras 8a) y 8b), se muestran las fotografías del peso saturado de las probetas PC01 y PC07 respectivamente:



Figura 8. a) Fotografía del peso saturado de la probeta PC01



Figura 8. b) Fotografía del peso saturado de la probeta PC07.

## 2.5. Ciclos de la prueba de cristalización de sales por cloruro de sodio

El ciclo de la prueba de cristalización de sales por cloruro de sodio inició con el secado de las probetas saturadas con cloruro de sodio; para esto, se utilizó un horno de secado marca Memmert modelo UP 500 a una temperatura de  $60 \pm 2$  °C, durante 16 horas. Después de estar durante 16 horas en el horno de secado, las probetas se dejaron enfriar a temperatura ambiente durante 2 horas para evitar en lo posible un choque térmico superficial. Posteriormente, de haber estado durante dos horas en enfriamiento a temperatura ambiente, las probetas se sumergieron en el contenedor con cloruro de sodio al 16% durante 6 horas, cerrando así el ciclo de prueba. En las Figuras 9a), 9b) y 9c), se muestran las fotografías del proceso del ciclo de prueba de cristalización de sales por cloruro de sodio del mármol tipo Café Tabaco:

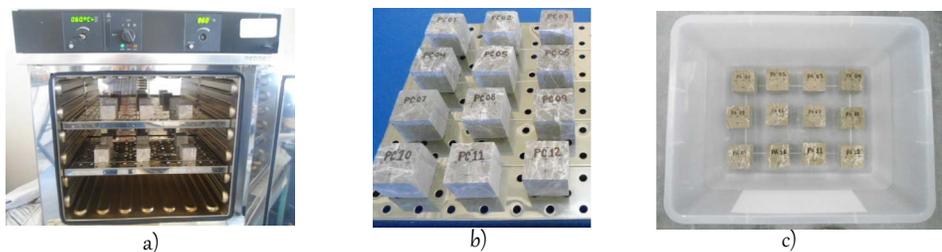


Figura 9. a) Fotografía del secado de las probetas; b) Fotografía del enfriado de las probetas; c) Fotografía de la inmersión de las probetas.

Este ciclo de prueba de secado-enfriado-inmersión duró 24 horas, y para terminar la prueba, se repitió durante 15 ciclos.

## 2.6. Lavado de las probetas

Al término del quinceavo ciclo, las 12 probetas de mármol tipo Café Tabaco se lavaron con agua destilada hasta que la sal fuese eliminada por completo; para esto, se pusieron 10 litros de agua destilada en un contenedor y se lavaron superficialmente las probetas. Después, las probetas se sumergieron en agua destilada durante dos horas, y se verificó la resistividad del agua destilada para corroborar que las probetas ya no tuvieran cloruro de sodio. En las Figuras 10a) y 10b), se muestran las fotografías del proceso del lavado de las probetas:

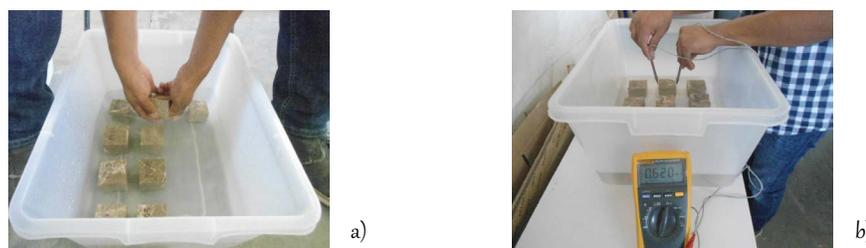


Figura 10. a) Fotografía del lavado superficial; b) Fotografía de la medición de la resistividad.

Como la resistividad del agua destilada después del lavado no era la misma que antes del lavado, se realizaron cuatro lavados más hasta que la resistividad del agua destilada fuese la misma, antes y después del lavado de las probetas.

## 2.7. Secado final de las probetas

Para el secado final de las probetas, se precalentó un horno marca Memmert modelo UP 500 a una temperatura de 60 °C, después se introdujeron las pro-

betas dentro del horno precalentado para que se secan a una temperatura de  $60 \pm 2$  °C durante 48 horas; en las Figuras 11a) y 11b), se muestran las fotografías de este proceso:



Figura 11. a) Fotografía del horno precalentado; b) Fotografía de las probetas introducidas en el horno.

Después del secado, las probetas secas se pesaron en una báscula digital marca Mettler Toledo modelo PB3002-S DeltaRange®; en las Figuras 12a) y 12b), se muestran las fotografías del peso seco final de las probetas PC01 y PC07 respectivamente:

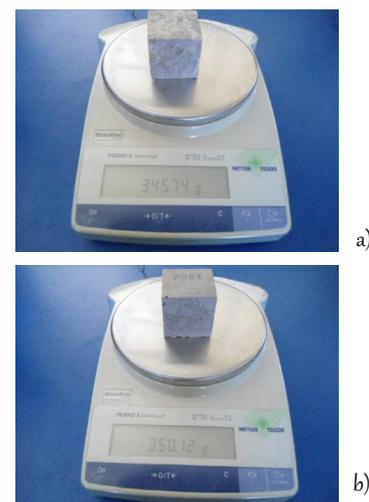


Figura 12. a) Fotografía del peso seco final de la probeta PC01; b) Fotografía del peso seco final de la probeta PC07.

## 2.8. Medición de la rugosidad final

Después del pesado final de las probetas, se procedió a medir la rugosidad superficial final de las probetas secas en los cinco puntos de la cara seleccionada mediante un rugosímetro marca MITUTOYO modelo SJ201; en las Figuras 13a), 13b), 13c) y 13d), se muestran las fotografías de la rugosidad final en el punto 5 (centro) de las probetas PC01, PC04, PC08 y PC12 respectivamente:

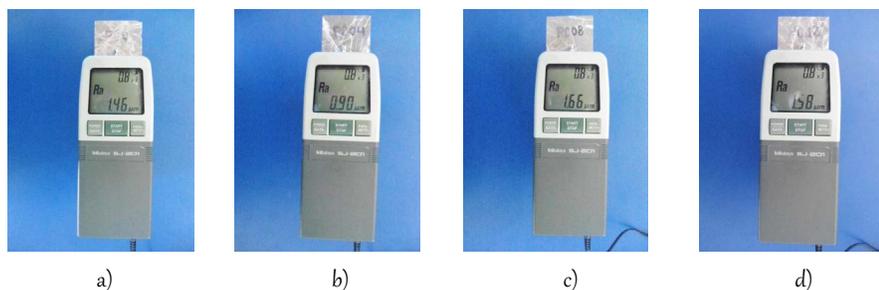


Figura 13. a) Fotografía de la rugosidad final de la probeta PC01; b) Fotografía de la rugosidad final de la probeta PC04; c) Fotografía de la rugosidad final de la probeta PC08; d) Fotografía de la rugosidad final de la probeta PC12.

Cabe mencionar que la rugosidad final en los cinco puntos se midió a temperatura ambiente; en la Tabla 2, se muestran los valores de la rugosidad final de las probetas:

Tabla 2. Rugosidad final de las probetas

Número de Probeta	Rugosidad final ( $\mu\text{m}$ )					
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Promedio
PC01	0.49	0.71	1.01	1.52	1.46	1.04
PC02	1.16	2.81	1.31	1.05	1.80	1.63
PC03	0.98	0.85	0.94	0.88	0.86	0.90
PC04	0.86	0.80	0.63	0.67	0.90	0.77
PC05	0.53	0.59	0.70	0.79	0.43	0.61
PC06	0.62	1.01	0.89	0.83	0.74	0.82
PC07	1.61	0.55	0.73	0.80	0.48	0.83
PC08	0.71	0.84	1.40	0.97	1.66	1.12
PC09	0.98	0.99	1.58	0.75	0.91	1.04
PC10	1.38	1.66	1.19	1.51	2.27	1.60
PC11	0.68	1.88	1.64	1.45	1.19	1.54
PC12	1.81	0.68	0.89	0.86	1.58	1.16

## 3. Resultados

Los resultados de la presente investigación se presentan en las siguientes secciones:

### 3.1. Porcentaje de aumento en la rugosidad

A partir de la rugosidad inicial de la probeta ( $R_o$ ) y de la rugosidad final de la probeta ( $R_f$ ) se obtiene el porcentaje de la pérdida de peso (AR) de cada probeta individual aplicando la Ecuación 1 (Morales et al., 2016, p 1282):

$$AR = \frac{R_f - R_o}{R_o} \times 100\% \dots\dots\dots(\text{Ecuación 1})$$

En la Tabla 3, se muestran los resultados del porcentaje del aumento en la rugosidad de la prueba de cristalización de sales por cloruro de sodio:

Tabla 3. Porcentaje de aumento en la rugosidad

Número de Probeta	Rugosidad Inicial $R_o$ ( $\mu\text{m}$ )	Rugosidad Final $R_f$ ( $\mu\text{m}$ )	Porcentaje de Aumento en la Rugosidad AR (%)
PC01	0.44	1.04	135.91
PC02	0.76	1.63	114.51
PC03	0.32	0.90	183.65
PC04	0.43	0.77	80.37
PC05	0.41	0.61	47.57
PC06	0.60	0.82	35.43
PC07	0.46	0.83	80.52
PC08	0.65	1.12	71.69
PC09	0.70	1.04	48.86
PC10	0.83	1.60	93.95
PC11	0.69	1.54	124.49
PC12	0.53	1.16	117.98
Promedio			94.58
Desviación Estándar			42.86

De la Tabla 3 se observa que, el mármol tipo Café Tabaco de la cantera estudiada tiene un porcentaje de aumento en la rugosidad del 94.58 % con una desviación estándar del 42.86 %; en la Figura 14, se muestra el diagrama de caja-bigote del porcentaje de aumento en la rugosidad de la prueba de cristalización de sales por cloruro de sodio:

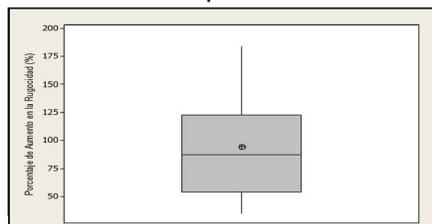


Figura 14. Diagrama de caja-bigote del porcentaje de aumento en la rugosidad

Cabe mencionar que, este incremento en la rugosidad se debió a la disgregación granular superficial que presentó el material por la cristalización de sales de cloruro de sodio.

### 3.2. Alteración visual

Al término de la prueba de cristalización de sales por cloruro de sodio, las principales alteraciones visuales que sufrieron las probetas de mármol tipo Café Tabaco de la cantera estudiada fueron los agrietamientos y las rupturas; en la Figura 15a), se observa que la disgregación granular superficial provocó una grieta en la probeta PC05; mientras que en la Figura 15b), se observa que se provocó una ruptura de la probeta PC07 en la parte superior derecha:

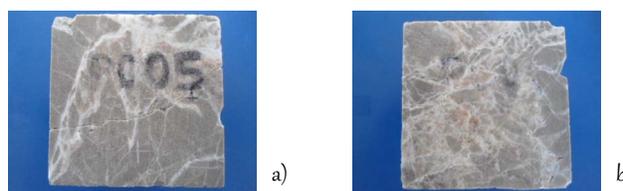


Figura 15. a) Fotografía del agrietamiento en la probeta PC05; b) Fotografía de la ruptura en la probeta PC07

#### 4. Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos en la prueba de cristalización de sales por cloruro de sodio se concluye que el mármol tipo Café Tabaco de la cantera localizada en Agua de Luna, Tepexi de Rodríguez, Puebla, México, tiene un porcentaje de aumento en la rugosidad del 94.58 % con una desviación estándar del 42.86 %. Cabe mencionar que, el aspecto y apariencia de la superficie exterior de una roca proporciona información sobre su color, brillo, textura, etc., y que es controlada por su rugosidad (Fort et al., 2013, p 199); por lo tanto, el grado de rugosidad de las superficies resulta importante, ya que un material con menor rugosidad tiene mayor brillo y mejor apariencia (Hinojosa y Reyes, 2001, p 27). De esta manera, el porcentaje de aumento en la rugosidad obtenido por la cristalización de sales de cloruro de sodio, provoca una disminución en el brillo; además, presenta agrietamientos y rupturas, provocando una pérdida en apariencia visual.

Para que el mármol tipo Café Tabaco no sufra alteraciones en condiciones de salinidad es recomendable el uso de recubrimientos; de esta manera, este material puede mitigar el aumento en su rugosidad manteniendo su principal cualidad estética (brillo), mejorando con ello la durabilidad, y por ende, su calidad.

#### 5. Referencias

- Alonso, F., Esbert, R., Ordaz, J. y Vázquez, P. (2006). Análisis del deterioro en los materiales pétreos de edificación. *Revista RECOPAR*, (3), 23-32.
- Alonso, J. (2013). Durabilidad de materiales rocosos. Universidad de Oviedo. Departamento de Geología (Petrología y Geología), 1-20.
- ASTM International. (2016). *ASTM C119-16 Standard terminology relating to dimension stone*. United States of America: ASTM International.
- Benavente, D. (2002). Modelización y estimación de la durabilidad de materiales pétreos porosos frente a la cristalización de sales. (Tesis Doctoral). Universidad de Alicante. Alicante, España.
- Benavente, D., Bernabéu, A. y Cañaveras, J. (2004). Estudio de propiedades físicas de las rocas. *Enseñanzas de las Ciencias de la Tierra*, 12(1), 62-68.
- Esbert, R., Montoto, M. y Ordaz, J. (1991). La piedra como material de construcción: Durabilidad, deterioro y conservación. *Materiales de Construcción*, 41(221), 61-73.
- Freire, D. (2016). El Granito como piedra de construcción en Madrid: Durabilidad y puesta en valor. (Tesis Doctoral). Universidad Complutense de Madrid. Madrid, España.
- Fort, R., Álvarez, M., Vázquez, C. y Gómez, L. (2013). Análisis de la microrugosidad mediante técnicas portátiles: aplicaciones y casos de estudio en patrimonio. *Las Ciencias y el Arte IV. Ciencias Experimentales y Conservación del Patrimonio*, 198-216.
- Hinojosa, M. y Reyes, M. (2001). La rugosidad de las superficies: Topometría. *Revista Ingenierías*, 4(11), 27-33.
- Instituto Tecnológico Geominero de España. (2001). *Mármoles de España*. España: Instituto Tecnológico Geominero de España.
- Martiarena, X. (1992). Conservación y restauración. Cuadernos de Sección. Artes Plásticas y Documentales. España: Eusko Ikaskuntza.
- Morales, A., Flores, S., Luna, E. y Servín, A. (2016). Alteración de la rugosidad en la roca caliza travertino tipo Dorado Tepexi mediante prueba de cristalización de sales por cloruro de sodio. *Publicaciones del Congreso Internacional Academia Journals Puebla 2016*, 8(3), 1278-1283.
- Pancorbo Floristan, F.J. (2010). *Corrosión, degradación y envejecimiento de los materiales empleados en la edificación*. España: Editorial Marcombo S.A.





# Análisis para el estudio de la recursividad en el ámbito de la programación funcional

Luis Rivera Lozano

Instituto Tecnológico de Veracruz, Ver. México.

luisriveralozano@hotmail.com

## Resumen

El propósito general de este artículo es clarificar el concepto de recursividad, aportando otras visiones que expliquen su funcionamiento. Dichas aportaciones han surgido de la práctica docente, de una reflexión constante para explicar de diferente manera el caso recursivo. Las ideas que se expresan sobre la programación recursiva se hacen desde el dominio del lenguaje para ordenadores Haskell, no obstante son legítimas para cualquier lenguaje de programación que permita el uso de la recursividad. El diseño metodológico tiene enfoque cualitativo, es un plan original fundamentado en la investigación documental, el método clásico de análisis de documentos y el método de investigación analítica. El ingrediente de entrada para este plan es el concepto más común de recursividad extraído de: libros y documentos electrónicos de Internet. El producto que surge de este plan, es conocimiento complementario sobre la recursividad y su funcionamiento.

**Palabras claves:** recursividad, programación recursiva, Haskell, Paradigma de programación funcional

## Abstract

The general purpose of this article is to clarify the concept of recursiveness aporting other visions that explain it's operation and as a concecuence facilitate the study of this tecnique of programming. Such contributions have been developed of the lecturer's practice, of a cons-

tant reflexion to differently express the recursive case. The ideas that are expressed about recursive programming are made since the dominance of Haskell, language for computers, however they are legitimate for any programming language that allows the use of recursiveness. The methodological design is qualitative approach, an original plan based on the documentary research, the classic method of documents analysis and the method of analytical research. The most common concept of recursiveness is extracted from books and electronic documents on the Internet and is the Input ingredient to this plan. The plan produces complementary information about recursiveness and its operation.

**Keywords:** recursiveness, recursive programming, Haskell, paradigm of functional programming.

## Introducción

La abstracción (Zapotecatl López, 2017) es la habilidad que le permite al ser humano combatir la complejidad al considerar sólo lo esencial de un objeto o fenómeno. Un buen ejemplo de la aplicación de esta habilidad está presente en la definición de recursividad que siempre incluye una interpretación del párrafo siguiente:

La recursividad (recursión) es aquella propiedad que posee una función por la cual dicha función puede llamarse a sí misma (Joyanes Aguilar, 2008).

La definición anterior omite infini-

dad de detalles del evento recursivo, en este sentido la recursividad es una técnica de programación muy abstracta y en consecuencia es difícil su estudio. En el mismo orden de ideas la mayoría de las definiciones de recursividad incluyen explicaciones adicionales sobre su funcionamiento, como la clásica que hace referencia al apilamiento, en el cual, se guardan los llamados a la función hasta que se cumpla una condición que es definida por el usuario, una vez alcanzada esta condición la función accede a los llamados guardados en el apilamiento para resolverlos.

El lenguaje Haskell es un digno representante del paradigma de programación funcional (Lipocava, 2017), en los lenguajes de este tipo implementar un ciclo como se realizaría en el lenguaje C es imposible,



por lo cual hace obligatorio el uso de la recursividad para simular un ciclo. Sin embargo el manejo de la técnica recursiva en Haskell no es en lo absoluto diferente al manejo de la misma en otros lenguajes de ordenador.

De aquí que este artículo trate de hacer más evidentes algunos detalles que implica el concepto de recur-

sividad, que por efecto de la abstracción son difíciles de apreciar. Estos pormenores son el resultado de una reflexión sobre este contenido, expresados de manera tal, que faciliten el estudio de esta técnica de programación.

Esta deserción presenta un conocimiento añejo desde una visión fresca y complementaria, esto se hace evidente en las contribuciones presentadas: el uso de tablas informativas, pruebas de escritorio para software que develan el funcionamiento de la recursividad y la propuesta de dividir su funcionamiento en tres etapas, estos tres productos tienen como meta anular el efecto de la abstracción.

Lo anterior es relevante en el ámbito de la labor docente porque le proporciona al estudiante herramientas intelectuales de apoyo para “aprender a comprender” lo que considera el primer pilar de la educación (Delors, 2017) para el siglo XXI, de la misma manera sucede con “el saber hacer” señalado tanto en el documento de Delors, como en el documento que define el modelo educativo de los institutos tecnológicos para el siglo XXI: “El modelo educativo para el siglo XXI: Formación y desarrollo de competencias profesionales” (Dirección General de Educación Superior Tecnológica, 2012). En este sentido este artículo hace aportaciones que vale la pena revisar.

### Metodología

El enfoque metodológico del que emerge este artículo es de corte cualitativo y su diseño, un plan original para alcanzar su propósito general (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010) está fundamentado en la investigación documental (Cázares Hernández, Christen, Jaramillo Levi, Villaseñor Roca, & Zamudio Rodríguez, 2012), el método clásico de análisis de documentos (Duverger, 1988) y el método de investigación analítica,

aunque este último es usado por la investigación cuantitativa sobre experimentos puros (Jurado Rojas, 2002), es tomado como referencia y es acomodado a la naturaleza cualitativa de este trabajo. Finalmente los pasos concretos que sigue el diseño metodológico son:

a) Selección del concepto más popular de recursividad, en el sentido de que dicho concepto o una interpretación de él, es el que más aparece registrado en libros y en documentos electrónicos en Internet.

b) Examen profundo y crítico sobre la claridad y significado el concepto seleccionado.

c) Realizar un análisis profundo del funcionamiento de la recursividad desde la práctica, usando el lenguaje de programación Haskell y con ayuda de pruebas de escritorio de software observar los aspectos de su funcionamiento que no se distinguen en el concepto de recursividad seleccionado por efecto de la abstracción.

d) Después de reflexionar sobre las observaciones realizadas el autor hace aportaciones para clarificar y complementar el concepto en cuestión, dichas aportaciones son expresadas en este caso, por medio del uso de tablas y pruebas de escritorio para software que tienen como propósito cumplir con el objetivo general de ese documento.

### Desarrollo

A continuación refiero cada una de las precisiones que facilitarán al lector el estudio de esta técnica de programación

A. La mayoría de las imágenes que ilustran la recursividad sugieren que es un proceso infinito.



Fig. 1 Representación gráfica de la recursividad

La recursividad no es un proceso infinito lo limita una condición llamada caso base (Joyane Aguilar, 2008), en esta condición participan uno o todos los parámetros de entrada de la función, según el algoritmo, los parámetros se modifican en cada llamada de la función hasta que la condición se cumple.

```
ctAB :: Int -> Int -> Int
ctAB a b = if a > b then 0 else 1 + ctAB (a+1) b
```

Fig. 2 Código Haskell de una función recursiva que cuenta los números desde el parámetro a hasta el b.

En la Fig. 2 el caso base sucede cuando “a” es mayor que “b”, esto se logra aumentando el valor del parámetro “a” en uno en cada llamado recursivo, cuando esto se cumple el valor de la función se iguala a cero y la primera fase del proceso recursivo termina. En esta expresión también se observa cómo se manipula uno de los parámetros (a) para que se cumpla la condición del caso base.

B. Usar recursividad es equivalente a usar un ciclo o instrucción cíclica (Joyanes Aguilar, 2008). Cuando un programa utiliza un ciclo, dicho programa también puede ser expresado en función de la recursividad. Las partes de una función recursiva son equivalentes a las partes de una estructura de programación cíclica.



TABLA I  
COMPARACIÓN ENTRE UN CICLO Y LA RECURSIVIDAD

Elementos fundamentales observados en un ciclo	Elementos fundamentales observados en una función recursiva
El ciclo tiene un inicio que incluye una condición, la cual al cumplirse termina con él. El incumplimiento de la condición implica la ejecución del cuerpo del ciclo y el retorno al inicio.	Posee una condición llamada caso base. Cuando se cumple termina la primera parte del proceso recursivo. De lo contrario se ejecuta el cuerpo de la función. En la Fig.2, el caso base se cumple si $a$ es mayor que $b$ . Cuando esto sucede el llamado de la función se iguala a cero, es decir, $ctAB\ 6\ 5=0$ .
Cuerpo del ciclo es el conjunto de instrucciones del algoritmo y por lo general contiene contadores y/o acumuladores.	En Haskell es imposible implementar contadores y/o acumuladores, su lugar es sustituido por una expresión matemática la cual forma parte del algoritmo e involucra a un llamado recursivo de la función. En la Fig.2, el cuerpo de la función incluye la expresión: $1 + ctAB\ (a+1)\ b$ .
El fin del ciclo traspasa el control de la ejecución al inicio del ciclo.	El fin de la ejecución del cuerpo de la función es marcado por un llamado recursivo de la función. En la Fig.2, el llamado recursivo que marca el fin del cuerpo de la función es: $ctAB\ (a+1)\ b$ .

C. En lenguaje C, todas las partes de un ciclo están a la vista y se pueden identificar fácilmente en el código del programa. En cambio una función recursiva tiene tres etapas, de las cuales dos no pueden ser visualizadas en el código de la función ya que son administradas por el compilador. Solo una de estas tres etapas puede identificarse en el código definido por el usuario, el llamado caso base. Las tres etapas mencionadas son:

**a. El planteamiento de expresiones.**

Es la primera etapa, en la cual el código de la función definido por el usuario genera expresiones compuestas por más de un término, las cuales no pueden resolverse debido a que uno de sus términos no es un valor numérico, es un llamado a la misma función (llamado recursivo), por esta razón las expresiones son guardadas en un apilamiento para su solución posterior.

**b. Caso base.**

Es la segunda etapa y es la condición que se debe cumplir para terminar la fase anterior. En esta fase el llamado recursivo de la función se apropia de un valor numérico.

**c. Resolución de expresiones.**

En esta etapa se resuelven las expresiones planteadas en la primera fase, las cuales fueron guardadas en un apilamiento de expresiones no resueltas. En la última expresión guardada, se sustituye el caso base y se resuelve, así hasta llegar al primer llamado de la función recursiva que se encuentra en el fondo del apilamiento. De esta manera el primer llamado de la función recursiva es el que devuelve el resultado de los cálculos que realiza la función.

En la tabla II se muestra el funcionamiento de la recursividad en cada una de las etapas indicadas. Se usa la función recursiva usada en la Fig.2



TABLA II.  
ETAPAS DE LA RECURSIVIDAD Y PRUEBA DE ESCRITORIO

ETAPAS DE LA RECURSIVIDAD	¿Qué valor retorna el llamado <b>ctAB 2 5</b> ?	
	Planteamiento de Expresiones	1. $ctAB\ 2\ 5 = \text{if } 2 > 5\ \text{NO else } 1 + ctAB\ 3\ 5$ 2. $ctAB\ 3\ 5 = \text{if } 3 > 5\ \text{NO else } 1 + ctAB\ 4\ 5$ 3. $ctAB\ 4\ 5 = \text{if } 4 > 5\ \text{NO else } 1 + ctAB\ 5\ 5$ 4. $ctAB\ 5\ 5 = \text{if } 5 > 5\ \text{NO else } 1 + ctAB\ 6\ 5$
	Caso Base	5. $ctAB\ 6\ 5 = \text{if } 6 > 5\ \text{SI then } 0, \text{ entonces}$ $5. ctAB\ 6\ 5 = 0$
	Resolución de expresiones	Sustituyendo 5 ( $ctAB\ 6\ 5 = 0$ ) en 4: $\Rightarrow ctAB\ 5\ 5 = 1 + ctAB\ 6\ 5 = 1 + 0 = 1$ Sustituyendo 4 ( $ctAB\ 5\ 5 = 1$ ) en 3: $\Rightarrow ctAB\ 4\ 5 = 1 + ctAB\ 5\ 5 = 1 + 1 = 2$ Sustituyendo 3 ( $ctAB\ 4\ 5 = 2$ ) en 2: $\Rightarrow ctAB\ 3\ 5 = 1 + ctAB\ 4\ 5 = 1 + 2 = 3$ Sustituyendo 2 ( $ctAB\ 3\ 5 = 3$ ) en 1: $\Rightarrow ctAB\ 2\ 5 = 1 + ctAB\ 3\ 5 = 1 + 3 = 4$

### Conclusiones

La recursividad es una técnica de programación muy abstracta, hacer visible los componentes que oculta el proceso intelectual de abstracción y someter el proceso recursivo completo a un análisis y reflexión rigurosa es una tarea casi inevitable si queremos clarificar el significado de su concepto y como consecuencia facilitar el aprendizaje de esta técnica de programación, las tablas que se muestran en este documento son evidencia de ello. Este ejercicio amplió nuestra visión y estaremos en posición de elaborar materiales adicionales para su estudio y enunciar su funcionamiento usando otras palabras o analogías, ya que sería pretencioso mencionar que los materiales mostrados en este artículo son los únicos que se pueden crear, las posibilidades son infinitas. Un siguiente nivel al que se puede llevar las tablas elaboradas por el autor es la animación usando un software de presentaciones electrónicas, en especial la animación de las pruebas de escritorio para software, haría más evidente el funcionamiento de la recursividad y facilitaría su estudio.

### Referencias

Cázares Hernández, L., Christen, M., Jaramillo Levi, E., Villaseñor Roca, L., & Zamudio Rodríguez, L. (2012). *Técnicas Actuales de Investigación Documental*. Mexico D.F.: Trillas.

Delors, J. (15 de junio de 2017). UNESCO. Obtenido de UNESCO: <http://www.unesco.org/education/pdf/DELORS.S.PDF>

Dirección General de Educación Superior Tecnológica. (2012). *MODELO EDUCATIVO PARA EL SIGLO XXI. Formación y Desarrollo de Competencias Profesionales*. México D.F.: Consejo Editorial Nacional.

Duverger, M. (1988). *Métodos de las ciencias sociales*. Mexico D.F.: Grupo Editorial Planeta.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2010). *Metodología de la Investigación*. México D.F.: McGraw Hill/Interamericana.

Joyanes Aguilar, L. (2008). *Fundamentos de Programación algoritmos, estructuras de datos y objetos* (Cuarta ed.). Madrid, España: McGraw-Hill.

Jurado Rojas, Y. (2002). *Técnicas de Investigación documental*. Mexico D.F.: Internacional Thomson Editores.

Lipocava, M. (1 de mayo de 2017). ¡Aprende Haskell por el bien de todos! Obtenido de <http://aprendehaskell.es>

Zapotecatl López, J. (1 de mayo de 2017). *Pensamiento computacional*. Obtenido de <http://pensamientocomputacional.org/Files/abstraccion.pdf>



## Reducción de Re-trabajo en el Pulido de Body Color 1 utilizando la metodología Seis Sigma.

María del Carmen Murillo Flores<sup>1</sup> carmen.murillo@hotmail.com

Francisco Baruck Alvarado<sup>1</sup> mexicodigital@gmail.com

Norma Aura Rangel Vázquez<sup>2</sup> geometry198128@gmail.com

Raúl Durán García<sup>3</sup> gadura84@hotmail.com

1. Ciateq (Centro de Investigación Avanzada en Tecnología).

2. ITA (Instituto Tecnológica de Aguascalientes).

3. ITESM (Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey).

### Resumen

El caso de estudio de “Reducción de Re-trabajo en el Pulido de Body Color 1” ocasionado por basuras y grumos en los tableros pintados de una empresa del sector automotriz en la ciudad de Aguascalientes”, se llevó a cabo con el objetivo de disminuir el Re-trabajo en el área de Body Color 1 en un 30%, generando una utilidad anual de \$50,276 USD, mediante la metodología Seis Sigma DMAIC (Define – Measure – Analyze – Improve – Control) o Definir – Medir – Analizar – Mejorar – Controlar, con la finalidad de encontrar la causa raíz del problema, empleando la transformada de Johnson para obtener una distribución normal ajustada, se identificaron las variables que afectaban al proceso, siendo X3 (Base de Jig limpio/Jig sucio) y X5 (humedad en cabina 40-70%) las de mayor contribución, las cuales no estaban consideradas como modo de falla del proceso, además se determinó que el máximo nivel de humedad más estable fue del 70%, reduciendo la cantidad de piezas por defectos de basuras y grumos y obteniendo un beneficio económico para la empresa de 65,280 USD, representando un mayor valor agregado.

### Abstract

The case study “Reduction Re-work in Polishing Body Color 1 caused by rubbish and lumps in the module

Cockpit painted for an automotive company from Aguascalientes City”, the objective is Re-work reduce in Body Color area 30% off, obtaining an annual profit of \$ 50,276 USD. was developed through the DMAIC methodology, with the purpose was to find the root cause of the problem, using the Johnson’s Transform to obtain an adjusted normal distribution, to identify the process variables were defined, and these variables were X3 (dirty Jig) and variable X5 (humidity in cabins 40-70%), were not considered as part of the process failure mode, was determined the value of the level relative humidity maximum 70% this reducing the number of pieces with defects, obtaining economic profits of 56,280 USD, and major add value.

**Palabras Clave.** DMAIC, Diseño de Experimentos, Johnson, Seis Sigma y Re-trabajo.

### 1. Introducción.

Este proyecto de implementación de Seis Sigma, se llevó a cabo en el proceso de aplicación de pintura del área de Body Color 1.

Las empresas multinacionales sobre todo en la industria automotriz hoy en día buscan mejorar su competitividad de diversas formas, esto con la intención de ofrecer productos con buena calidad en el entorno tan competido, la mejora de la com-

petitividad se logra mediante una variedad de herramientas de diferentes tipos y especialidades, desde herramientas y/o técnicas mercadológicas de calidad e ingenieriles. Cualquiera de las herramientas que sean utilizadas. Tienen como objetivo hacer más atractivo y/o competitivo el producto, formando equipos multifuncionales.

Las estrategias operacionales de la industria manufacturera han sido influenciadas por métodos y filosofías como el desarrollado exitosamente en Toyota que con el TPS (Sistema de Producción Toyota) marcó el camino para empresas del ramo automotriz y otros ramos manufactureros y de servicios, alineando los objetivos operacionales a la mejora continua y obteniendo una posición competitiva de clase mundial, a través del mejoramiento de los indicadores clave de desempeño y específicamente en aspectos netamente financieros (Jeffrey 2006).

Los procesos de mejora continua dentro de las industrias manufactureras, buscan impactar directamente el costo del producto, haciendo éste más competitivo dentro del mercado, donde se encuentra y/o buscando incrementar el margen que se obtiene por la venta del mismo, así la metodología de Seis Sigma va encaminada a la búsqueda del estado

ideal (disminución de la variación en los procesos) mediante las diversas herramientas utilizadas en cada etapa del DMAIC y de las que ésta hace uso, dando como resultado el mejoramiento de los procesos productivos.

Para que un proyecto Seis Sigma sea exitoso y se obtengan los beneficios esperados, debe ser un proyecto bien definido, con objetivos alcanzables y donde la metodología se pueda aplicar debe existir un compromiso de todas las áreas involucradas, principalmente de la dirección de la compañía, el líder Black Belt del proyecto debe estar enfocado exclusivamente al desarrollo del mismo, manteniendo informada a la dirección de los avances y desempeño del mismo, el personal involucrado debe recibir la capacitación necesaria para poder aportar beneficios en el proyecto (George 2012).

La aportación de la metodología Seis Sigma hacia las empresas es reducir la variabilidad en los procesos, impactando directamente en la disminución del DPMO (Defectivo por Millón de Oportunidades), ya que está relacionada directamente con las características críticas de calidad del cliente y del proceso. (Ginn Dana, Varner Evelyn, Barbará y Streibel Jersildsé Chistine 2002).

Las herramientas utilizadas son parte importante en el desarrollo de este proyecto de Seis Sigma y son la base de la metodología DMAIC.

Seis Sigma es una metodología de mejora continua que se enfoca en la reducción de defectos en todo tipo de procesos, reduciendo costos de mala calidad e incrementando la satisfacción de los clientes. El propósito de Seis Sigma es reducir la variación de los procesos para que estos no generen más allá de 3.4 DPMO (Defectos por millón). (Ginn Dana, Varner Evelyn, Barbará y Streibel Jersildsé Chistine 2002). Reducir los defectos de su nivel actual a un nivel Seis Sigma, puede generar ahorros

para la organización de hasta un 40% de sus ingresos (Brassard Michael, Finn Lynda, Ginn Dana, y Ritter Diane 2002).

Seis Sigma ha logrado que estos resultados se transformen en beneficios económicos para las empresas, alcanzando ahorros importantes dentro de sus procesos productivos y administrativos, creando una cultura de mejora dentro de la compañía y beneficiando así a gran parte de los colaboradores dentro de la misma.

Seis Sigma implica que toda persona dentro de la organización tenga un enfoque completo, dando un paso al frente en sus operaciones al llevarlas a un nivel máximo de calidad.

El éxito en la implementación de Seis Sigma depende del compromiso de la Alta Dirección principalmente, además del involucramiento de todos los colaboradores, por otro lado el liderazgo, el empowerment (Potenciación, delegar poder y autoridad a los subordinados), el trabajo en equipo, el tiempo, el talento, la creatividad, la dedicación, la perseverancia y la inversión económica sustentada, son factores esenciales que se requieren tener presentes al momento de decidir iniciar este tipo de proyectos (George 2012).

En términos estadísticos, el propósito principal de Seis Sigma es reducir las variaciones en los procesos, de tal manera que se consigan desviaciones estándar pequeñas para asegurar que los productos o servicios establecidos cumplan las expectativas de los clientes (Brassard Michael, Finn Lynda, Ginn Dana, y Ritter Diane 2002).

### 1.1 Metodología Seis Sigma operacional (DMAIC)

Seis Sigma engloba una metodología de proceso de mejora bien estructurada, sistemática, fácil de usar y formalizada. Empieza con una fase de Definir, en la que se identifica el proceso o producto que se necesita mejorar, seguida de analizar, mejorar y controlar. Esta metodología funcio-

na perfectamente para mejorar todo tipo de características críticas de la calidad, procesos productivos, administrativos, empresas productivas y de servicio. (Ver figura1). (Brassard Michael, Finn Lynda, Ginn Dana, y Ritter Diane 2002).

### The Five Steps of the DMAIC Method

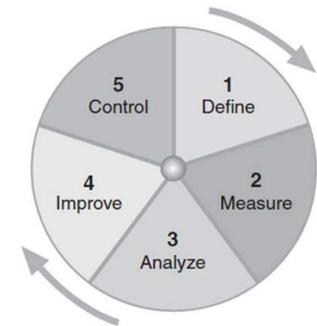


Figura 1. Cinco pasos de DMAIC. (Brassard Michael, Finn Lynda, Ginn Dana, y Ritter Diane 2002).



Cada Fase del DMAIC tiene los siguientes propósitos:

**Etapa 1.** Definir el proyecto.

Definir el propósito y el alcance del proyecto.

Recopilar información de antecedentes sobre el proceso, las necesidades y requerimientos de los clientes.

**Etapa 2.** Medir la situación actual.

Recopilar información sobre la situación actual y proporcionar un enfoque más claro para el esfuerzo de la mejora.

**Etapa 3.** Analizar para identificar las causas.

Identificar la causa raíz del problema.

Confirmar con datos.

**Etapa 4.** Implementar el proceso.

Desarrollar e implementar soluciones que abordan las causas fundamentales.

Utilizar los datos para evaluar las soluciones y generar los planes que se llevaran a cabo.

**Etapa 5.** Controlar el proceso definido.

Mantener las ganancias que se han logrado por estandarizar los métodos de trabajo y procesos.

Anticipar las mejoras futuras y hacer planes para preservar las lecciones aprendidas.

En la figura 2. Flujo para la metodología DMAIC (Brassard Michael, Finn Lynda, Ginn Dana, y Ritter Diane 2002). Se muestra un diagrama de flujo para la implementación de la metodología DIMAIC.

Como líder del equipo Seis Sigma, se debe trabajar con los equipos de mejora, utilizando el método DMAIC. Para que este método sea exitoso, primeramente debe estar familiarizado con las metas y los resultados de cada etapa, enfocado a guiar el proyecto durante cada paso y utilizar de manera adecuada las herramientas necesarias para completar su trabajo. Es muy importante la secuencia que los proyectos Seis Sigma necesitan seguir.

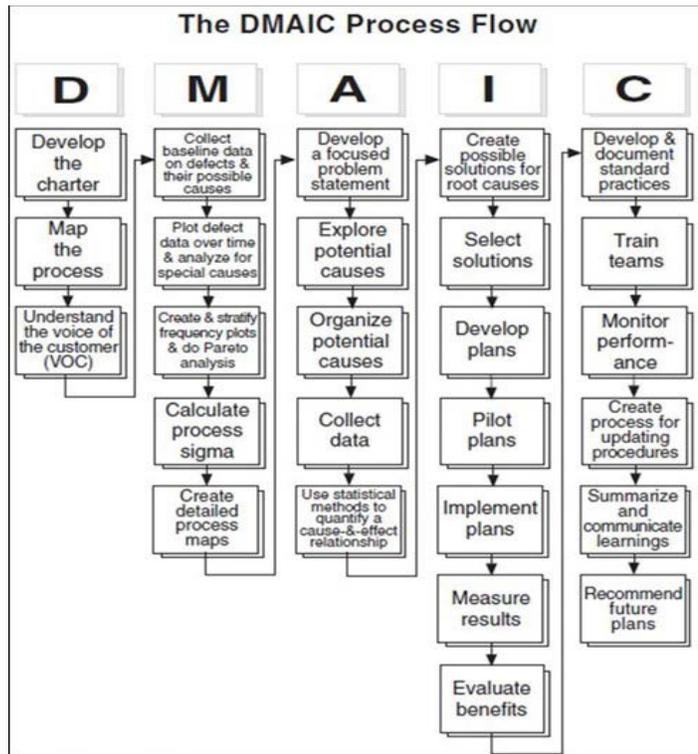
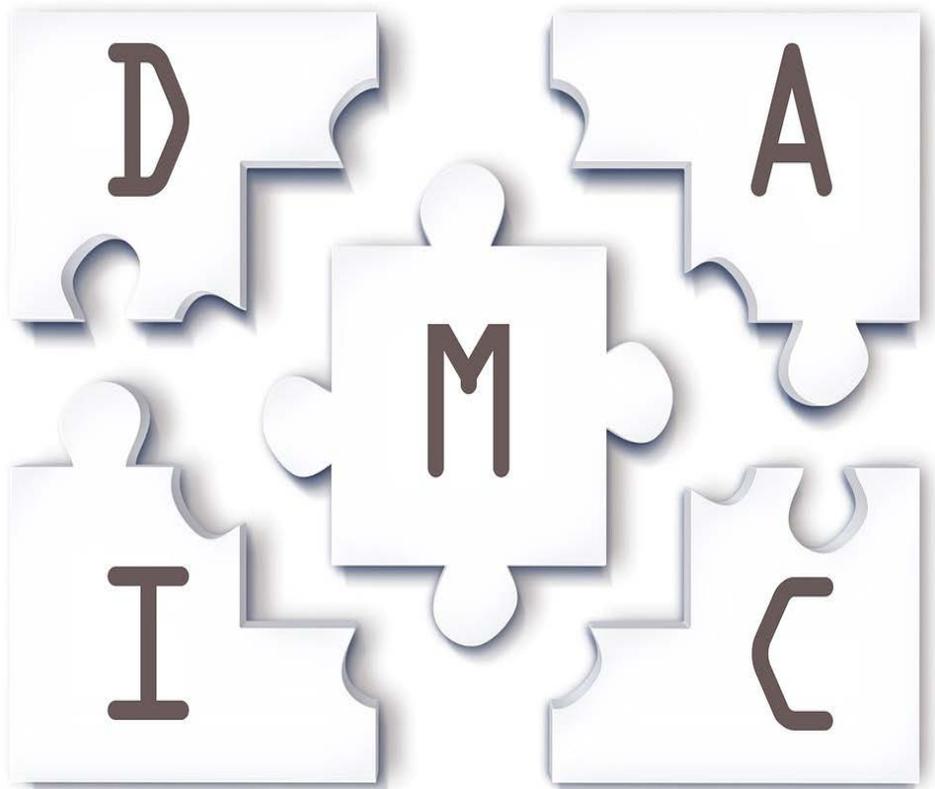


Figura 2. Flujo para la metodología DMAIC (Brassard Michael, Finn Lynda, Ginn Dana, y Ritter Diane 2002).



## 1.2. Herramientas utilizadas en el proyecto

Cada fase de la metodología DMAIC ofrece una variedad de herramientas que ayudan al logro de objetivos, que es reducir la variabilidad en los procesos. Se muestra abajo una figura de las herramientas utilizadas para el desarrollo del proyecto aplicado en un caso real de la industria automotriz, dentro de una planta de inyección de plástico, específicamente en el área de aplicación de pintura. Donde se producen partes pintadas para tableros que son ensamblados en el interior del vehículo. (Ver figura 3).

Fase	Herramientas
1) Define Resultados Cartera del proyecto - Declaración del problema. - Alcance, escala y límites del proyecto. - Equipo del proyecto. - Gráfica de Gantt / esquema de tiempo. - Metas y objetivos de mejoramiento. Voz del cliente / consumidor	Project charter Gráfica de Pareto. Plan de actividades (preferente diagrama Gantt). Identificar oportunidades de mejoras rápidas. Requerimientos críticos de los clientes, (CTQ's) relacionados a los CTQ's del proceso.
2) Mide Resultados Datos base. Cartera del proyecto y/o declaración del problema refinados. Mapa del proceso refinado.	Diagrama del proceso. Diagrama SIPOC. Análisis del sistema de medición (MSA). Capacidad actual del proceso CPK. Gráficos de control. (DPMO). Nivel sigma actual del proceso. Mapeo del proceso identificar "X"s y "Y"s.
3) Analiza Resultados Causa raíz identificada. Causa raíz validada.	Regresión Lineal Análisis de Modo y Efecto de Fallas (FMEA), en caso de ser necesario
4) Mejora Resultados Mejoramientos / contramedidas priorizadas. Plan de mejoramiento. Soluciones ó mejoramientos Validados.	Gráficas de control. Mapas de procesos. DOE (Design of Experiments) o Diseño de Experimentos. A prueba de errores/fallas. Tableros e indicadores del proceso. Costos de calidad. Análisis global de costos.
5) Controla Resultados Plan de control. Planes de Mantenimiento y mejoras futuras.	Gráficas de control. Tableros e indicadores del proceso. Planes de Mantenimiento. Planes de Capacitación.

Figura 3. Herramientas utilizadas en la metodología Seis Sigma operacional.

## 2. Planteamiento y Desarrollo-Implementación del proyecto Seis Sigma

### 2.1 Etapa "Definir" de la metodología Seis Sigma operacional

Descripción del proceso: Se pintan partes plásticas con robot en Body Color 1, se prepara la pintura, se miden: Flujo, viscosidad y patrón, la pieza es pintada en la cabina de pintura, por último entra a un horno de pre-curado y curado para su inspección final.

#### 2.1.1 Descripción del problema

En el área de Body Color 1:

Mensualmente se pintan en promedio 53,287 partes plásticas,

Julio 15-Enero 16 Se tuvo un 26% de defectivo (basuras, grumos, falta de pintura, etc.), esté defectivo es re-trabajable.

Se re-trabajan 13,855 partes mensuales

Un 80% es pulido, 12% lijado y repintado y 8% scrap.

Costo por unidad re-trabajada \$1.26 usd. (Pulido).

Costo unidad re-trabajada \$2.50 dls. (Lijado y repintado).

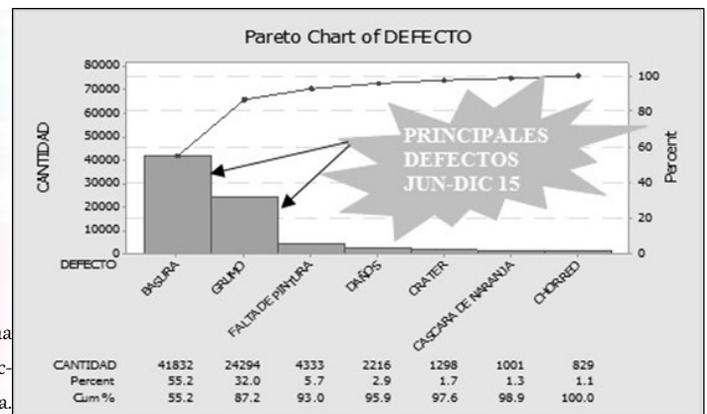
Costo unidad por scrap \$3.70 dls.

Afecta principalmente al paso directo de la línea, genera costos por re-trabajo y disminuye la capacidad del proceso.

Los principales problemas encontrados en el proceso de pintura son: Basura y grumos, los cuales representan un 82% de defectivo en el proceso de pintura, en el diagrama de Pareto. (Figura 4), se muestra el comportamiento.



Figura 4. Diagrama de Pareto sobre defectos en pintura.



## 2.2 Etapa “Medir” de la metodología Seis Sigma operacional

Para el desarrollo de la etapa “Medición”, se realizó un mapa de pensamiento, donde se lograron identificar algunas áreas de oportunidad dentro del proceso. La generación de esta lluvia de ideas ayudó a identificar algunas características que no se consideraban en el proceso y que posiblemente pudieran ser fuente de generación del defectivo. Para ello, con el mapeo del proceso se identificaron los potenciales factores “X” que contribuyen al incremento en Re-trabajos “Y”, estos factores se clasificaron por variables de ruido, estándar y controlables con la idea de estudiarlas en la etapa “Analizar”. También se realizó un Mapeo de Proceso y SIPOC (Supplier – Inputs – Process – Outputs – Customers) o Proveedor – Entradas – Procesos – Salidas – Clientes para identificar las variables que afectan al proceso. (Ver figura 5).



Al realizar un estudio de medición MSA (Measurement System Analysis) o Análisis del Sistema de Medición por atributos, se observó que existe un porcentaje de aceptación entre operadores mayor al 85%, lo que significa que existe un criterio de aceptación favorable, (ver figura 6), así mismo se realizó un estudio de CPK (Process Capability) o Capacidad de Proceso por atributos considerando la regla de decisión “pasa-no pasa” el cual arroja una eficiencia del 72% y Z=0.57 (Montgomery 2013). Ver figura 7.

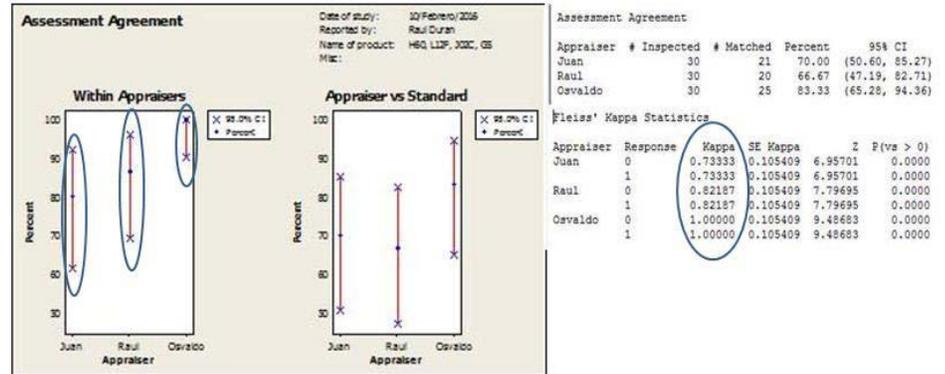


Figura 6. MSA

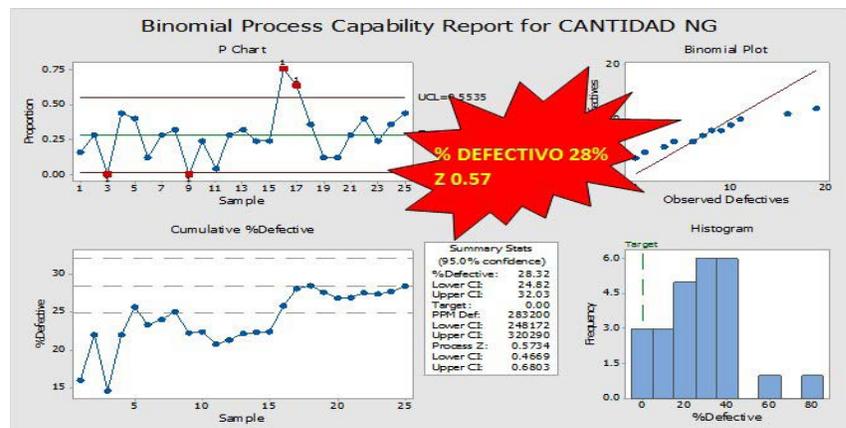


Figura 7. CPK

VARIABLE	C- CONTROLABLE	N- RUIDO	S- ESTANDAR
N	MATERIAL SIN DEFECTO DE INYECCION (RESINAS, RECHUPES, GOLPES, MANCHAS)	10	SIN DEFECTOS, NUMERO DE PARTE CORRECTA
S	CASERO SIN BASURAS	20	PRELIMPIEZA DE CARROS, LIBRE DE BASURAS
S	TRAPO LIMPIO	30	SIN BASURAS, SIN GRASA
S	TRAPO SIN FIBRAS	40	LIMPIEZA CON ALCOHOL Y TRAPO BARNIZ
S	TRAPO SIN BASURAS	50	SOPLETEO DE PIEZAS, LIBRE DE FIBRAS
S	ALCOHOL LIMPIO	60	LIBRE DE BASURAS, LIBRE DE POLVO
S	TRAP SIN BASURA	70	SIN FALTA DE PINTURA
S	BROCHES EN DADOS	80	SIN CHORREO, SIN GRUDOS, SIN BASURAS
S	OVERALL LIMPIO	90	SIN CASCARA DE NANARANTA
S	TRAPO BARNIZ LIMPIO	100	PIEZA CON SECCA
S	INYECCION DE AIRE EN CABINA	110	SIN DEFECTOS
S	HUMEDAD 40-70%	120	
S	TEMPERATURA 20C-24C	130	
S	INYECCION DE AIRE EN CABINA	140	
S	FLUJO DE AGUA	150	
S	HUMEDAD 40-70%	160	
S	TEMPERATURA 20C-24C	170	
S	DISOLVENTE EN 100%	180	
S	CATEADOR 4000%	190	
S	VISCOSIDAD 100-180	200	
S	AGITACION 100-180	210	
S	FLUJO 100-180	220	
S	PATRON 100-180	230	
S	FLUJO 50-75	240	
S	FILTRO 50-75	250	
S	PRECURADO 750C	260	
S	FLASING 100min	270	
S	FILTROS LIMPIOS	280	
S	HORNO SIN BASURAS	290	
S	CURADO 750C	300	
S	PRECURADO 450min	310	
S	FILTROS LIMPIOS	320	
S	HORNO SIN BASURAS	330	
S	HELIUM EN	340	
S	CRITERIO DE ACEPTACION	350	
S	BASURAS MENORES A 5MM	360	
S	ESTANDAR	370	

Figura 5. Mapeo del Proceso y SIPOC

Los DPMO (Defectos Por Millón de Oportunidades), actualmente son de 259,348, ya que en la compañía se pintan 319,721 partes de 5 diferentes modelos, de las cuales 82,219 se rechazaron por defectivo. Nivel sigma equivalente a 2.1. (Ver figura 8).

Sigma	DPMO	YIELD	Sigma	DPMO	YIELD
5.5	32	99.9968%	2.4	184,060	81.6%
5.4	48	99.9952%	2.3	211,855	78.8%
5.3	72	99.9928%	2.2	241,964	75.8%
5.2	108	99.9892%	2.1	274,253	72.6%
5.1	159	99.984%	2	308,538	69.1%
5	233	99.977%	1.9	344,578	65.5%
4.9	337	99.966%	1.8	382,089	61.8%

Figura 8. DPMO

Al realizar el análisis dentro del Mapa de Proceso se identificaron las variables “X” que potencialmente están relacionadas o que pueden llegar a afectar a la salida “Y” del proceso de aplicación de pintura, en la figura 9, se muestra una tabla de las variables “X’s” y “Y” que se consideraron para realizar el DOE.

No. de Variable	Variable	Norma
X1	Trapo 3M para limpieza de partes	Limpio/Sucio
X2	Jig	Limpio/Sucio
X3	Base de Jig	Limpio/Sucio
X4	Velocidad de aire en cabina	presión positiva
X5	Humedad en la cabina	50-70 %
X6	Temperatura en la cabina	20-24 °C
X7	Viscosidad de pintura	9-13 ml/15seg
X8	Flujo de pintura	18-25 ml
X9	Patron	L .10-.22 mpa
X10	Patron	H .12-.24 mpa
X11	Precurado	68-72 °C
X12	Curado	77-81 °C
X13	Tiempo de precurado	21-41 min
X14	Tiempo de curado	35-55 min
X15	Filtro de pintura	50-75 μ
X16	Horno	Limpio/Sucio

DEFECTIVO POR BASURAS Y GRUMOS

Figura 9. Potenciales “X” que incrementan el defectivo en el proceso de pintura.

### 2.3 Etapa “Analizar” de la metodología Seis Sigma operacional

En esta etapa se realizó un análisis de regresión lineal, donde se tomaron datos históricos del defectivo (Y) y parámetros de aplicación (X), de los meses de Septiembre a Diciembre del 2015 y en total se analizaron 16 variables identificadas como potenciales en la etapa de “Medir”. (Ver figura 10).

Transformada de Johnson	defectivo	ok/ng (1/0)	ok/ng (1/0)	ok/ng (1/0)	ok/ng (1/0)	40-70%	20-24 °C	9-13 ml/15seg	18-25 ml	L .10-.22 mpa
Y	Y	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9
0.5244844	151	1	0	0	0	46	23	9.35	23	0.18
1.00363989	190	1	0	0	0	40	25	9.35	23	0.18
0.15584248	121	1	0	0	0	48	24	9.36	23	0.18
*0.11404194	102	0	0	0	0	53	23	9.6	24	0.19
0.33261644	135	0	0	0	0	46	24	9.5	22	0.19
0.06168203	114	1	0	0	0	54	24	9.68	24	0.19
0.787318	179	1	0	0	0	43	24	9.5	24	0.18
0.28330684	131	1	0	0	0	44	23	10.45	24	0.18
0.28330684	131	0	0	0	0	44	24	10.9	22	0.18
*0.0951673	103	0	0	0	0	64	24	9.5	22	0.18
*0.9762113	65	0	0	1	1	68	26	9.48	22	0.18

Figura 10. Datos de variables categóricas y continuas tomados del mes de Septiembre a Diciembre 2015 en el proceso de pintura de Body Color 1

Debido a que los datos no se ajustaban a una distribución normal, se utilizó la transformada de Johnson sobre "Y". El modelo se observa ahora en la figura 11 con un buen ajuste y con un porcentaje de predicción del 81%, los residuales también presentan una varianza constante. Por lo tanto, es considerado un buen modelo.

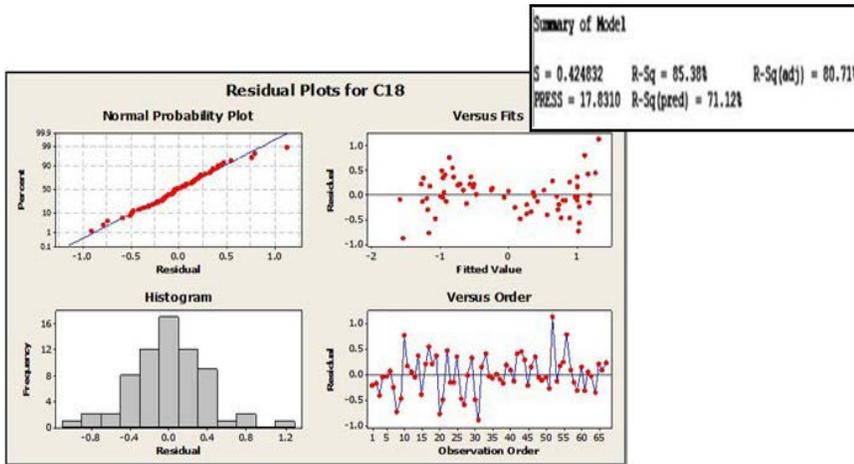


Figura 11. Distribución de los datos con transformada de Johnson

Una vez realizados los análisis anteriores, se determinó la causa raíz del problema. Las variables estudiadas y las que resultaron más significativas por su valor  $P < 0.05$ , es decir las que están afectando al incremento del Re-trabajo por defectivo son X3 (Base de Jig limpio/Jig sucio) y X5 (humedad en cabina 40-70%). De acuerdo al valor VIF menor a 10. Con esto concluimos que no existe multicolinealidad entre variables. (Ver tabla 12).

Term	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	3.5312	10.9388	0.32282	0.748	
x1	0.1378	0.1302	1.05878	0.295	1.44606
x2	0.1184	0.1262	0.93805	0.353	1.27232
x3	-0.4455	0.2168	-2.05510	0.045	4.08123
x4	0.5000	0.2766	1.80798	0.077	7.02089
x5	-0.0790	0.0124	-6.35251	0.000	7.58156
x6	-0.0122	0.0635	-0.19196	0.849	1.31020
x7	0.0532	0.1008	0.52716	0.600	1.09835
x8	0.0682	0.0509	1.33923	0.187	1.60836
x9	-15.2498	12.0385	-1.26675	0.211	1.34471
x10	-6.4980	12.4355	-0.52254	0.604	1.36324
x11	0.0046	0.1137	0.04036	0.968	1.15475
x12	0.0312	0.0441	0.70752	0.483	1.14927
x13	-0.0179	0.1333	-0.13447	0.894	1.51736
x14	0.0104	0.1170	0.08923	0.929	1.24624
x15	-0.0006	0.0053	-0.11012	0.913	1.50027
x16	-0.0359	0.0463	-0.77596	0.441	1.26811

Figura 12. Tabla de variables significativas (Causa raíz del problema)

Relación de variables  $y=f(x)$ , las variables X3 y X5 son significativas, es por ello que se validó la correlación que tienen con la variable de respuesta. La correlación que existe entre la variable de respuesta  $Y=Re-trabajo$  por defectivo y las variables de predicción X3=Base de Jig Limpio/sucio y X5=humedad en la cabina 40-70%; es alta, ya que  $P-Value < 0.05$ . (Ver figura 13).

**Correlations: C18, x3**

Pearson correlation of C18 and x3 = -0.759  
P-Value = 0.000

**Correlations: C18, x5**

Pearson correlation of C18 and x5 = -0.898  
P-Value = 0.000

Figura 13. Relación de variables  $y=f(x)$

Así mismo se realizó en el software Minitab un diseño de experimentos  $2^2$  (ver figura 14), para determinar el valor óptimo (parámetro) del nivel máximo de humedad más estable para la disminución del Re-trabajo en el pulido por basuras dentro del proceso de pintura y se definió que la humedad de la cabina debe ser del 70%, ya que el modelo sigue una buena distribución normal, un buen ajuste en los residuales y un buen porcentaje de predicción cercano al 70%. (Ver figura 15).

X3	X5	Defectivo	Bloque
-1	-1	23	1
1	-1	21	1
-1	1	24	1
1	1	15	1
-1	-1	26	2
1	-1	20	2
-1	1	20	2
1	1	13	2
-1	-1	28	3
1	-1	24	3
-1	1	23	3
	1	14	3

Figura 14. DOE con replicas

**2.4 Etapa "Implementar" de la metodología Seis Sigma operacional**

Para la etapa de Implementar, se identificaron y seleccionaron las soluciones de mejora, así como el desarrollo de las acciones necesarias para el logro de la disminución del Re-trabajo por defectivo.

A través del DOE se establecieron valores óptimos con los que debe trabajar el proceso. Se establecieron planes de acción para llevar a cabo la implementación al proceso y maquinaria. También se evaluó como estos cambios influyen de manera positiva a los métricos que se plantearon en el Project Charter (Carta o Definición del Proyecto) y finalmente medimos el DPMO para conocer el nivel sigma en el cuál se encuentra el proceso una vez realizadas las mejoras.

S = 1.79505      PRESS = 77.3333  
 R-Sq = 92.29%      R-Sq(pred) = 69.18%      R-Sq(adj) = 85.87%

Analysis of Variance for Defectivo (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Blocks	2	12.67	12.67	6.333	1.97	0.221
Main Effects	2	204.83	204.83	102.417	31.78	0.001
X3	1	114.08	114.08	114.083	35.41	0.001
X5	1	90.75	90.75	90.750	28.16	0.002
2-Way Interactions	1	14.08	14.08	14.083	4.37	0.082
X3*X5	1	14.08	14.08	14.083	4.37	0.082
Residual Error	6	19.33	19.33	3.222		
Total	11	250.92				

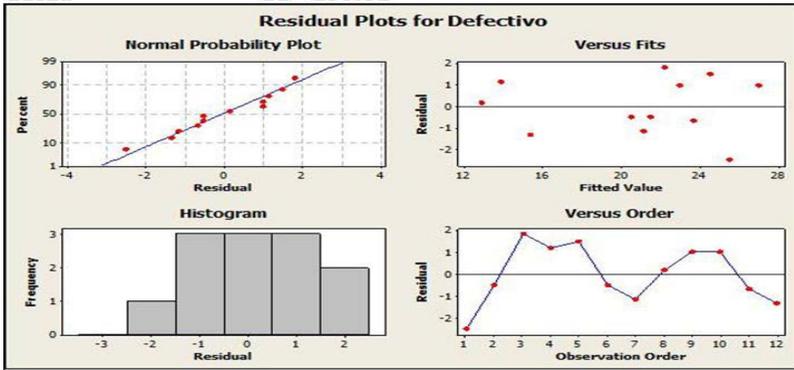


Figura 15. Variables significativas

En la figura 16, se puede apreciar de manera gráfica la validación de las variables significativas.

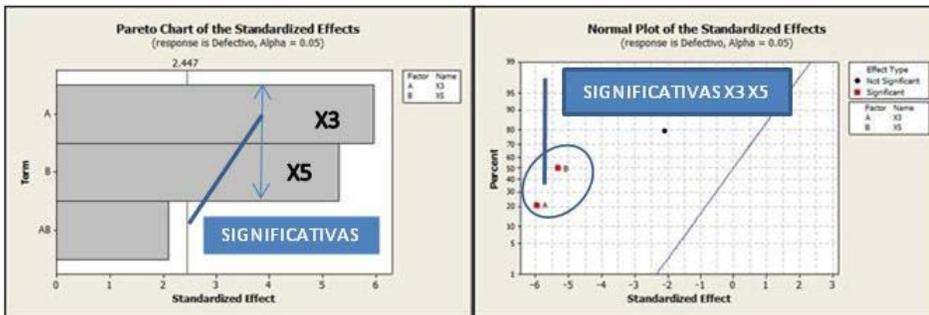


Figura 16. Validación de variables significativas

De acuerdo a la gráfica de cubo, (ver figura 17), se recomienda trabajar el proceso con los siguientes valores: X3= Base de jig limpio (nivel alto 1) y X5= Humedad de cabina 70% (nivel alto 1).

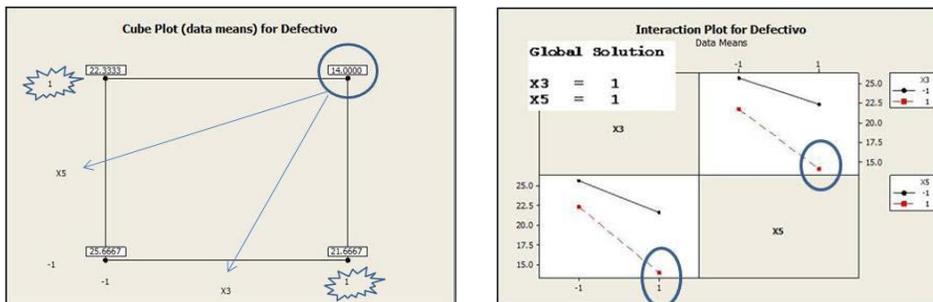


Figura 17. Gráfica de cubo con valores de operación

En la figura 18 se muestran los beneficios obtenidos una vez implementadas las acciones:

MÉTRICOS			
	ANTES	DESPUÉS	
MÉTRICO	NIVEL ANTERIOR	NIVEL ACTUAL	BENEFICIO
Costo por Re-trabajo de Pulido	167,586 USD/Año	102,306 USD/Año	65,280 USD/Año
Piezas Re-trabajo Pulido /mes	13,855 Piezas.	8,528 Piezas.	39% Mejora
% Paso Directo Pintura/Mes	74%	84%	10% Mejora
Nivel Sigma	2.1	2.5	0.4 de Mejora
DPMO	259,349	156,890	102,458 Mejora

Figura 18. Comparativo de métricos antes y después de la mejora

## 2.5 Etapa "Controlar" de la metodología Seis Sigma operacional

En esta etapa se describen los planes, acciones y mecanismos para comunicar, implementar y asegurar la permanencia de la mejora. Por medio de gráficos de control, se pretende monitorear el paso directo, la medición de partículas, y el DPMO's, de manera que se logre analizar el comportamiento del proceso productivo y poder tomar acciones de contención necesarias al momento en que se presenten desviaciones dentro del mismo. Con ello, se busca que estas acciones establezcan el proceso productivo antes de que se presente defectivo que en un momento llegue a perjudicar, aumentando los costos por re-trabajo en el pulido de partes pintadas.

Las acciones a tomar para estabilizar el proceso productivo son: La modificación a los procedimientos de trabajo y de mantenimiento preventivo a los equipos. para ello, se tomaran en cuenta los parámetros de operación que se definieron en la etapa de mejora. Al mismo tiempo se implementaron planes de entrena-

miento y planes de implementación de cambio en el proceso.

### 3. Conclusiones

Este proyecto está relacionado con la metodología Seis Sigma y presenta los resultados de la investigación de “Reducción de Re-trabajo en el Pulido de Body Color 1” por basuras y grumos en las partes pintadas, mediante la metodología DMAIC.

En este proyecto se analizó la correlación entre el Re-trabajo por basuras y grumos y la base de jig y humedad de cabina, siendo ésta la hipótesis planteada.

En la etapa o fase Definir se lograron identificar las variables que afectan a la contribución del defectivo y de esta manera disminuir la variabilidad del proceso, identificando los principales problemas que se presentan en la aplicación de pintura.

Mediante el mapa de proceso se identificaron todas las variables potenciales que afectaban a la variable de salida, que para este caso es el Re-trabajo por defectivo. Por lo tanto, controlando estas variables, el defectivo en el proceso disminuirá, lo cual genera ahorros económicos en la compañía.

Se analizaron 3 modelos de regresión uno por turno de producción, resultando que el 3er turno presenta una mejor distribución en los datos y el cual se utilizó para el análisis, sobre este modelo se realizó un ajuste a través de la transformada de Johnson a la variable de respuesta para obtener la normalidad de este modelo, en el análisis de regresión se identificaron 2 variables como significativas, pero al aplicar Stepwise y BestSubsets regresión (Análisis de Regresión y Correlación como método de comprobación para determinar que las variables seleccionadas son las correctas) en Minitab, también se presenta como significativa la variable X4 (velocidad de aire en cabina), por lo que, se decide reali-

zar un análisis de correlación entre variables resultando la variable X4 y X5 con alta correlación, por lo que se decidió tomar únicamente las variables X3 y X5 que resultaron significativas para este modelo de regresión y sobre las cuales se revisó el AMEF (Análisis de Modo y Efectos de Falla), de manera que se incluyeron como modo de falla en el proceso, ya que no estaban consideradas dentro del mismo, posteriormente se realizaron algunas tareas, donde se identificó que la mayoría de las bases de Jig’s se encuentran con saturación de pintura y la humedad de la cabina no es constante.

Una vez aplicado el diseño de experimento a las variables que se identificaron como causa raíz del Re-trabajo por pulido, se definieron los parámetros de operación para las variables, siendo, X3=Base de jig, éste es necesario mantenerlo limpio al aplicar la pintura, lo que respecta a la variable X5=humedad en cabina, se recomienda trabajar a un nivel de humedad del 70%.

Logrando controlar estos parámetros, el proceso se hará más estable, lo que implica que el Re-trabajo por pulido disminuya y se produzcan menores cantidades de piezas con defectivo por basuras y grumos.

El beneficio económico obtenido en este proyecto fue de 65,280 USD anuales, gracias a las acciones ejecutadas para estabilizar el proceso productivo, como por ejemplo: La definición de parámetros de operación, modificación de procedimientos de trabajo y de mantenimiento preventivo a los equipos, planes de entrenamiento y planes de cambios en el proceso.

#### Bibliografía

1. Brassard Michael, Finn Lynda, Ginn Dana, y Ritter Diane (2002). Six Sigma, Editorial GOAL/QPC, First Edition, USA.
2. Chrysler Group, Ford Motor Company and General Motor Corporation LLC (2010). Measurement Systems Analysis, Editorial AIAG, Fourth Edition.

3. Chrysler Group LLC, Ford Motor Company and General Motor Corporation (2008). Potential Failure Mode and Effects Analysis, Editorial AIAG, Fourth Edition.

4. Chrysler Group LLC, Ford Motor Company and General Motor Corporation (2005). Statistical Process Control, Editorial AIAG, Second Edition.

5. Ginn Dana, Varner Evelyn, Barbará y Streibel Jersildsé Chistine (2002). The design for six sigma, Editorial GOAL/QPC, First Edition, USA.

6. Henderson G. Robin (2006). Six Sigma Quality Improvement with Minitab, Editorial John Wiley & Sons, 1ª Edición.

7. JURAN, J.M. Y GRZYNA F.M. (1994), Análisis y planeación de la calidad. Tercera edición. Mac Graw Hill. México.

8. Jay L. Devore (2012). Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias, Editorial CENGAGE Learning, Octava Edición.

9. Liker Jeffrey K. y Meier David (2006). The Toyota Way Fieldbook, A practical Guide for Implementing Toyota's 4Ps, Editorial McGraw Hill, 1ª Edición.

10. L Michael. George (2012). Lean Six Sigma, Combining Six Sigma Quality with Lean Speed, Editorial McGraw Hill,

11. Minitab (2010). Manual Minitab, Editorial Versión 16.1.0. Ayuda a realizar de una manera más óptima las técnicas estadísticas.

12. Montgomery Douglas C., Peck Elizabeth A., Vining G. Geoffrey (2006). Introduction to Linear Regression Analysis, Editorial Wiley, Cuarta Edición.

13. Montgomery Douglas C. (2013). DESIGN AND ANALYSIS OF EXPERIMENTS, Editorial John Wiley & Sons, Eight Edition.

14. Seehy Paul, Navarro Daniel, Silver Robert, Keyes Victoria, y Dixon Deb (2002). The Black Belt, editorial GOAL/QPC, First Edition, USA.

15. “Plan de Acción 5w +1h” recuperado de la liga de internet: <http://grupodecumbuca.blogspot.mx/2010/10/planoEdeEacaoE5wE1hEanexoEcapE4.htm>.

16. Srinivasan Ku (2015). Técnicas 5W & 1H Framework - Tool for Organizational Productivity: Management Framework, Editorial Hegoa, 601 Edición.

17. “Diseño de Experimentos (DOE): Para qué sirve y cómo realizarlo” recuperado de la liga <http://www.pdcachome.com/2117/disenio-de-experimentos-para-que-sirve-y-como-realizarlo/>

18. “Using the Five W's and One H Approach to Six Sigma” del Autor Pradeep Mahalik recuperado de la liga <http://www.isixsigma.com/implementation/basics/using-five-ws-and-one-h-approach-six-sigma/>

# Rediseño de productos con la metodología “Diseño para el Ensamble” integrando “Prototipado Rápido”.

## Product Redesign by Design for Assembly and Rapid Prototyping

Omar Solís Niéto, Alumno de CIATEO Posgrado en Manufactura Avanzada.  
Miguel Ángel Escápita Flores, Ingeniero de Diseño

### Resumen.

En éste artículo se presenta el uso de Diseño para Ensamble integrando el Prototipado Rápido para su validación. Se describen las características de estos métodos y muestra el rediseño de un actuador electromecánico como ejemplo. Después del modelado y la creación del prototipo en impresión 3D se validó el cambio y se implementó el rediseño, esto llevó a una reducción del costo total del componente incrementando el margen de ganancia de la empresa.

This research shows the use of the Design for Assembly integrated with Rapid Prototyping for the validation of redesigns. Those methodologies characteristics are described and one example of their usage is shown. After 3D modeling and prototype creation in a 3D printer, the redesign was validated and implemented having a cost reduction and increasing the profits of the company.

**Palabras Claves:** Diseño para Ensamble (DPE), Prototipado Rápido (PR), Manufactura Aditiva (MA), Optimización. Design for Assembly (DFA), Rapid Prototyping (RP), Additive Manufacturing (AM), Optimization.

### Introducción.

En éste artículo se evalúa el uso de la metodología de Diseño Para el Ensamble (DPE) junto con las técnicas de Prototipado Rápido (PR) para reducir el tiempo ciclo del diseño y obtener diseños más efectivos, reduciendo el costo del producto y obteniendo una mejor integración entre los componentes del mismo.

La elaboración de prototipos juega un rol importante en la obtención de un producto de calidad, además, permite obtener resultados preliminares

antes de las etapas de producción [1]. Con estos resultados es posible hacer ajustes a la geometría del prototipo y reducir los riesgos para su producción.

Con la manufactura aditiva nace el concepto de prototipado rápido, esta herramienta se une a las herramientas existentes de Modelado 3D para facilitar el desarrollo de nuevos productos [2] en la industria. Selvaraj (2009) desarrolló un concepto para el DPME basado en la reducción del tiempo desarrollo del producto y su costo.

### Procedimiento de desarrollo de nuevos productos

La Figura 1 muestra el ciclo tradicional del desarrollo de productos utilizado por la mayoría de las industrias, mientras que la Figura 2 muestra la incorporación de los conceptos de DPE y PR.

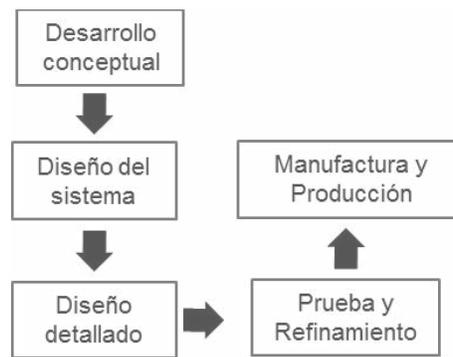


Figura 1 - Ciclo tradicional de desarrollo de productos

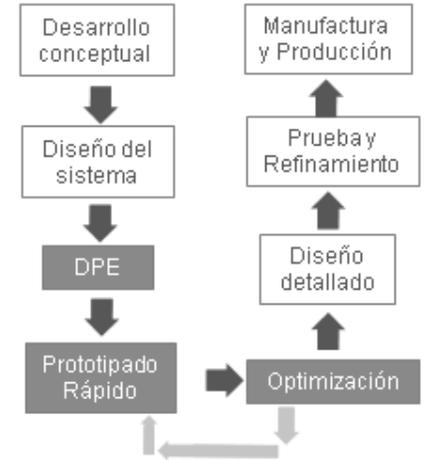
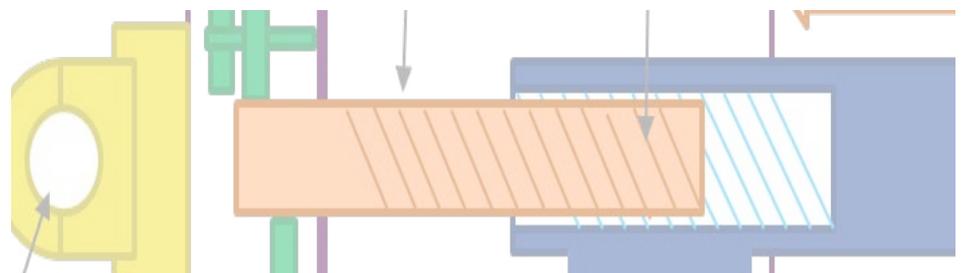


Figura 2 - Ciclo de diseño considerando DPE y PR

La interacción entre PR y la Optimización permite obtener un diseño óptimo realizando las iteraciones necesarias en una etapa temprana del diseño antes de invertir tiempo y esfuerzo en el detallado de la solución detallada.

### Diseño para Ensamble (DPE)

Diseño para el Ensamble (DPE) no introduce conceptos nuevos al diseñador, solo refuerza la necesidad del diseñador a considerar el ensamblaje y también la manufacturabilidad de sus diseños, Boothroyd y Dewhurst (1988) aconsejan a los diseñadores a utilizar los conceptos de DPE desde la etapa temprana del desarrollo de prototipos.

Es recomendable que el diseñador tenga conocimiento en la estimación de costos, materia prima y costo de los procesos, para ello se pueden apoyar del uso del CAM. Boothroyd y Radovanovic (1989) aconsejan estimar el costo de los componentes maquinados durante la etapa de diseño conceptual, así encontrarán oportunidades de mejora desde el inicio del proyecto.

El Diseño para el Ensamble (DPE) se centra en la reducción de los costos de ensamble, minimizando el número de operación y tiempo de ensamble, así como modificar los componentes para su fácil instalación.

En la figura 3 se muestra la secuencia seguida durante el desarrollo de esta investigación centrándonos en minimizar el número de partes con DPE y después en la fabricación del prototipo para su validación.



Figura 3 - Secuencia de DPE y PR

### Prototipado Rápido (PR)

En el prototipado rápido los prototipos se convierten en piezas físicas directamente del modelo en 3D sin tener que pasar por la creación y revisión detallada del dibujo. El prototipo es un modelo original del diseño para evaluar la forma, la función y el ajuste o ensamble antes de iniciar la producción.

La fabricación de prototipos se realiza de manera rápida a través de tecnologías de endurecimiento, corte y fundición de material en capas. Existen diferentes tecnologías de Manu-

factura Aditiva (MA) como lo son: La Estereolitografía [6] (SLA). Deposición de Material Fundido [7] (FDM), Sinterizado Laser Selectivo (SLS) [8] y Sinterizado Laser Directo de Metales [9] (DMLS).

### Planteamiento y Desarrollo

En esta investigación se utilizaron las técnicas de DPE y de PR para rediseñar un componente y obtener una solución óptima con bajo costo y calidad requerida.

Tomando en cuenta las guías y recomendaciones de Boothroyd en la publicación de “Design for Manufacturing and Assembly” se desarrolló el diagrama mostrado en la figura 4 para servir como guía paso a paso del uso del Diseño para Ensamble en el rediseño de productos.

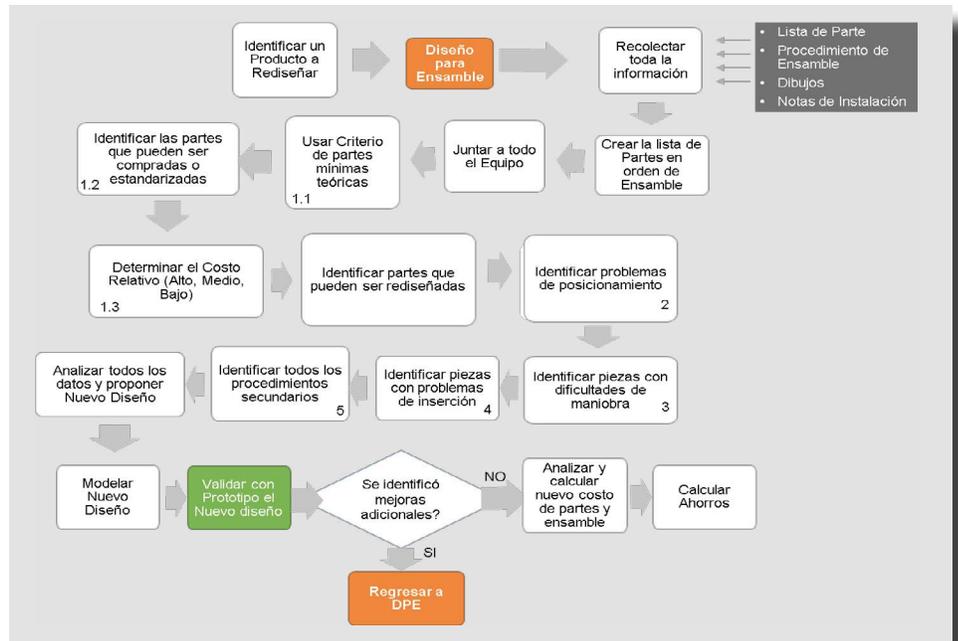


Figura 4 – DPME paso a paso

El componente a rediseñar es un actuador lineal del tipo electromecánico utilizado en la industria para diferentes aplicaciones. Éste es un sistema con retroalimentación que mide la posición de la carrera y se detiene en la posición requerida. En la figura 5 vemos el modelo del actuador seleccionado y en la Figura 6 el esquemático de sus componentes.

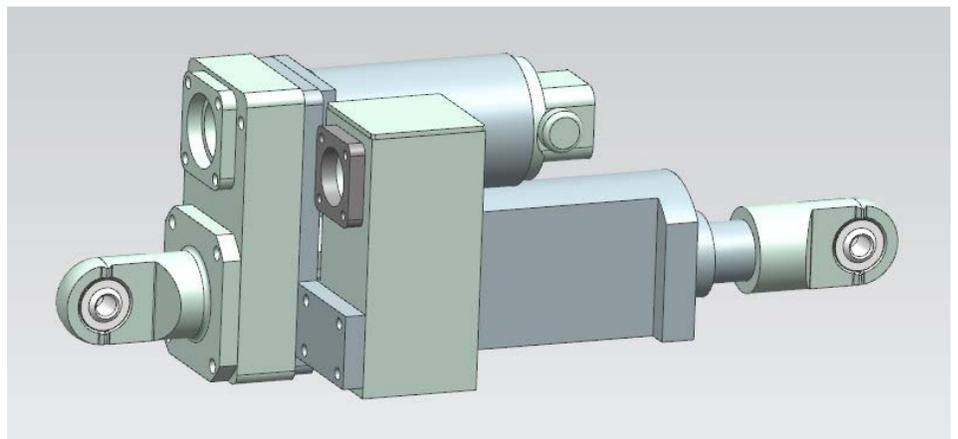


Figura 5 – Modelo 3D actuador electromecánico

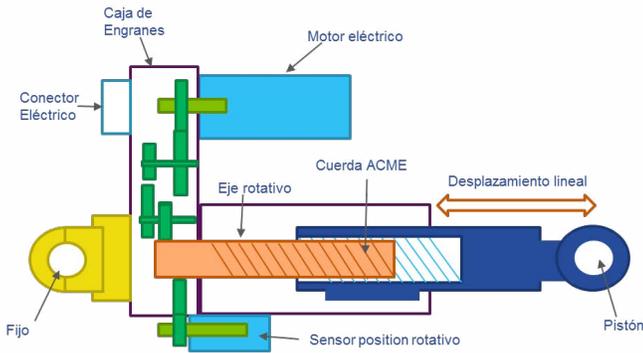


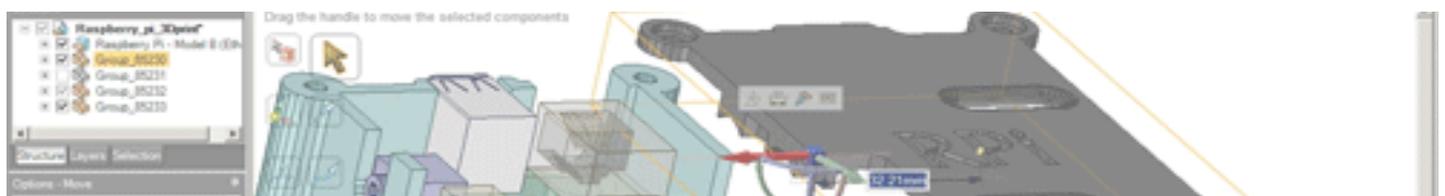
Figura 6 – Componentes de actuador electromecánico

Siguiendo el orden y los criterios señalados en el diagrama de la figura 4 se obtuvo toda la información del actuador, se analizó y creó la tabla 1, mostrada a continuación, tomando en cuenta el procedimiento de ensamble, las notas de instalación y la experiencia de los ingenieros y operadores.

Tabla 1 – Análisis de Actuador usando Diseño para Ensamble

Cantidad	Descripción	Instrucciones de Ensamble y comentarios de ensamble según guía de instalación	DISEÑO PARA ENSAMBLE					CONCLUSIONES / COMENTARIOS		
			Pasos			PASO 2	PASO 3		PASO 4	PASO 5
			1.1	1.2	1.3					
			ANÁLISIS FUNCIONAL	POSICIÓN	ENSAMBLE ESBELTO	DESPERDICIO				
			¿Cumple Criterio de Partes Mínimas básicas?	¿Puede ser comprada o es estandarizada?	Costo Relativo (Alto, Medio, Bajo)	IDENTIFICAR PROBLEMAS DE POSICIONAMIENTO EQUIVOCADO	DIFICULTAD DE MANEJO MANEJABLE	DIFICULTAD DE INSERCIÓN	PROCEDIMIENTO POSTERIORES	
1	ACTUADOR ENSAMBLE									
1	CONECTOR (AE24-100), MOTOR	Cortar cables y pelar cables Insertar Cables dentro de conector	SI	STD	B	NO	NO	SI	SI	Soldar cables no permite reemplazar conector, oportunidad de mejora
1	CONECTOR (AE24-107), RVDT	Cortar cables y remover aislante para soldar Insertar Cables dentro de conector	SI	STD	B	NO	NO	SI	SI	Soldar cables no permite reemplazar conector, oportunidad de mejora
1	CAJA DE ENGRANAJES	Aplicar Saldador	SI	NO	A	NO	NO	NO	NO	
2	TORNILLO	Torque 6.3 - 6.8 IN. LBS	NO	STD	B	NO	NO	NO	NO	
1	ESPACIADOR, CONECTOR ELECTRICO	Alinear	NO	SI	B	NO	NO	NO	NO	Oportunidad de Eliminar este componente
1	HARNES, CABLES	Fresambiar a conector y motor Poner cables dentro de la manga Aplicar pegamento a la Manga Usar piezas de clip para fijar ambos mangas Esperar 24 horas de secado	NO	SI	B	SI	NO	NO	NO	Tiempo de espera alto Rediseño requerido para eliminar tiempo de espera
1	MANGA PROTECTORA ELECTRICA	Limpiar ejes Insertar cogte ambos lados Conectar cables	NO	STD	B	NO	SI	SI	SI	
1	COPILE	Limpiar ejes Insertar cogte ambos lados Conectar cables	SI	STD	A	NO	NO	NO	NO	
1	SENSOR DE POSICION ROTATIVO RVDT	Ensamblar a cuerpo de piston con engrane	SI	NO	M	NO	NO	NO	NO	
1	CUERPO DE SENSOR DE POSICION	Montar a caja de engranes conectar cables	SI	NO	M	NO	NO	NO	NO	
1	ESPACIADOR, CONECTOR RVDT	Montar entre cuerpo de RVDT	NO	SI	B	NO	NO	NO	NO	Oportunidad de Eliminar este componente
1	MOTOR ELECTRICO	Montar a caja de engranes conectar cables	SI	SI	A	NO	NO	NO	NO	
4	ENGRANAJES	Alinear eje de engranes en cada rodamiento	SI	NO	A	NO	SI	SI	NO	
1	EJE CON CUERDA TIPO GUSANO	Insertar a cuerpo del piston	SI	NO	M	NO	SI	NO	NO	
1	CULRPO DEL PISTON	Montar a Caja de Engranajes	SI	NO	A	NO	NO	NO	NO	
8	RODAMIENTOS DE ENGRANAJES	Montar a Caja de Engranajes	SI	STD	M	NO	SI	SI	NO	
1	ACOPAMIENTO FLUO	Montar a Caja de Engranajes	SI	STD	B	NO	NO	NO	NO	
1	PISTON	Insertar a cuerpo de Piston Asegurarse que acopla con eje tipo gusano	SI	NO	A	NO	NO	NO	NO	
10	RONDANA		NO	STD	B	NO	NO	NO	NO	
10	TORNILLO, MAGN (DPRF-234-15)		NO	STD	B	NO	NO	NO	NO	
10	TORNILLO, MAGN (DPRF-234-15)	Torque 6.3 - 6.8 IN. LBS	NO	STD	B	NO	NO	NO	NO	
1	TARJETA ELECTRONICA	Montar tarjeta controladora	SI	Y	M	NO	NO	NO	NO	

Nota: Detalles de la lista de partes eliminadas por políticas de compañía, se muestran componentes claves para ejemplificar.



En la Figura 7, se muestran detalles de los componentes seleccionados a eliminar o rediseñar.

### 1.-Espaciadores del conector Eléctrico.

Son usados para proveer la distancia vertical correcta y evitar el contacto directo del conector o cable con las partes en movimiento, en este caso los engranes. Propuesta: Fusionar el espaciador con la caja de engranes.

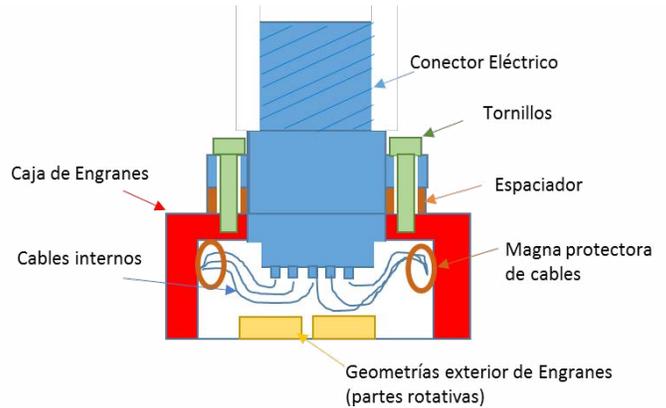


Figura 7 – Esquema y ubicación de componentes rediseñados

### 2.- Manga Protectora eléctrica

Función: Mantiene alejados los cables de las partes rotativas internas. Para fijar este componente junto con los cables se utiliza un material epóxico con un tiempo de curado de 9 horas, esto impide realizar el ensamble en la misma jornada de trabajo e incrementa el tiempo de ciclo del ensamble. Propuesta: Rediseñar la caja de engranes para que mantenga los cables en posición eliminando el Pegado, secado y curado del pegamento.

Creación de concepto. Con las técnicas de Modelado en 3D, se realizaron los cambios propuestos en la Figura 8. La fusión de los espaciadores se muestra en la Figura 8A y 8C. Y el rediseño interno de la caja de engranes se muestra en la Figura 8B.

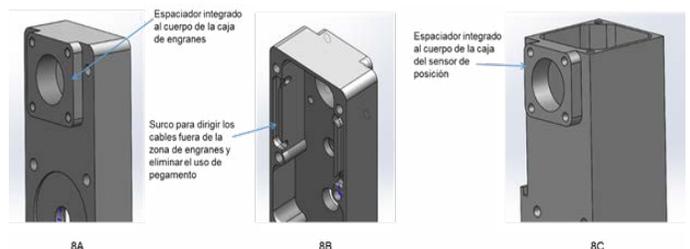


Figura 8 - Modelo 3D de las propuestas de Rediseño

## Validación de Diseño

Se realizó un prototipo rápido utilizando la tecnología de Deposición de Material Fundido (FDM) realizando piezas de plástico tipo ABS en la máquina STRATASYS FORTUS® 450mc, posteriormente se ensambló el conector para validar el ajuste. Las pruebas y validación del ensamble se pueden ver en las Figuras 9 y 10.

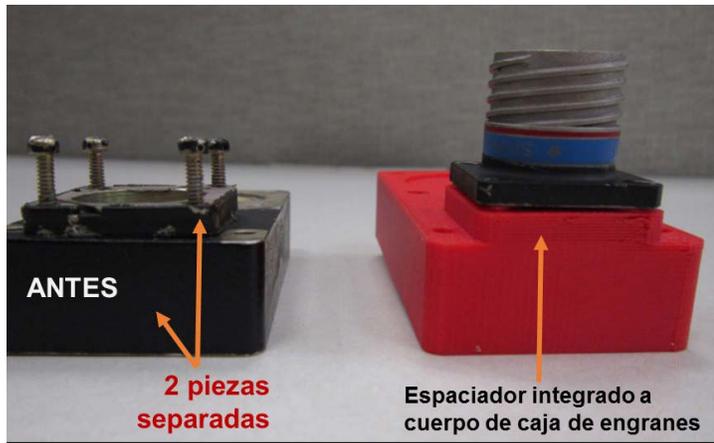


Figura 9 – Validación y ensamble de prototipo de plástico, espaciador removido



Figura 10 – Validación y ensamble de prototipo de plástico, guía cables

## Resultados

Se eliminaron 3 componentes (2 espaciadores y 1 manga protectora de cables). Se rediseñó el cuerpo de la caja de engranes para eliminar la operación de pegado y curado del pegamento, eliminando costos innecesarios al producto. Se calcula una reducción del costo del actuador en 5% y una reducción del tiempo de ciclo de diseño en un 35% considerando que la validación y el prototipo se usaron como evidencia de validación. Los cambios no afectaron la forma, ni la función del actuador y generaron ahorros en la reducción del costo del producto de manera rápida.

## Conclusiones

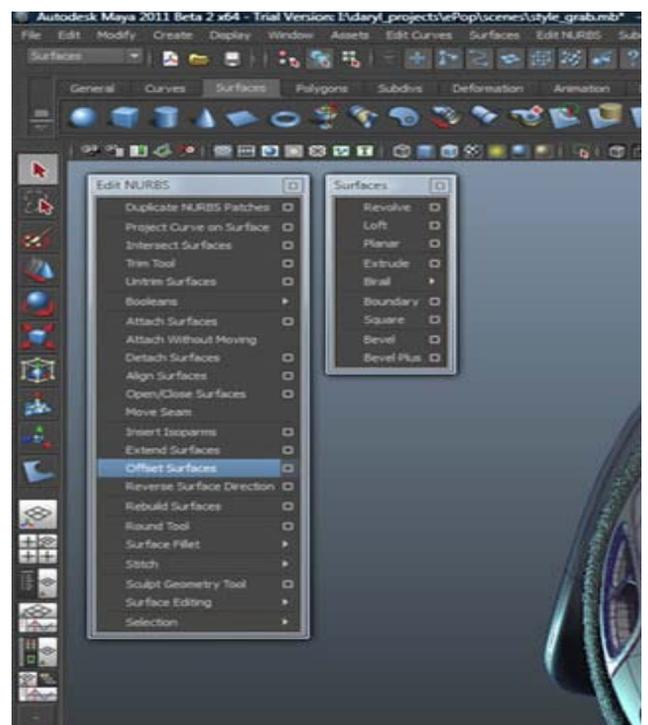
DPE es de utilidad para reducir el número de piezas de los ensambles, con ellos se fabrican o compran menos piezas y resulta un producto con menor costo.

DPE identifica operaciones de manufactura que incrementan el tiempo de ensamble y elevan el costo del producto. Evitando estas operaciones se reduce el costo del producto final.

Con lo anterior mencionado se recomienda el uso de las técnicas de DPE en conjunto con PR para ahorrar tiempo y dinero en el proceso de diseño general. Sin embargo, es importante tomar en cuenta las consideraciones y necesidades especiales de cada industria y los requisitos de diseño de cada producto, para que esta metodología tenga mejor efecto, según las necesidades tanto de la compañía como del cliente.

## REFERENCIAS

- [1] Kruth, J. P., Leu, M. C. y Nakagawa, T. (1998). "Progress in additive manufacturing and rapid prototyping", Journal of Keynote Papers, 525-540.
- [2] Gomes, C. W. (2000). "Rapid prototyping", Journal of SAE Technical Series, 2000-01-3274.
- [3] Selvaraj, P., Radhakrishnan, P. y Adithan, M. (2009). "An integrated approach to design for manufacturing and assembly based on reduction of product development time and cost", Journal of Advance Manufacturing Technology, 42:13-29.
- [4] Boothroyd, G. y Dewhurst, P. (1988). Design for Assembly: A designer's Handbook, Wakefield RI, Boothroyd Dewhurst, 1988.
- [5] Boothroyd, G y Radovanovic, P. (1989). "Estimating the cost of Machined Components during the Conceptual Design of a Product", Journal of Annals of CIRP, 157-160.
- [6] 3D SYSTEMS INC. (2017). "Sterolithography". Recuperado de <https://es.3dsystems.com/on-demand-manufacturing/sterolithography-sla>
- [7] STRATASYS LTD. (2017). Tecnología FDM. Recuperado de <http://www.stratasys.com/mx/impresoras-3d/tecnologias/fdm-technology>
- [8] 3D SYSTEMS INC. (2017). "Selective Laser Sintering". Recuperado de <https://es.3dsystems.com/on-demand-manufacturing/selective-laser-sintering>
- [9] EOS INC. (2017). "Additive Manufacturing, Laser-Sintering and industrial 3D printing - Benefits and Functional Principle". Recuperado de [https://www.eos.info/additive\\_manufacturing/for\\_technology\\_interested](https://www.eos.info/additive_manufacturing/for_technology_interested)



# Las competencias transversales en estudiantes participantes en un programa de capacitación laboral en empresas transnacionales.

Azuela Sandoval Alejandra Guadalupe, Soto Patiño Juan Carlos

Instituto Tecnológico Superior de Irapuato

alejandra\_azuela@hotmail.com

jusoto@itesi.edu.mx

## Resumen

El manejo de un segundo idioma, liderazgo, el trabajo en equipo, la toma de decisiones, resolución del conflicto, equilibrio emocional, entre otros son competencias transversales requeridas en ingeniería para lograr una inserción profesional al campo productivo.

El presente trabajo busca identificar las competencias transversales que diferencian a estudiantes que ingresan al Programa de capacitación sin fronteras (PCSF), el cual apoya la experiencia laboral de egresados de ingeniería.

Se realizó mediante un estudio no experimental transversal, con alcance comparativo, retrospectivo y observacional. Se utilizó el test Cleaver para la recolección de datos.

El grupo de aceptados al programa tiene un mejor perfil en liderazgo y manejo de normas que los no aceptados. El trabajo en equipo y continuidad en el trabajo son homogéneos para ambos grupos.

Se concluye, que el grupo de aceptados tienen un mejor perfil de competencias transversales.

**Palabras clave.** Competencias, transversales, liderazgo, trabajo en equipo.

## Abstract

The domain of a second language, leadership, teamwork, conflict resolution, emotional balance, among others are transversal competences

required at an engineering to achieve a professional insertion in the productive field.

The present work seeks to identify the transversal competences that differentiate students entering the without borders training program (PCSF), which seeks to support the work experience of engineering graduates.

It was performed through a non-experimental cross-sectional study, with a comparative, retrospective and observational scope. The Cleaver test was used for data collection.

The group which was accepted into the program has a better profile in leadership and management standards than those that were not accepted. Teamwork and continuity of work are homogeneous for both groups.

It is concluded, that the group which was accepted has a better profile of transversal competences.

**Palabras clave:** Competences, transversal, leadership, teamwork.

## Introducción

El mundo globalizado ha traído diversos retos, como la interculturalidad, el bilingüismo, el manejo de la tecnología, el análisis de la información, entre otros. Las profesiones han actualizado sus procesos de formación para incluir competencias que respondan a estas condiciones; y con ello, favorecer el desarrollo de las personas y la sociedad con una

perspectiva de sustentabilidad.

La ingeniería ha respondido a un perfil de perspectiva mundial que ha incorporado un conjunto de competencias transversales, que abordan al mundo cambiante e integrado, entre ellas, la solución de problemas, el autoconocimiento, comunicación, manejo de TIC's, liderazgo, emprendedurismo, trabajo en equipo, decisión por esquemas valorales y éticos, mismas que permitirán un ingeniero profesional, integral, versátil y flexible (Capote León, Rizo Ravelo & Bravo López, 2016; Elhouar, 2014; Noe, Hollenbeck, Gerhart & Wright, 2006).

Adicionalmente, estas competencias son requeridas en el sector productivo, siendo evaluadas en el proceso de selección; o bien, requeridas en el ejercicio emprendedor.

El Gobierno del Estado de Guanajuato ha instrumentado estrategias para apoyar a la competitividad y favorecer la generación de empleos. Una de las estrategias es el Programa de Capacitación sin Fronteras (PCSF) que busca dotar de experiencia laboral a estudiantes del último de carrera, mediante una estancia en empresas transnacionales durante un año. Las labores se desarrollan la mitad del tiempo en la planta nacional y otra en la matriz fuera del país, contando con un apoyo económico.

El ingreso al programa se realiza mediante concurso entre las instituciones de educación superior de la entidad, mismas que postulan a sus estudiantes para que sean seleccio-

nados por las empresas participantes.

El Instituto Tecnológico Superior de Irapuato (ITESI) ha participado en las tres emisiones del programa y ha logrado colocar a postulantes. Ahora se inicia el proceso de retroalimentación, para identificar aquellos elementos que permiten al estudiante colocarse en los puestos ofertados.

Sabiendo que las competencias transversales son eje de la evaluación y posterior desenvolvimiento de los postulantes, se busca revisar su estado en liderazgo, trabajo en equipo, continuidad en el trabajo y manejo de normas. Ante ello, se presentan los siguientes objetivos:

### Objetivo general

Determinar las competencias transversales que diferencian a los estudiantes aceptados del resto de los postulantes del ITESI en el PCSF.

#### Objetivos específicos

- Conocer los perfiles de competencias transversales de los estudiantes aceptados en el PCSF.
- Comparar los perfiles de competencias transversales entre estudiantes aceptados y el resto de los postulantes del ITESI en el PCSF.

Se formula entonces la pregunta: ¿cuáles son las diferencias en las competencias transversales entre estudiantes aceptados y el resto de los postulantes del ITESI en el PCSF?

Por ello, la hipótesis a comprobar es: el liderazgo, el trabajo en equipo, la continuidad en el trabajo y el manejo de normas son las competencias transversales que diferencia a los estudiantes aceptados del resto de los postulantes población del ITESI en el PCSF.

### Metodología

El estudio se declara retrospectivo, observacional, cuantitativo, comparativo con diseño transversal.

El universo está integrado por los estudiantes del último año de carrera postulados por el ITESI a participar en PCSF en 2013, 2014 y 2015. Trabajándose con la totalidad del universo.

Los participantes se separaron en dos grupos: aceptados 11 sujetos y no aceptados con 35 personas.

Se utilizó el test Cleaver para evaluar las competencias transversales. Este instrumento es una auto – descripción mediante una selección forzada de adjetivos. El test cumple con los requerimientos de confiabilidad y validez requerido (Inscape Publishing, 2005).

En cuanto al procedimiento, se aplicaron los tests durante la integración del expediente de postulación, en aplicaciones grupales a papel y lápiz. Los resultados se integraron en base de datos SPSS v.18.

Para realizar la comparación de perfiles se realizó con prueba t de student para mediciones intervalares y la  $\chi^2$  para nominales.

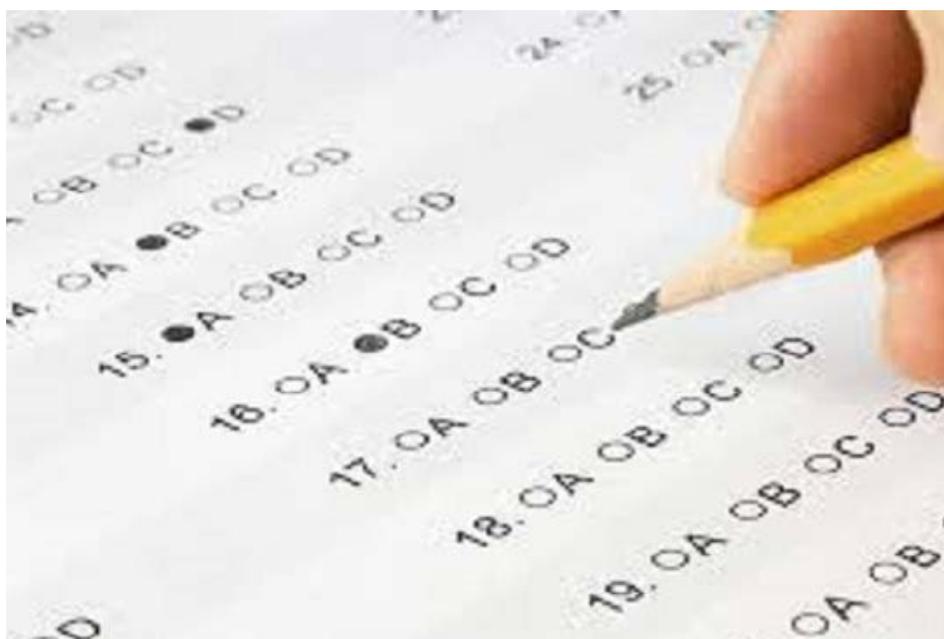
### Resultados

Para comparar los puntajes intervalares se realizó prueba t de student (tabla 1). Se obtuvo una  $p > 0.05$  en la comparación de los grupos en las cuatro competencias transversales, lo que implica que no hay diferencia estadística entre las poblaciones.

	Aceptados			No aceptados				
	N	ME	DE	N	ME	DE	T	P
Liderazgo	11	62.63	23.91	35	57.02	18.38	0.82	0.41
Trabajo en equipo	11	48.63	17.18	35	47.8	25.95	1	0.92
Continuidad trabajo	11	54.81	27.49	35	49.08	21.48	0.72	0.47
Acatamiento normas	11	60	19.06	35	65.22	21.57	0.71	0.47

Fuente. Directa

Tabla 1. Comparativo intervalar en competencias transversales en estudiantes de PCSF



En la tabla 2, se muestra la comparación en mediciones nominales, mismas que se realizaron mediante prueba  $\chi^2$ .

De acuerdo a los puntajes, en liderazgo se tiene diferencia residual a favor de los aceptados ( $p < 0.06$ ), teniendo este grupo un mayor porcentaje de personas en categoría alto cumplimiento. Así mismo, se observa una diferencia estadística significativa ( $p < 0.05$ ) en el manejo de normas, teniendo el grupo de aceptados un mayor nivel de cumplimiento. Para trabajo en equipo y continuidad en el trabajo no se presentan diferencias significativas.

	Aceptados						No Aceptados								
	Bajo		Regular		Alto		Bajo		regular		Alto				
	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	x2	gl	P
Liderazgo	6	54.5	4	36.4	1	9.1	8	22.9	26	74.3	1	2.9	5.35	2	0.069
Trabajo en equipo	3	27.3	8	72.7	0	0	9	25.7	24	68.6	2	5.7	0.65	2	0.72
Continuidad trabajo	6	54.5	2	18.2	3	27.3	10	28.6	15	42.9	10	28.6	3	2	0.222
Acata- miento normas	1	9.1	5	45.5	5	45.5	18	51.4	13	37.1	4	11.4	9.73	2	0.013

Fuente: Directa

Tabla 2. Comparativa nominal de competencias transversales en estudiantes de PCSF.

Para trabajo en equipo y continuidad en el trabajo no se presentan diferencias entre los grupos. Para liderazgo se presenta una diferencia residual al hacer el comparativo con mediciones nominales, así como una diferencia estadística para acatamiento de normas. Para estos últimos casos, los perfiles de competencia son mejores para el grupo de aceptados.

De acuerdo con lo anterior, la hipótesis se declara falsa.

### Conclusiones

Las competencias transversales se han convertido en elementos necesarios para que el egresado de ingeniería se inserte de manera exitosa en el sector productivo. Se han realizado estrategias por el Gobierno de Guanajuato para apoyar a la inserción laboral, siendo el PCSF su principal estrategia para reforzar perfiles para puestos de ingeniería en empresas transnacionales.

Al revisar los perfiles de los estudiantes postulados por el ITESI para el programa se observa que hay una diferencia entre los aceptado y los que no lo logran en cuanto al desarrollo de su liderazgo y acatamiento de normas.

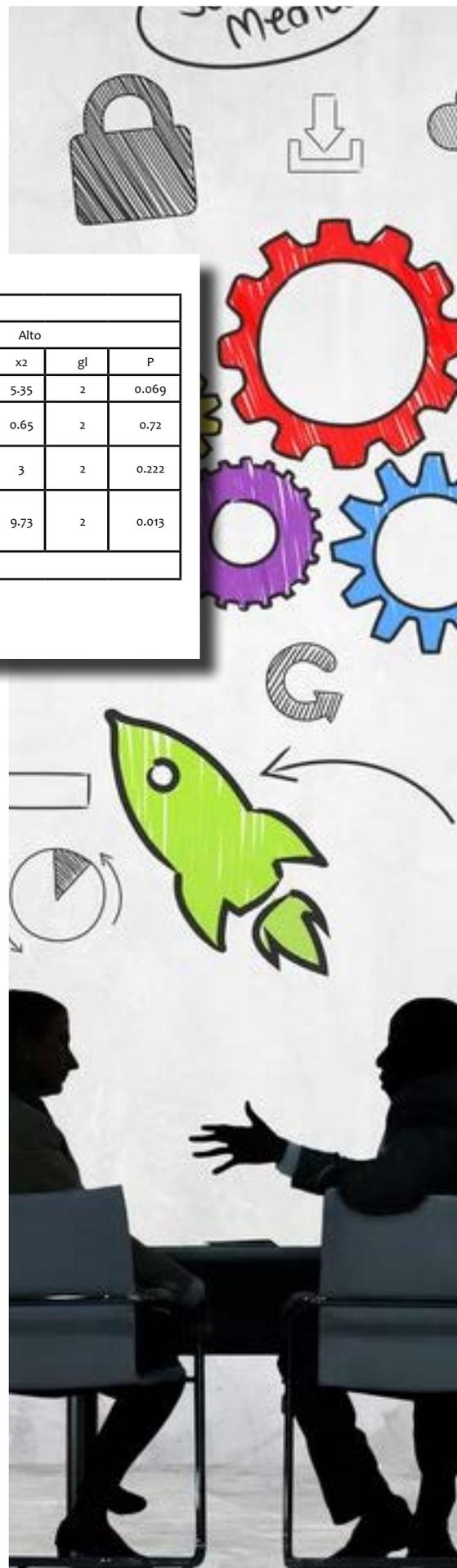
Este punto, deja como elemento de retroalimentación el reforzar en el proceso de formación las competencias transversales de los estudiantes, buscando convertirlas en una vivencia cotidiana, para su uso posterior en la vida personal y laboral.

### Referencias

Capote León, G., Rizo Rabelo, N., & Bravo López, G. (2016). La formación de ingenieros en la actualidad. Una explicación necesaria. *Revista Universidad y Sociedad*, 8 (1), 21 – 28.

Elhouar, S. (2014). *Preparing Engineers for Global Challenges*. (Consultado el 15 de marzo de 2017). En <https://peer.asee.org/preparing-engineers-for-global-challenges-engaging-with-chile-through-the-100-000-strong-in-the-americas-initiative.pdf>.

Noe, R.A., Hollenbeck, J.R., Gerhart, B., & Wright, P.M (2006). *Human resource* (5ta. Ed). New York: Mc Graw Hill. Inscape Publishing (2005). *Teoría DISC*. (Consultado el 13 de febrero de 2017). En <https://humaninsight.files.wordpress.com/2010/10/everything-disc-teoria-disc.pdf>.



# La importancia que tienen los modelos de transferencia de tecnología en las universidades e instituciones tecnológicas del municipio de Irapuato

Elizarraras Pérez Maritza, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato

maritza\_ep7@outlook.es

Herrera Orozco María Esther, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato

mayte\_herrera@outlook.es

Trejo Romo Lilia, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato

lilitre@hotmail.com



## Resumen

La transferencia de tecnología consiste en la apropiación y adaptación del conocimiento al contexto y características de una empresa, utilizando recursos propios. El principal objetivo de esta investigación es realizar un análisis de la importancia que tienen los modelos de transferencia de tecnología en las universidades e institutos tecnológicos en el municipio de Irapuato. La metodología utilizada es de tipo cualitativa con un diseño sistemático. Para el desarrollo se hizo la revisión del estado del arte, un diagnóstico de la situación actual del fenómeno de estudio, la compilación de los datos recabados para finalmente conceptualizar la importancia que tienen los modelos de transferencia de tecnología.

### Palabras claves

Transferencia de tecnología, modelos de transferencia, innovación, desarrollo tecnológico, I+D, gestión de proyectos.

## Abstract

The transfer of technology in the appropriation and adaptation of knowledge to the context and characteristics of a company, using its own resources. The main objective of this research is to analyze the importance of technology transfer models in universities and technological institutes in the municipality of Irapuato. The methodology use is of qualitative type with a systematic design. For the development was made the review of the state of the art, a diagnosis of the real situation of the

phenomenon of study, the compilation of the data collected for finally the concept of the importance of technology transfer models.

### Key words

Technology transfer, transfer models, innovation, technological development, R& D, project management.

## Introducción

Cuando hablamos de transferencia de tecnología, nos referimos a todos aquellos procesos necesarios para que el sector productivo pueda acceder a los nuevos desarrollos tecnológicos que mejoren y sustenten su actividad productiva, para que estos a su vez pasen a formar parte de los activos intangibles de la empresa; esto con la finalidad de que estos conocimientos puedan ayudar a futuras problemáticas.

## Objetivo

El principal objetivo de esta investigación es realizar un análisis de la importancia que tiene los modelos de transferencia de tecnología en las universidades e institutos tecnológicos en el municipio de Irapuato.

### Antecedentes

En el siglo XV y XVI se visualizaba el inicio de un sistema de transferencia y protección del conocimiento. El registro de la primera patente se produjo en Italia en 1472 concedida por la República de Florencia en 1474, que aseguraba que sólo él tenía derecho legal a imprimir su obra Fénix. (Gutierrez, 2010)

Después de esto la revolución in-

dustrial potencializo el intercambio de los conocimientos entre las instituciones científicas y académicas de Europa, generando así los inicios de un moderno sistema de propiedad intelectual para poder reservar todos los secretos industriales y los conocimientos que aceleran los procesos productivos.

A inicios del siglo XVIII ya se podía hablar propia y formalmente de la transferencia de conocimiento, un ejemplo de esto es la máquina de vapor.

El Buró Internacional Unido para la Protección de la Propiedad Intelectual se creó en Ginebra en 1893, antecedente de la actual Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), creada en 1967. (Gutierrez, 2010)

Por lo anterior, en 1992 se publicó la primera edición del Manual de Oslo, que trata principalmente de la innovación tecnológica de productos y procesos (TPP) en el sector manufacturero. Así en el 2006 se publicó la tercera edición y la más actual del Manual de Oslo, donde se revisó la innovación no tecnológica y se incluyeron dos tipos; la innovación en mercadotecnia y la organizativa. (OTC, 2006)

Para finalizar en el 2010 la OMPI plantea la definición de transferencia de tecnología como un sentido limitado o amplio cuando se utiliza en el contexto de la propiedad intelectual, especialmente, en el ámbito de las patentes. (OMPI, 2010)

Basándonos en la evolución de la transferencia de tecnología y en las

observaciones realizadas en nuestro entorno, nos dimos a la tarea de investigar la importancia que tienen los modelos de transferencia de tecnología en las universidades e instituciones tecnológicas.

### Planteamiento del problema

Debido a la falta de cultura del espíritu emprendedor, la falta de innovación, el conocimiento legal, el personal poco capacitado y la falta de recursos económicos que presentan las universidades e instituciones tecnológicas, se tiene por consecuencia la carencia de procesos de transferencia de tecnología.

### Revisión de la literatura

Tomando en consideración el modelo original de triple hélice que fue planteado por L. Leydesdorff y H. Etzkowitz, en cual se establece una interacción de tres agentes: la universidad pública, a través de la investigación pública; las empresas; y el gobierno. Este modelo sirvió de base para el desarrollo de las entrevistas a profundidad.

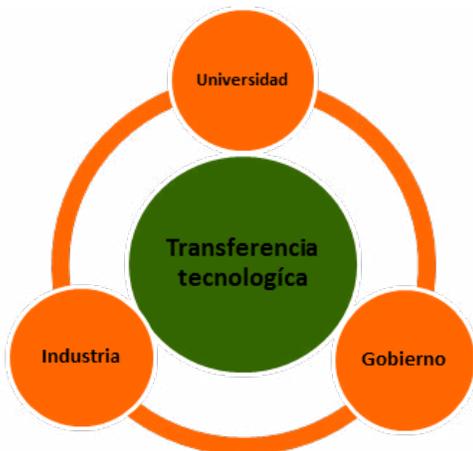


Ilustración 1 Modelo de la Triple Hélice  
NOTA: Edición Propia, FUENTE:(Leydesdorff, 1998).

### Metodología

De acuerdo a Sampieri la investigación cualitativa se enfoca en comprender y profundizar los fenómenos, explorándolos desde la perspectiva de los participantes en un ambiente natural y en relación con el contexto. En las muestras no probabilísticas, la elección de los elemen-

tos no depende de la probabilidad, si no de las causas relacionadas con las características de la investigación o de quien hace la muestra". (Hernandez Sampieri , Fernandez Collado , & Baptista Lucio , 2010).

Por lo anterior para la realización del trabajo de campo se eligieron expertos en el tema de transferencia de tecnología, tomando en cuenta su experiencia y desarrollo en el área, entre los expertos se encuentran el coordinador de la carrera de ingeniería en gestión empresarial y la encargada del departamento de investigación del ITESI, así como al director de la universidad de Guanajuato campus Irapuato, logrando profundizar en algunos temas como: implementación de sistemas tecnológicos, elementos que impiden o facilitan la transferencia de tecnología, las buenas prácticas para la transferencia, la vinculación de la triple hélice. Posteriormente, se dio inicio al proceso de interpretación de la información recolectada en el trabajo de campo. A consecuencia de, se buscó sintetizar la información y esto permitió seleccionar apartados de texto para generar la conclusión. En este proceso se identificaron los elementos que son importantes en los modelos de transferencia de tecnología en las universidades e instituciones tecnológicas. Basándonos en el diseño sistemático de Sampieri, estos son los pasos que realizamos:

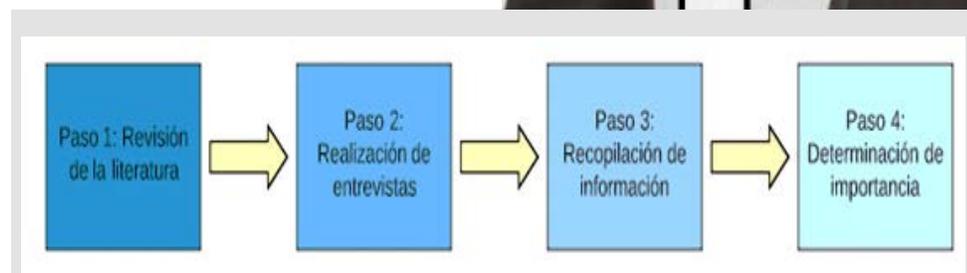


Ilustración 2 Metodología de la investigación  
NOTA: Edición propia



## Resultados y conclusiones

Como resultado de esta investigación se concluye que en las universidades e institutos tecnológicos, existen elementos que influyen de manera positiva o negativa en la transferencia de tecnología son: capacitación del personal, esquemas administrativos para facilitar el proceso, desconocimiento legal, la burocracia y la falta de apoyos económicos. Dentro de los elementos que se deben mejorar se encuentran la política nacional educativa, planeación de las actividades y programas, identificación de las fortalezas de cada institución, la actualización en las líneas de información, la cultura de la transferencia y la protección de tecnologías generadas.

La vinculación del modelo de transferencia de la triple hélice se hace por medio de las convocatorias que emiten los distintos órganos gubernamentales, con las investigaciones de los alumnos y docentes y atendiendo las necesidades específicas de la industria. En la mayoría de los estudios de caso, las actividades que se realizan día a día van acorde y atendiendo a las metas y objetivos planteados

por las instituciones pero algunas de estas deben ser mejoradas, así como la infraestructura, la capacitación de personal, la motivación por la innovación y el cambio de cultura.

Por lo anterior es de vital importancia que las universidades y tecnológicos cuenten con un modelo de transferencia de tecnología acorde a las líneas de investigación que se manejan en cada institución y atendiendo a la oportunidad que exista en el entorno para darle significancia en la sociedad y en la industria.

### Bibliografías

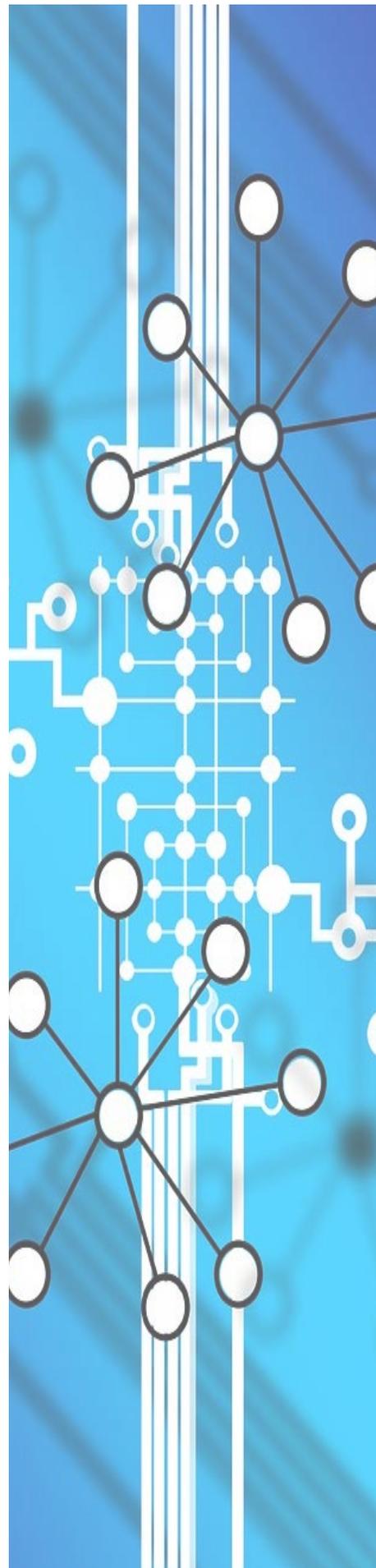
Gutierrez, A. (10 de Octubre de 2010). Noticias jurídicas. Recuperado el 10 de Febrero de 2017, de Noticias jurídicas: <http://noticias.juridicas.com/conocimiento/articulos-doctrinales/4585-el-plagio-literario/>

Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). Metodología de la investigación. México: Mc Graw Hill.

Leydesdorff, L. y. (1998). The Non-linear Dynamics of Sociological Reflections. *International Sociology*.

OMPI. (26 de ENERO de 2010). OMPI. Recuperado el 10 de 02 de 2016, de OMPI: [http://www.wipo.int/edocs/mdocs/scp/es/scp14/scp14\\_4.pdf](http://www.wipo.int/edocs/mdocs/scp/es/scp14/scp14_4.pdf)

OTC. (2006). Manual de oslo. Recuperado el 20 de 03 de 2017, de <http://www.itq.edu.mx/convocatorias/manualdeoslo.pdf>





## La cestería de carrizo en Ajalpan

José Antonio Morales Flores,  
Ana Cristina Pérez González, Luis Antonio Pereda Jiménez

Departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico Superior  
de la Sierra Negra de Ajalpan Puebla, México  
jantomorales@hotmail.com

**Resumen**— El Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Negra de Ajalpan ofrece educación superior a la Región Sureste del Estado de Puebla; es una ciudad donde el 5% de los pobladores se dedican a la elaboración y comercialización de canasta como su principal actividad de fuente de ingresos, su proceso de fabricación es de aproximadamente 16 horas, algunos de los tejedores los comercializan de manera directa entre sus clientes o bien a través de los intermediarios; una docena de canastas pequeñas tiene un precio de venta de \$190.00; sin embargo, uno de los problemas que aqueja el proceso de venta es el desconocimiento de los clientes respecto a las diferentes presentaciones que existen, debido a esto se planteó como objetivo general realizar un estudio de campo que consistió en acudir a los diferentes talleres que elaboran canastas y se pidió autorización a los artesanos para que permitieran realizar la medición y captura fotográfica de los modelos con la finalidad de elaborar un catálogo y de esta forma apoyar al artesano en cuanto a la comercialización. Después de haber presentado el catálogo a los artesanos y comerciantes, ellos consideran que utilizan el material entre sus clientes ya que facilitará la selección y compraventa de las canastas.

**Palabras clave**—catálogo, artesano, cestería.

**Abstract** — The artisan basket comes from the handling of vegetal fibers, which are worked and woven with the skill, art and seal of its creators, which in the majority are faced with new tastes and preferences; Requiring minimal investments and sometimes none, as those who dedicate themselves to this activity use their own hands and even stones or eventually help themselves with tools as simple as razors to select the raw material, which in their majority are roots, stems and Leaves, representing an example of cultural persistence that has been adapted and improved according to the conditions of the craftsman and the consumer; As over time the basket as a craft has been prevalent, with a continuous evolution from the appropriation of techniques, tools and designs, in addition to changes in their own identities and relationships with the market, which Maintain in survival and persistence in various communities and localities of the country, as mentioned by Rojas, 2010. For the municipality of Ajalpan, the elaboration and commercialization of carrizo basketry is an activity that has developed over time and the needs of the Environment, which has generated participation and history with which the population is identified, thus forming the same path of prevalence and satisfaction of needs for people who converge to the market of the municipality.

**Key words:** catalog, craftsman, wickerwork.

### I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad en la ciudad de Ajalpan se elaboran artesanías de carrizo, que se comercializan en la región y otros estados del país como: Oaxaca, Estado de México, Tlaxcala y Veracruz; sin embargo, ya no lo consideran como una fuente de ingresos que contribuya a mejorar su calidad de vida, en entrevista con algunos artesanos, comentan que desearían ampliar la zona de comercialización dando a conocer los productos que se pueden elaborar a partir de la cestería con carrizo. Con la finalidad de contribuir con los tejedores el Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Negra de Ajalpan se dio a la tarea de elaborar un catálogo cuyo contenido fueran las imágenes de las canastas y sus dimensiones para dar valor a sus productos y puedan promover la artesanía en otras partes de la República.

#### **Antecedentes**

La cestería es una de las actividades artesanales más antiguas y arraigadas en el mundo; consiste en entrelazar fibras duras o blandas para crear objetos diversos, para lo cual se requiere una gran habilidad y un profundo conocimiento sobre los materiales que se utilizan para su fabricación, entre ellos, palmas, bejucos, raíces y cortezas. La mayoría de los objetos elaborados son usados para el trabajo en el campo, el transporte, el almacenamiento y otras faenas que demandan productos especializados. También pueden tener usos festivos y ceremoniales de gran valor para algunos pueblos

indígenas. En México, algunos seres de cestería, especialmente los de origen prehispánico, están profundamente arraigados en la vida cotidiana de ciertas poblaciones, un caso muy especial son los petates que, además de ser la cama tradicional, se utilizaban para envolver a los difuntos. Otros ejemplos significativos los encontramos en la cestería Seri de Sonora y la de los nahuas de la huasteca, quienes elaboran canastas especiales para las ofrendas en el día de muertos. En México se utilizan alrededor de 80 especies en la cestería mexicana, correspondientes a 20 familias botánicas, entre las que destacan los agaves (agave).

La cestería ha sido una de las técnicas más antiguas empleadas por el hombre en la fabricación de objetos. A esta antiquísima labor humana desarrollada mundialmente se le considera en su aplicación como un descubrimiento con bastante anterioridad al de la alfarería. Aunque es una de las actividades artesanales cuya antigüedad no se ha logrado precisar en México; algunos especialistas manejan la fecha de 6000 a.C como la probable para señalar su aparición (Romero, 2003).

Según (Spier, 1970) deja plasmado que la cestería consiste en: “las técnicas por las cuales los elementos relativamente duros se entretajan para producir recipientes y objetos planos”. Por lo general los objetos se tejen a mano, más que sobre marcos o telares. Esta actividad que ha sido difícil definir en la teoría, es sumamente fácil identificar en la práctica, ya que casi nunca suele haber confusión sobre si un objeto es de cestería o no, y las diferentes variantes entre productos se pueden distinguir con facilidad (Zaldivar, 1976).

Casi todos los pueblos del mundo han tenido y se han beneficiado de la cestería y sus productos que son hechos de materiales vegetales, siguen estando ligados a las necesidades domésticas y religiosas. Para su manufactura se han reportado: palmas (Aconthoriza mocinni H.B.K, Brahea

dulces H.B.K, Chamaerops humilis L.) (Ugent, 2000) bejucos de diversas especies y familias (Plukenetia penninervia Muell., Monstera deliciosa Liebm.) (Martínez y Castro, 2004) carrizos y cañas, (Arundo donax L., Phragmites communis Trin.) (Ugent, 2000) y otros muchos. En cuanto a la técnica de elaboración (Castellote, 1982) menciona que: “Por lo que respecta al procedimiento de confección, parece que desde que empezaron a utilizarse los vegetales para hacer recipientes, fue desarrollándose una técnica que, al parecer, se inicia con el tejido en espiral, siendo posterior el entrecruzamiento de fibras...”

En México existe una gran cantidad de personas que produce cestería en diferentes estados y también son muchos los materiales vegetales que se utilizan en su fabricación, aunque ésta constituye una de las ramas artesanales con mayor tendencia a desaparecer, al ser sustituida por objetos maquinofacturados. En muchos lugares, como es el caso de los artesanos Ajalpenses, las canastas siguen siendo un producto importante para el consumo doméstico y comercial. Se utilizan, especialmente durante las fechas próximas a las fiestas de todos santos, semana santa y fiestas patronales, para las cuales se ocupan como adornos y para depositar comida, frutas y ofrendas. Las técnicas empleadas pueden ser tan variadas como lo son sus materiales y sus productos finales. Puede decirse que, casi, cualquier parte de la planta (carrizo, bejucos), con excepción de los frutos, se pueden utilizar para hacer cestería.

Aunque el tema de la materia prima para la producción de artesanías, y en este caso de cestería, no ha sido muy abordado en nuestro país, existen algunos trabajos que han estudiado desde la biología y la antropológica, la situación actual y que han logrado realizar la identificación taxonómica de la materia prima utilizada para la producción de cestería. Entre estos estudios se mencionan el de (Cortés

y Rodríguez, 1999) quienes señalan que en las regiones mayas de Chiapas, “Las plantas utilizadas como materia prima para la elaboración de productos de cestería son variadas y se obtienen mediante la colección o se cultivan en aquellas regiones donde la sobreexplotación ha acabado con las colonias vegetales silvestres...”

En otro estudio (Herrera, 2007) menciona que: “Las especies usadas en la cestería mexicana suman un total de 80, correspondientes a 20 familias botánicas, entre las que destacan los agaves, (Agavaceae) cañas, (Poaceae) palmas, (Arecaceae) yucas, (Liliaceae) bejucos, (Smilacaceae) sauces, (Salicaceae) y tules, (Taxodiaceae). Las fibras empleadas se pueden dividir en dos grupos: las



rígidas como las cañas o los mimbrés, y las semirígidas, como las hojas, las pajas y los tallos suaves. Las primeras sirven para objetos duros como las canastas de mandado, los cestos para la cosecha y para algún tipo de muebles y las segundas se utilizan para fabricar objetos pequeños como lámparas, tortilleros etc...”

Otro de los recursos empleados para la cestería, mencionado anteriormente por (Sosa, 2006) es el carrizo, planta perteneciente a la familia Poáceae. Suele habitar en suelos húmedos y en las orillas de cursos de agua y lagunas. En ríos se encuentran fundamentalmente en los tramos

más bajos, en los que la velocidad del curso de agua les permite enraizar. Puede soportar niveles moderados de salinidad en el agua y en el suelo, necesitando suelos encharcados hasta profundidades de 5 cm, por lo que es posible encontrarlo en las proximidades de marismas y zonas más salobres.

El carrizo se ha utilizado ampliamente para cestería en muchos estados del país, se sabe que el carrizo es una caña hueca con pared delgada; su superficie exterior es lisa y brillante y al secarse da un color amarillo. En gran parte del país distintas especies de carrizos se utilizan para cestería, entre éstas destacan los géneros *Arundo* y *Phragmites* (Ugent, 2000); el mismo autor menciona que "... una de las especies más importantes para la producción de canastas en la región de Toluca es el tallo del carrizo de la especie *Arundo donax* L., introducido en México en la época de la colonia... Algunas veces también se utiliza una especie nativa que es *Phragmites communis* Trin."

(González de Cosío, 1995) registra en su libro "Especies vegetales de importancia económica en México", las especies *Phragmites australis* Trin, *Gynerium sagittatum* Aubl. y *Arundo donax* L., utilizadas para la producción de cestería.

## II. DESARROLLO DE CONTENIDOS

### A. Comercialización de canastas

La elaboración de canastos en el municipio de Ajalpan es una de las principales fuentes de ingreso de un sinnúmero de familias, al ser una de las mejores temporadas la de Todos Santos. El trabajo no empieza con el tejido de la canasta, va más allá, el artesano debe ir al campo a cortar el carrizo, después quitarle la cáscara a las varas, para luego rajar las tiras de carrizo o convertirlos en tlacayanale. Enseguida se ponen a secar las tiras, de lo contrario el canasto se aflojará o en su defecto se pondrá "prieto" todo este procedimiento toma en promedio una semana. La comercialización es otro factor a conside-

rar para los artesanos canasteros, aunque se acusa a los acaparadores como perjudiciales para los artesanos, algunos otros se llevan los canastos a vender de manera directa con el cliente, por lo cual los talleres permanecen abandonados ciertos días. En promedio una docena de canastas oscila entre los 130 pesos, la cual estará lista luego de 16 horas de trabajo, no obstante, con los pocos ingresos obtenidos la actividad no decae, los artesanos continúan con la tradición que se ha pasado de generación en generación, misma que se mantiene viva; "lo trae uno de nacimiento", asegura un maestro artesano.

### B. Producción artesanal

(Zapata & Suárez, 2007) definen artesanía a los objetos decorativos y utilitarios donde se condensan aspectos económicos, sociales y culturales que reflejen la cosmovisión de los pueblos indígenas.

(Tovar-Rodríguez, 1964) define a la artesanía como "toda técnica manual creativa, para producir individualmente, bienes y servicios". En un sentido más general, hoy el concepto de artesanía se funde con el de "arte popular" cuya expresión se entiende como el conjunto de actividades productoras, de carácter esencialmente manual, realizadas por un solo individuo o una unidad familiar, transmitidas por tradición de padres a hijos y cuyos productos, generalmente son de carácter anónimo, si bien en la antigüedad tenían fines utilitarios, hoy buscan la producción de objetos estéticamente agradable en un mundo dominado por la mecanización y la uniformidad.

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2001) reconoce que el sector artesanal desempeña un papel determinantes en el desarrollo económico local y en lucha contra la pobreza. Básicamente porque la producción artesanal la realizan poblaciones de escasos recursos económicos.

Ante un contexto de crisis económica marcado principalmente por el desempleo y la creciente migración de los pueblos marginados, en donde sólo han quedado en su mayoría mujeres y niños, aparecen como relevantes las microempresas de artesanos, quienes elaboran prendas, enseres, utensilios y objetos diversos, con fines múltiples.

Tan sólo en el estado de Puebla, hay un padrón de 951 artesanos, los cuales se identifican en 22 ramas artesanales (INEGI, 2010).

La palabra artesanía está ligada a la forma de producción de determinados artefactos, generalmente elaborados manualmente, destinados a un uso concreto y con significación cultural. Las propiedades de los objetos son formales, estéticas y simbólicas, en cuya fabricación se conjugan materiales, naturaleza, patrimonio y técnicas (De Dios, 2005; Bouchart, 2004). La adquisición del conocimiento para la producción artesanal en su mayoría es empírica, basada en la reiteración y observación de la práctica cotidiana. La transmisión es oral y visual, a la vez constituye la base del proceso de aprendizaje. El carácter artístico puede estar presente desde el instante mismo en que se concibe la idea de una pieza y el valor económico lo adquiere por la creación, en contraste con la uniformidad y repetición de los objetos fabricados a máquina (Cermeño, 2008). Lo artesanal es por tanto producto de la actividad preponderantemente manual, con sello individual, arraigado en las tradiciones y cultura, producido artísticamente con la ayuda de herramientas simples, operando en la transformación de materias naturales para la satisfacción de necesidades individuales, domésticas y sociales. Si bien al principio de la producción los fines eran utilitarios, hoy día se busca producir objetos estéticamente agradables para una sociedad inmersa en la mecanización y uniformidad, con artesanías que detentan detalles y sentidos (Cermeño, 2008). Así, el artesano realiza trabajos en los cuales

transmite su concepción del mundo, en una actividad como medio recreativo o expresivo de su entorno y de su cultura, pero que en ocasiones la remuneración monetaria no corresponde al trabajo invertido, aunado a un mercado inestable y en ocasiones desvalorizado (Cardini, 2005).

### C. Carrizo

El hombre a lo largo de la historia ha buscado diversas formas y materiales para elaborar sus útiles caseros que le brinden una mejora en sus actividades, como el yute (*Corchorus* sp.), la pinta o agave (*Agave americana*), con las que ha elaborado cuerdas, bolsas, petates y sacos. La palma (*Attalea funifera*) para la fabricación de cestos y canastos. Estos elementos con los que ha trabajado el hombre primitivo desde hace años, tienen la característica de ser cercanos a él y principalmente ser de fácil manipulación, con esto el hombre ha buscado la forma de refugiarse, curarse y vivir en mejores condiciones en armonía con la naturaleza que les provee estos materiales (Moya, 1994).

El Carrizo (*Phragmites australis*, Cav., Trin. Ex Steud), es una planta de fácil propagación natural, la cual tiene la característica de crecer en ubicaciones cercanas a lugares donde el agua está presente, ya sea en drenajes, pantanos o riachuelos. Este tipo de planta tiene una altura de dos a cuatro metros con un grosor de 1 a 4 centímetros (González, Gerritsen y Ortiz, 2009). Su fácil propagación, resistencia a diferentes climas y situaciones ambientales, lo ha llevado a ser parte de diferentes usos que hoy se le dan.

El carrizo tiene diferentes fines ya sean para fabricar productos, herramientas o utensilios, pero es notorio que también representa una fuente de ingresos y un factor de unión familiar en las comunidades de hoy en día, siendo este una alternativa para el modelo de desarrollo actual (González et al., 2009).

### D. Cestería

De todas las artes que el hombre ha creado, probablemente la cestería es una de las más antiguas transmitidas en la historia de cualquier civilización humana y de las más apegadas a la naturaleza. Según Kuoni, basada en evidencias y estudios arqueológicos, es más antigua que el descubrimiento del fuego ya que es más antigua que la cerámica. Para su fabricación es necesario contar con diferentes tipos de materiales vegetales que desde todos los tiempos y en todos los rincones del mundo han abundado. La diversidad botánica de cada lugar facilita la elaboración de este arte sumado a la simplicidad de su fabricación, que en realidad es la transformación del arte de la naturaleza en arte gozoso del ser humano (Abedrop, 2014).

Como arte que es, la cestería es un claro ejemplo de una manifestación del hombre en su búsqueda por cubrir ciertas necesidades. Lo expresa recogiendo los elementos vegetales de su entorno, los moldea y los adapta creando primero un objeto funcional, simple y con el tiempo en uno creativo y/o decorativo (Abedrop, 2014).

En México, en la época prehispánica, las cestas fueron un objeto muy importante y socorrido para las diferentes culturas. Algunas de las labores de estas culturas eran las de la recolección de semillas, frutas y vegetales, o la cacería y se empezaron a usar los cestos, entendidos como recipientes o contenedores formados por el entrecruzamiento de diversos materiales vegetales flexibles, para transportarlas. Desde ahí, la creación de la cestería pasó de ser un objeto utilitario y sencillo a una gama de diversos diseños con patrones y alternancias de materiales rígidos y flexibles que ampliaron su uso y su fabricación; petates y esteras, cajas, petacas, asientos, camas y cunas incluso prendas de vestir como vestidos, capas o ponchos y calzado son algunos de ellos (Abedrop, 2014).

### III. RESULTADOS

Después de haber acudido a los diferentes talleres que se encuentran en la ciudad de Ajalpan se elaboró un catálogo con las principales características de las canastas; a continuación se presentan los resultados obtenidos.



CANASTA	MODELO
	<p><b>Modelo 1: Con asa redonda.</b>  Chica: 8 cm de alto, 20 cm de diámetro.  Mediana: 9 cm de alto, 34 cm de diámetro.  Grande: 10 cm de alto, 48 cm de diámetro.</p>
	<p><b>Modelo 2: Con asa cuadrada.</b>  Chica: 8 cm de alto, 30 cm de largo, 26 cm de ancho.  Mediana: 9 cm de alto, 35 cm de largo, 32 cm de ancho.  Grande: 10 cm de alto, 40 cm de largo, 36 cm de ancho.</p>
	<p><b>Modelo 3: Arcón con asa ovalada.</b>  Chica: 12 cm de alto, 35 cm de largo, 25 cm de ancho.  Mediana: 16 cm de alto, 40 cm de largo, 35 cm de ancho.  Grande: 20 cm de alto, 50 cm de largo, 40 cm de ancho.</p>
	<p><b>Modelo 4: "Clavica".</b>  Chica: 20 cm de alto, 23 cm de diámetro.  Grande: 23 cm de alto, 28 cm de diámetro.</p>
	<p><b>Modelo 5: Rectangular con asa.</b>  Diferentes tamaños en dependencia de las dimensiones solicitadas por el cliente.</p>
	<p><b>Modelo 6: Taquera con cuerno.</b>  Diferentes tamaños en dependencia de las dimensiones solicitadas por el cliente.</p>





CANASTA	MODELO
	<p><b>Modelo 7: Hamaca rectangular con asa.</b> Chica: 8 cm de alto, 30 cm de largo, 25 cm de ancho. Mediana: 9 cm de alto, 35 cm de largo, 30 cm de ancho. Grande: 10 cm de alto, 40 cm de largo, 35 cm de ancho.</p>
	<p><b>Modelo 8: Redonda con color.</b> Diferentes tamaños en dependencia de las dimensiones solicitadas por el cliente.</p>
	<p><b>Modelo 9: Redonda.</b> Diferentes tamaños en dependencia de las dimensiones solicitadas por el cliente.</p>
	<p><b>Modelo 10: redonda con cuerno.</b> Diferentes tamaños en dependencia de las dimensiones solicitadas por el cliente.</p>
	<p><b>Modelo 11: Rectangular hamaca.</b> Diferentes tamaños en dependencia de las dimensiones solicitadas por el cliente.</p>

	<p>Modelo 12: Cuadrada con cuerno. Diferentes tamaños en dependencia de las dimensiones solicitadas por el cliente.</p>
	<p>Modelo 13: Redonda con asa. Diferentes tamaños en dependencia de las dimensiones solicitadas por el cliente.</p>
	<p>Modelo 14: Frutero con cuerno. Diferentes tamaños en dependencia de las dimensiones solicitadas por el cliente.</p>
	<p>Modelo 15: Tortillero. Diferentes tamaños en dependencia de las dimensiones solicitadas por el cliente.</p>
	<p>Modelo 16: Cuadrada con asa. Diferentes tamaños en dependencia de las dimensiones solicitadas por el cliente.</p>
	<p>Modelo 17: Redonda con asa. Diferentes tamaños en dependencia de las dimensiones solicitadas por el cliente.</p>



	<p><b>Modelo 18: Ovalada con asa.</b> Diferentes tamaños en dependencia de las dimensiones solicitadas por el cliente.</p>
	<p><b>Modelo 19: Redonda con tapa (Fresera).</b> Diferentes tamaños en dependencia de las dimensiones solicitadas por el cliente.</p>
	<p><b>Modelo 20: Tina con asa.</b> Diferentes tamaños en dependencia de las dimensiones solicitadas por el cliente.</p>
	<p><b>Modelo 21: ovalada con asa.</b> Diferentes tamaños en dependencia de las dimensiones solicitadas por el cliente.</p>



### III. DISCUSIÓN

La canasta artesanal proviene del manejo de fibras vegetales, las cuales son trabajadas y tejidas con la destreza, arte y sello propio de sus creadores, los cuales en su mayoría se enfrentan a nuevos gustos y preferencias; requiriendo de inversiones mínimas y en ocasiones de ninguna, pues quienes se dedican a esta actividad utilizan sus propias manos e incluso piedras o eventualmente se auxilian de herramientas tan sencillas como navajas para seleccionar la materia prima, que en su gran mayoría son raíces, tallos y hojas, representando un ejemplo de persistencia cultural que se ha ido adaptando y mejorando de acuerdo a las condiciones del artesano y del consumidor; ya que con el paso del tiempo la canasta como artesanía se ha mostrado prevalente, con una continua evolución a partir de la apropiación de técnicas, herramientas y diseños, además de los cambios en las propias identidades y relaciones con el mercado, con lo cual se mantienen en sobrevivencia y persistencia en diversas comunidades y localidades del país, tal como lo cita (Rojas, Martínez & Ocampo, 2010). Para el municipio de Ajalpan, la elaboración y comercialización de cestería de carrizo es una actividad que se ha desarrollado a través del tiempo y las necesidades del entorno, lo que ha generado participación e historia con las cuales se identifica la población, formando así el mismo camino de prevalencia y satisfacción de necesidades para las personas que convergen al mercado del municipio.

#### IV. CONCLUSIÓN

Después de trabajar con los artesanos la elaboración del catálogo de canastas, se les entregó de manera impresa y digital para que lo distribuyan entre sus clientes para aumentar su mercados y ampliar sus rutas de comercialización; es evidente que están interesados e inmersos en mantener la tradición familiar que se ha transferido de generación en generación, sin embargo, se requiere que se le dé el valor al trabajo que conlleva y se piense en la adquisición de una canasta para realizar compras de supermercado ya que no dañan el medio ambiente como lo hacen las bolsas de plástico, una canasta tiene un promedio de vida de 3 a 5 años según el uso al que se le destine, su costo de venta se encuentra entre \$15.00 a \$250.00.

#### RECONOCIMIENTOS

A los directivos del Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Negra de Ajalpan al brindar las facilidades para desarrollar este tipo de actividades y a los alumnos C. Jaime Toribio Rodríguez y Ing. Verónica Lizbeth Flores Paniagua por su contribución en la realización del trabajo de campo.

#### REFERENCIAS

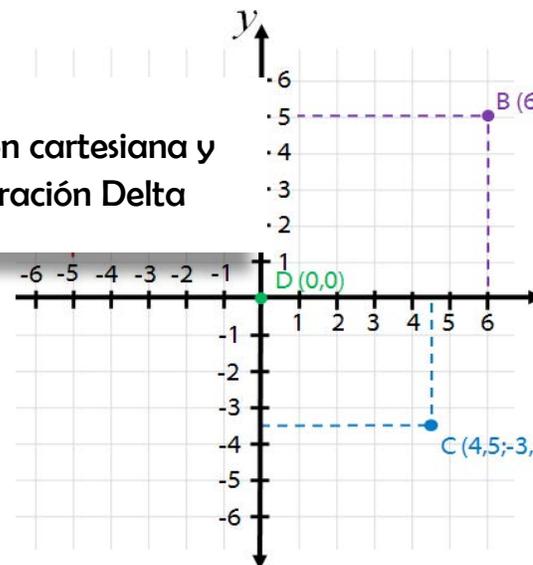
- Abedrop, M. (2014). La cestería un arte creado desde la naturaleza. Accedido el 31 de mayo, 2017, desde <http://www.amigosmap.org.mx/2014/09/30/la-cesteria-un-arte-creado-desde-la-naturaleza/>
- Cardini, L. (2005). Las puestas en valor de las artesanías en Rosario: pistas sobre su aparición patrimonial en Cuadernos de Antropología Social. N° 21, pp. 91-109, 2005. Universidad Nacional de Rosario.
- Castellote, E. (1982). Artesanías Vegetales. Madrid, Editora Nacional. 157 pp.
- Cermeño, L. (2008). La artesanía popular tradicional en las Tunas. Técnicas del tejido con fibras: Rasgos y elementos distintivos. (Segunda parte). Centro Universitario de las Tunas. 9 p.
- Cortés, E. y Rodríguez, E. (1999). Tejedores de la naturaleza. La cestería en cinco regiones de México, INAH: CONALCUTA. 188 pp.
- De Dios, L. (2005). Pasado, presente y futuro de la artesanía. Fundación Española para la innovación de la Artesanía, 6 p.
- González De Cosío, M. (1995). Especies vegetales de importancia económica en México. Edit. Porrúa S.A. México D.F. 144 pp.
- González Figueroa, R.; Gerritsen, Peter R. W.; Ortiz-Arrona, C. (2009). Usos populares, tradición y aprovechamiento del carrizo: estudio de caso en la costa sur de Jalisco, México. Economía, Sociedad y Territorio, enero-abril, 185-207.
- González, S. E. (2002). Turismo, beneficio para todos. Editorial Siglo XXI. México, 89p.
- Herrera, J. (2007). Cestería. Fibras duras y vegetales. México. Popularte. Accedido el 31 de mayo, 2017, desde <http://www.uv.mx/Popularte/esp/scriptphp.php?sid=41012> pp.
- INEGI. (2010). Ejidos y comunidades que realizan actividades no agropecuarias ni forestales. México: INEGI. Accedido el 31 de mayo, 2017, desde [http://www.beta.inegi.org.mx/contenidos/proyectos/agro/ejidal/2007/tabulados/CA2007\\_20.pdf](http://www.beta.inegi.org.mx/contenidos/proyectos/agro/ejidal/2007/tabulados/CA2007_20.pdf)
- Martínez, M. y Castro, E. (2004). Use and Availability of Craft Vines in the Influence Zone of the Biosphere Reserve Sian Ka'an, Quintana Roo, México. *Economy Botanic* 58 (1): 34.
- Moya Pueyo, V. (1994). Anales de la Real Academia Nacional de Medicina. Accedido el 31 de mayo, 2017, desde <https://books.google.es/>
- Rojas, C.; Martínez, B.; Ocampo I. y Cruz J. (2010). Artesanías Mixtecas, Estrategias de Reproducción y Cambio en Revista de Estudios de Género. La ventana, vol. IV, núm. 31, 2010, pp. 102-138. Universidad de Guadalajara, México. Accedido el 31 de mayo, 2017, desde <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=88415215006>
- Romero, C. (2003). Arte popular mexicano. Guía México Desconocido, Edición especial, Junio de 2003.
- Sosa, M. (2006). Manejo tradicional de bejuco con espinas (*Smilax* spp.) en la comunidad de Hueyucatlita, Benito Juárez. Veracruz. México. 11 pp.
- Spier, R. (1970). Basketry. From the hand of man. Primitive and pre-industrial Technologies. Boston. James Edit. Cliffton. 80 pp.
- Tovar-Rodríguez, E. (1964). La artesanía Mexicana, su importancia económica y social. México: UNAM.
- Ugent, D. (2000). The Master Basket Weavers of the Toluca Market Region. *Economic Botany*. 54 (1): 256-266.
- UNESCO. (2001). Artesanías creadoras. Naciones Unidas: UNESCO. Accedido el 31 de mayo, 2017, desde <http://unesdoc.unesco.org/imagenes/0012/001259/125920s.pdf>.
- Zaldivar, L. (1976). Santa Apolonia Teacalco un Pueblo Canastero. Departamento de Investigación de las Tradiciones Populares. México D.F. Dirección General de Arte Popular. 89 pp.
- Zapata, E. y Suárez B. (2007). Las artesanas, sus quehaceres en la organización y en el trabajo en Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable Ra Ximhai Vol. 3, Número 3, septiembre-diciembre, 2007, Universidad Autónoma Indígena de México, Mochichahui, el Fuerte, Sinaloa, pp. 591-620. Accedido el 31 de mayo, 2017, desde [www.uaim.edu.mx/webraximhai/Ej09articulosPDF/ast%201%20Artesanas.pdf](http://www.uaim.edu.mx/webraximhai/Ej09articulosPDF/ast%201%20Artesanas.pdf) [Acceso el 31 de mayo de 2017]
- Zapata, E., & Suárez, B. (2007). Las artesanas, sus quehaceres en la organización y en el trabajo. Ra Ximhai. 591-620. Accedido el 31 de mayo, 2017, desde [https://books.google.com.mx/books?id=-6qwtEPMMegC&pg=PA584&dq=phragmites+australis+academica&source=bl&ots=148CH-Cbs1Z&sig=4uVUto1hV5-\\_jCSb5qRSeAecCJI&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjrsOTY7JTSAhVCshQKHfzFAVIQ6AEIXTAH#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.mx/books?id=-6qwtEPMMegC&pg=PA584&dq=phragmites+australis+academica&source=bl&ots=148CH-Cbs1Z&sig=4uVUto1hV5-_jCSb5qRSeAecCJI&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjrsOTY7JTSAhVCshQKHfzFAVIQ6AEIXTAH#v=onepage&q&f=false).



# Desarrollo e implementación de un algoritmo de conversión cartesiana y segmentación de vectores para impresoras 3D en configuración Delta

Ing. Luis Arturo Iñiguez Hernández  
CIATEQ AC Zapopan, Jalisco, México  
luis.iniguez@gmail.com

Dr. Héctor Hugo Torres Ortega  
Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco, México  
hector.hhto@gmail.com



## Resumen

El objetivo de este trabajo es desarrollar los algoritmos de conversión cartesiana y de segmentación de vectores. Estos algoritmos son requeridos para que una impresora 3D de configuración delta funcione con un código de impresora cartesiana. El desarrollo e implementación de este algoritmo es necesario debido al creciente mercado de las impresoras delta. Los algoritmos comprendidos son conversión de coordenadas cartesianas a delta y segmentado de vectores. El diseño mecánico de este proyecto fue previamente desarrollado y de este, se obtienen los valores, medidas y datos físicos de la impresora delta. El desarrollo se basa en un código fuente anterior, usado en la impresora cartesiana. El desarrollo presentado en este tema de investigación se integra a ese código fuente existente.

## Abstract

The objective of this project is to generate the algorithms required for a delta printing system. The development is considered necessary to reduce manufacturing costs as well as decrease assembly times. The algorithms included are: conversion of cartesian coordinates to delta and vector segmentation. The mechanical design of this project was previously developed and the values, measurements and data are obtained from it. The development is based on a pre-

vious firmware used in a cartesian printer; this development is going to be integrated to the previous firmware.

## Palabras clave

Impresión 3D, cartesiana, delta, reducción de costos, impresora 3D

## Key words

3D printing, cartesian, delta, cost reduction, 3D printer

## Introducción

### Objetivo

Desarrollar e implementar un algoritmo embebido para la conversión de un sistema cartesiano a delta de impresión 3D.

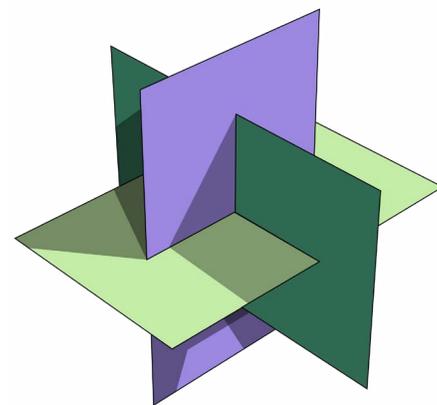
### Antecedentes

La impresión 3D ha revolucionado la manufactura aditiva haciéndola más versátil y accesible [1]. El presidente de los Estados Unidos Barak Obama dijo el 12 febrero de 2013 que: el creciente campo de la impresión 3D recibió un gran impulso, lo destacó como algo que podría alimentar nuevos empleos de alta tecnología en los Estados Unidos y destacó la importancia de la impresión 3D como parte de su estrategia nacional [2].

La impresión 3D todavía no se considera un producto de consumo masivo. El primer artículo sobre el estudio de la manufactura de un sólido impreso se publicó en 1981 por Hideo

Kodama y hasta la fecha la impresión 3D no se ha convertido en un artículo de uso común pese a su gran utilidad, principalmente debido al alto costo tanto del dispositivo como de los materiales que usa [3].

El sistema cartesiano de coordenadas en las impresoras 3D es el más usado pero el costo de ensamble y número de piezas es alto [4]. El uso de sistema de posicionamiento delta es preferido en la industria robótica debido a su velocidad [5] y menor número de piezas [6].



## Hipótesis

Al desarrollar un modelo de algoritmos embebidos para un sistema delta de impresión 3D ayuda a reducir el tiempo de desarrollo en nuevos proyectos; así como reducir el costo [7] [8] y tiempo de ensamble del producto al disminuir el número de piezas [9].

## Planteamiento y desarrollo

### Planteamiento

Los desarrollos más comunes (Reprap, LinuxCNC, Marlin), tienen como desventaja el hecho que requieren una gran cantidad de recursos del microcontrolador, por lo tanto requieren un microcontrolador más potente [10] ya que estos desarrollos cuentan con funciones que no serán utilizadas en nuestra impresora delta, así como son multi-plataforma y por consecuente requieren más memoria, lo que limita su aplicabilidad y encarece el proyecto [11]. La finalidad del desarrollo del modelo de algoritmos embebidos para un sistema delta de impresión 3D es lograr el mismo nivel de control de una manera más sencilla. Con el algoritmo propuesto se puede utilizar una menor cantidad de recursos y que por lo tanto se puede implementar en un mayor número de equipos con microcontroladores con recursos limitados.

Al realizar las pruebas de movimiento se observó un movimiento de péndulo entre 2 puntos el cual no permitiría una buena calidad de impresión por lo tanto se determinó que era necesario otra solución para corregir el efecto. Después de observar el problema se formó una hipótesis la cual fundo la teoría de que en el caso de la impresora delta el movimiento más simple mecánicamente entre 2 puntos se trata de un movimiento de péndulo, para solucionar esto, se generó un programa que convierte los trayectos mayores a 5 mm en secciones equidistantes que no sobrepasan esta longitud y en conjunto forman el vector original.

### Desarrollo

Conversión de coordenadas cartesianas a delta

La solución de conversión de coordenadas fue desarrollada usando como base las constantes de la tabla 1.

Constante	Descripción
La	Longitud del brazo
Po	Desfase del pivote
To	Desfase de la herramienta
Sp	Angulo de inclinación del puntal

Tabla 1: Constantes de dimensiones de la impresora.

Las cuales están basadas en las mediciones de la impresora como se puede observar en la figura 1.

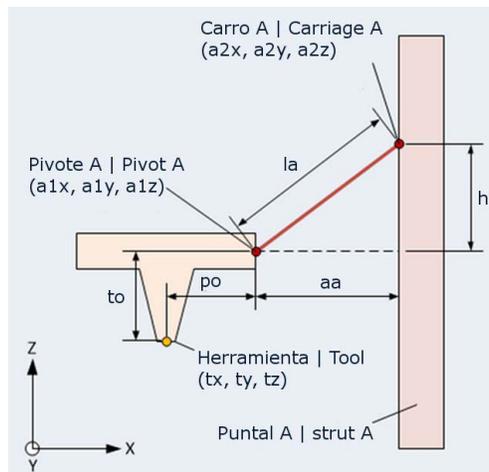


Figura 1: Mediciones de una impresora tipo delta.

En la figura 2 se muestran las posiciones de los carros (carriges) A, B y C, estos son calculados con el siguiente procedimiento:

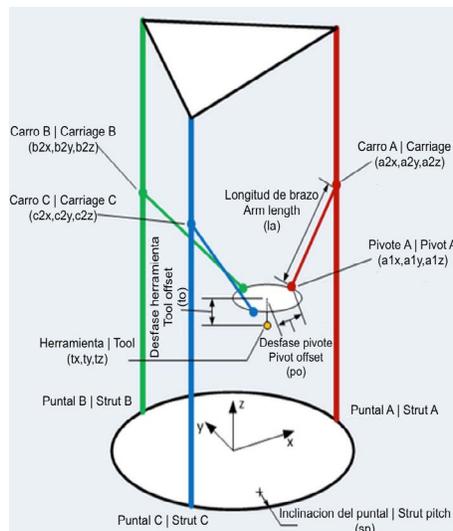


Figura 2: Mediciones de una impresora tipo delta.

Las posiciones de los pivotes véase figura 3, se calculan usando los datos contenidos en la tabla 2.

Pivote A	Pivote B	Pivote C
$a1x = tx + po$	$b1x = tx + po(\cos 120)$	$c1x = tx + po(\cos 240)$
$a1y = ty$	$b1y = ty + po(\sin 120)$	$c1y = ty + po(\sin 240)$
$a1z = tz + to$	$b1z = tz + to$	$c1z = tz + to$

Tabla 2: Cálculo de las posiciones de los pivotes.

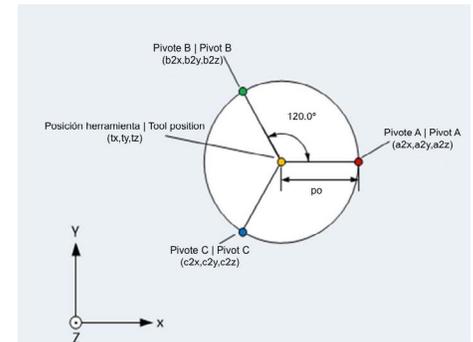


Figura 3: Posiciones de los pivotes de una impresora delta.

Conocemos la posición del carro en X e Y ya que se encuentran fijados a las posiciones de los puntales (struts) pero se desconoce la altura como se muestra en la tabla 3.

Carro A	Carro B	Carro C
$a2x = sp$	$b2x = (sp)(\cos 120)$	$c2x = (sp)(\cos 240)$
$a2y = 0$	$b2y = (sp)(\sin 120)$	$c2y = (sp)(\sin 240)$
$a2z = ?$	$b2z = ?$	$c2z = ?$

Tabla 3: posiciones de los carros en XY.

Las distancias del plano x-y de los pivotes de los puntales son proporcionados por:

$$aa = \sqrt{(a2x - a1x)^2 + (a2y - a1y)^2}$$

$$ab = \sqrt{(b2x - b1x)^2 + (b2y - b1y)^2}$$

$$ac = \sqrt{(c2x - c1x)^2 + (c2y - c1y)^2}$$

Y por lo tanto las alturas de los carros por encima del pivote son:

$$ha = \sqrt{la^2 - aa^2}$$

$$hb = \sqrt{la^2 - ab^2}$$

$$hc = \sqrt{la^2 - ac^2}$$

Por lo que las alturas de los carros sobre el piso de la impresora finalmente son:

$$a2z = tz + to + ha$$

$$b2z = tz + to + hb$$

$$c2z = tz + to + hc$$

### Segmentador

Se calcula la distancia entre el punto actual y el anterior con la siguiente formula:

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

Donde  $X_2, Y_2$  es la coordenada actual y  $X_1, Y_1$  es la coordenada anterior, en el caso de tratarse de la primera línea leída la coordenada anterior es  $X=0, Y=0$  ya que la impresión comienza en el centro.

Una vez obtenida la distancia se verifica si sobrepasa el segmento máximo, que en este caso se trata de 5mm, si la distancia es mayor se calcula el número de veces que se segmentara con la siguiente formula:

$$\text{numeroDeSegmentacion} = (\text{int})\text{Math.Floor}(\text{dist} / \text{segmentoMaximomm});$$

Después se calculan los nuevos vectores iterando según el numeroDeSegmentacion y sumándole a los valores temporales la porción del vector y la extrusión que le corresponde de la siguiente manera:

```
for (int i=0; i<numeroDeSegmentacion; i++)
{
  lineatemp = "";
  x = xtemp + ((xact - xant) / numeroDeSegmentacion);
  y = ytemp + ((yact - yant) / numeroDeSegmentacion);
  z = ztemp + ((zact - zant) / numeroDeSegmentacion);
  e = etemp + ((eact - eant) / numeroDeSegmentacion);
}
```

En donde  $xtemp, ytemp, ztemp$  y

$etemp$ , contienen los valores utilizados en la generación del último segmento.

Con los valores obtenidos anteriormente ( $x, y, z, e$ ) se genera la nueva línea a insertar en el archivo de salida y se guardan los valores temporales de la siguiente manera:

```
lineatemp = "G" + g + " F" + f + " X" + x.ToString("f3") + " Y" + y.ToString("f3") + " Z" + z.ToString("f3") + " E" + e.ToString("f5");
xtemp = x; ytemp = y; ztemp = z;
etemp = e;
```

Finalmente una vez recorrido todo el archivo de entrada obtenemos un archivo muy similar al de entrada pero con los trayectos mayores a 5mm divididos en segmentos no mayores a 5mm.

### Conclusiones

El objetivo de desarrollar e implementar estos algoritmos embebidos para un sistema delta de impresión 3D se logró de manera satisfactoria. Este algoritmo se validó con la impresión de varias piezas de referencia para ambas configuraciones véase figura 4. Este algoritmo presenta como ventaja el ahorro en recurso computacional debido a su código compacto, un 55% menor que el firmware Marlin Delta uno de los fir-

mwares mas compactos para impresoras delta con un peso de 589KB, contra el que se obtuvo un ahorro de 269KB. Además es un modulo que se puede integrar fácilmente a un desarrollo previo sin perder control sobre el hardware. A diferencia de los desarrollos existentes, los cuales son programas con funcionalidades diversas que requieren de memoria y procesamiento considerable.

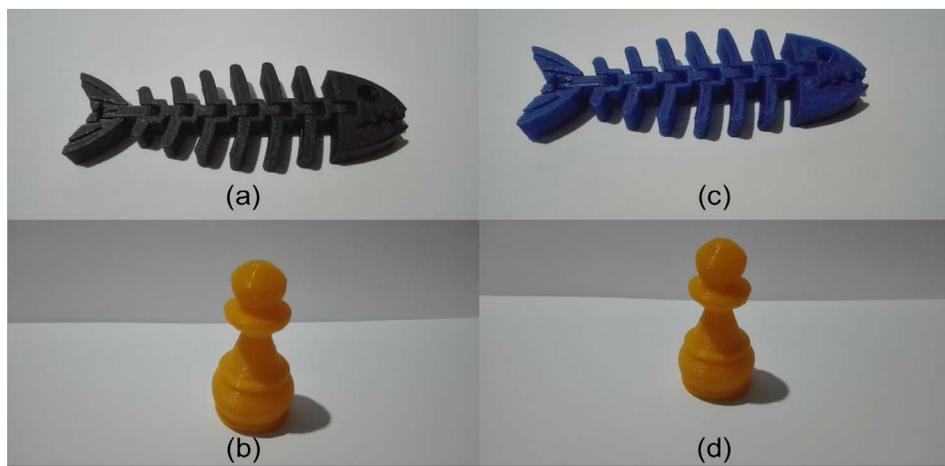


Figura 4: En las fotografías a y b se observa un modelo de referencia impreso por la configuración cartesiana, en las c y d los mismos modelos con la impresora delta.

## Bibliografía y referencias

[1] Prince, J. D. (2014). 3D printing: an industrial revolution. *Journal of electronic resources in medical libraries*, 11(1), 39-45.

[2] Hui Wang & Masami Sano. (2013) *A Study of Spreading 3D Image Technology in Medical Industry*. (49), 75-88, 2013-07 Information Research, Bunkyo University.

[3] Pirjan, A., & Petroșanu, D. M. (2013). THE IMPACT OF 3D PRINTING TECHNOLOGY ON THE SOCIETY AND ECONOMY. *Journal of Information Systems & Operations Management*, 7(2), 360-370.

[4] Pacheco, C. R., & Brownsberger, T. (2016). U.S. Patent Application No. 15/181,199.

[5] Celi, R., Sempértégui, A., Morocho, D., Loza, D., Alulema, D., & Proaño, M. (2015, October). Study, design and construction of a 3D printer implemented through a delta robot. In *Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies (CHILECON), 2015 CHILEAN Conference on* (pp. 717-722). IEEE.

[6] Pierrot, F., Reynaud, C., & Fournier, A. (1990). DELTA: a simple and efficient parallel robot. *Robotica*, 8(02), 105-109.

[7] Wu, C., Yi, R., Liu, Y.J., He, Y., & Wang, C. C. (2016, October). Delta DLP 3D printing with large size. In *Intelligent Robots and Systems (IROS), 2016 IEEE/RSJ International Conference on* (pp. 2155-2160). IEEE.

[8] Álvarez-Cedillo, J. A., Sandoval-Gutierrez, J., Herrera-Lozada, J. C., de Jesús Medel-Juárez, J., & Olguín-Carbajal, M. (2016). Diseño, fabricación y funcionamiento de un robot delta de bajo costo. *DYNA-Ingeniería e Industria*, 91(3).

[9] Momeni, F., Liu, X., & Ni, J. (2017). A review of 4D printing. *Materials & Design*, 122, 42-79.

[10] Wijnen, B., Anzalone, G. C., Haselhuhn, A. S., Sanders, P. G., & Pearce, J. M. (2016). Free and open-source control software for 3-D motion and processing. *Journal of Open Research Software*, 4(1).

[11] Allebach, J. P. (2004, January). Digital Printing-An Image Processor's Perspective. In *IS&T/SPIE 16 th Annual Symposium on Electronic Imaging Science and Technology (2004 Electronic Imaging Scientist of the Year Plenary Address)*, San Jose, CA (Vol. 20).



# Desarrollo de una aplicación en Excel, con macros en Python, como herramienta para la determinación de propiedades térmicas de alimentos por el método de Choi-Okos

Eduardo Chávez Pérez

Instituto Tecnológico de Durango. Durango, Dgo., México

Email: echpcmg@hotmail.com



## Resumen

El presente trabajo tiene como propósito mostrar como pueden ser empleadas las tecnologías actuales para la enseñanza y la investigación en problemas de ingeniería de alimentos. Para esto, se desarrolló una aplicación en Excel, la cual utiliza el potencial del lenguaje de programación Python, en funciones o macros, para determinar las propiedades térmicas de alimentos, por el método de Choi-Okos, que son correlaciones en función de la temperatura y composición. La aplicación calcula las propiedades térmicas de un alimento, dada su composición y temperatura, presenta el efecto de la temperatura en un intervalo dado y calcula el efecto de la porosidad en la conductividad térmica.

## Abstract

The purpose of this paper is to show how current technologies, for teaching and research, can be used in food engineering problems. An application was developed in Excel to determine the thermal properties of foods, using the Choi-Okos's method. In this implementation Excel takes advantage from functions and macros wrote in Python language. Choi and Okos developed correlations as a function of temperature and composition. The application calculates the thermal properties of a food, given its composition and temperature, presents the effect of temperature in a given range and calculates the effect of porosity on the thermal conductivity.

## Palabras clave

Propiedades térmicas, capacidad calorífica, densidad, conductividad térmica, Choi, Okos, Excel, Python, xlwings

## Keywords

Thermal properties, specific heat, density, thermal conductivity, Choi, Okos, Excel, Python, xlwings

## I Introducción

Las propiedades térmicas: Dzzzen-sidad, capacidad calorífica o conductividad térmica son muy importantes para realizar cálculos en diseños en procesos (Rao et al, 2014).

Choi y Okos correlacionaron el efecto de las propiedades térmicas con la temperatura y concentración. Dichos modelos consisten en la determinación de la propiedad de cada componente (agua, hielo, carbohidratos, etc.) como función de la temperatura, y con esto, calcular la propiedad del alimento como función lineal de la composición.

Debido a la sencillez de uso y disponibilidad de Excel, y a que el lenguaje de programación Python es potente y actual, se han desarrollado, en los últimos años, herramientas que permiten la integración de este lenguaje y las hojas de cálculo; por ejemplo, la librería xlwings y DataNitro. Esto da como resultado que la funcionalidad de Excel pueda verse incrementada con un extenso número de librerías disponibles de Python.

El presente trabajo describe una aplicación en Excel con macros en Python, usando la librería xlwings, para la determinación de propiedades térmicas con el método de Choi-Okos; así como la determinación

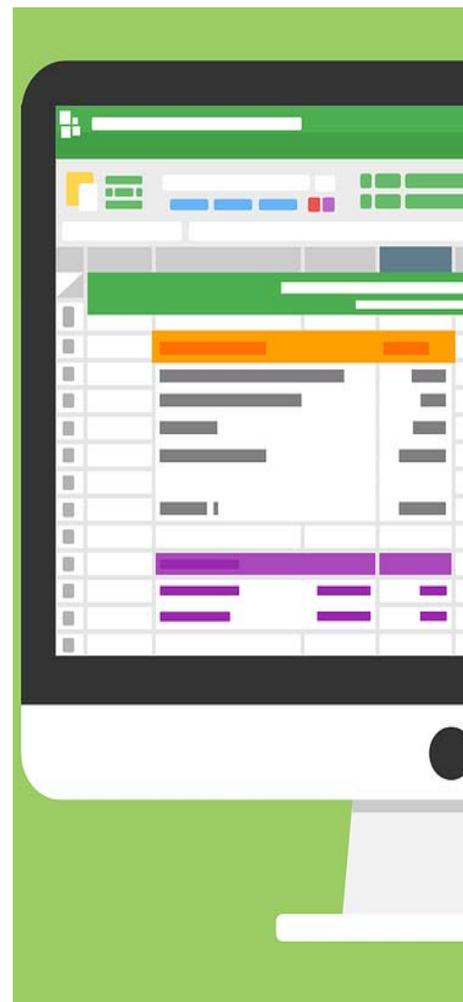
conductividad térmica de alimentos considerando la porosidad.

## II Método Choi-Okos

Las propiedades térmicas son muy importantes en diversos cálculos utilizados en la industria e investigación de alimentos (Alvis et al, 2012).

## Densidad

Las correlaciones de Choi y Okos de la densidad se muestran en la figura. No se considera la existencia de poros en el alimento.



Agua	997.18+3.1439 10 <sup>-3</sup> T-3.7574 10 <sup>-3</sup> T <sup>2</sup>
Hielo	916.98-1.3071 10 <sup>-1</sup> T
proteína	1329.9-5.1840 10 <sup>-1</sup> T
grasa	925.59-4.1757 10 <sup>-1</sup> T
Carbohidratos	1599.1-3.6589 10 <sup>-1</sup> T
Fibra	1311.5-3.6589 10 <sup>-1</sup> T
Ceniza	2423.8-2.8063 10 <sup>-1</sup> T

Donde la densidad está dada en kg/m<sup>3</sup> y la T en °C y En el rango entre -40 a 150°C

Figura 1. Densidad de componentes como función de la temperatura.

La densidad del alimento en función de sus componentes está dada por:

$$\rho = \sum_{i=1}^n \rho_i x_i$$

Siendo  $\rho$  la densidad en kg/m<sup>3</sup>,  $\rho_i$  la densidad de cada componente y  $x$  la composición en masa.

### Capacidad calorífica

En la figura 2 se muestra la capacidad calorífica de cada constituyente de acuerdo con Choi y Okos .

Agua <sup>a</sup>	4.01817-5.3062 10 <sup>-3</sup> T+9.9516 10 <sup>-4</sup> T <sup>2</sup>
Hielo	2.0623+6.0769 10 <sup>-3</sup> T
proteína	2.0082+1.2089 10 <sup>-3</sup> T-1.3129 10 <sup>-6</sup> T <sup>2</sup>
Grasa	1.9842+1.4373 10 <sup>-3</sup> T-4.8008 10 <sup>-6</sup> T <sup>2</sup>
Carbohidratos	1.5488+1.9625 10 <sup>-3</sup> T-5.9399 10 <sup>-6</sup> T <sup>2</sup>
Fibra	1.8459+1.8306 10 <sup>-3</sup> T-4.6509 10 <sup>-6</sup> T <sup>2</sup>
Ceniza	1.0926+1.8896 10 <sup>-3</sup> T-3.6817 10 <sup>-6</sup> T <sup>2</sup>

Donde la capacidad calorífica está dada en kJ/kg °C y la temperatura en °C de -40 a 150°C, excepto en a de -40 a 0°C y en b de 0 a 150 °C.

Figura 2. Capacidad calorífica de componentes como función de la temperatura.

La capacidad calorífica a presión constante del alimento en función de sus componentes está dada por:

$$cp = \sum_{i=1}^n c_{p_i} x_i$$

Siendo  $c_p$  la capacidad calorífica en kJ/kg°C,  $c_{p_i}$  la capacidad calorífica de cada componente y  $x$  la composición en masa.

### Conductividad térmica

La figura 3 muestra la relaciones de la conductividad térmica de componentes como función de la temperatura de Choi-Okos (Alzate, 2003).

Agua	0.57109+1.762 10 <sup>-3</sup> T-6.7036 10 <sup>-6</sup> T <sup>2</sup>
Hielo	2.21960-6.2489 10 <sup>-3</sup> T+ 1.0154 10 <sup>-4</sup> T <sup>2</sup>
Proteína	0.17881+1.1958 10 <sup>-3</sup> T-2.7178 10 <sup>-6</sup> T <sup>2</sup>
Grasa	0.18071-2.7604 10 <sup>-3</sup> T-1.7749 10 <sup>-7</sup> T <sup>2</sup>
Carbohidratos	0.20141+1.3874 10 <sup>-3</sup> T-4.3312 10 <sup>-6</sup> T <sup>2</sup>
Fibra	0.18331+1.2497 10 <sup>-3</sup> T-3.1683 10 <sup>-6</sup> T <sup>2</sup>
Ceniza	0.32961+1.4011 10 <sup>-3</sup> T-2.9069 10 <sup>-6</sup> T <sup>2</sup>

Donde la conductividad térmica está dada en W/m<sup>2</sup> °C con la temperatura en °C de 0 a 90°C

Figura 3. Conductividad térmica de componentes como función de la temperatura.

La conductividad térmica del alimento en función de sus componentes está dada por:

$$k = \sum_{i=1}^n k_i y_i$$

Siendo  $k$  conductividad térmica en W/m<sup>2</sup> °C,  $y_i$  la fracción en volumen y  $k_i$  la conductividad térmica de cada componente.

Esta conductividad no considera el efecto del aire contenido en los huecos del alimento.

### Efecto de la porosidad

La porosidad se define como el volumen no ocupado por el alimento y se puede expresar como:

$$\varepsilon = 1 - \frac{\rho_a}{\rho_{\varepsilon=0}}$$

Donde  $\varepsilon$  se conoce como porosidad,  $\rho_a$  densidad aparente y  $\rho_{\varepsilon=0}$  es la densidad sólida o densidad sin porosidad.

A la fecha hay numerosos modelos propuestos para productos porosos y/o fibrosos. El modelo de Maxwell-Eucken es muy utilizado en materiales que tienen poro pequeño de tal forma que sea mínima la convección natural dentro del poro.

$$k = k_{\varepsilon=0} \left[ \frac{2k_{\varepsilon=0} + k_{aire} - 2\varepsilon(k_{\varepsilon=0} - k_{aire})}{2k_{\varepsilon=0} + k_{aire} + \varepsilon(k_{\varepsilon=0} - k_{aire})} \right]$$

$k_{aire} = 0.0184 + 1.225 \times 10^{-4} T$

Donde  $k$  es la conductividad térmica del alimento poroso en W/m<sup>2</sup>°C,  $k_{\varepsilon=0}$  es la conductividad sólida,  $k_{aire}$  conductividad del aire,  $\varepsilon$  es la porosidad y  $T$  la temperatura en °C (Alzate, 2003).

### III Herramientas computacionales

Excel ha sido utilizado para la determinación de propiedades térmicas y termodinámicas (Arrázola et al., 2016) por su fácil implementación y su amplia cantidad de funciones y extensiones como lo es la creación de macros con el lenguaje de programación Visual Basic.

Los cálculos de ingeniería suelen ser repetitivos por lo que la programación modular es una alternativa muy eficaz. Un módulo puede representar un método numérico que permita solucionar alguna ecuación, que realice una interpolación o ajuste de curvas, entre otros (Martínez, 2000).

Python es un lenguaje interpretado, poderoso, que es además sencillo de aprender debido su sintaxis de alto nivel. Cuenta con una gran cantidad de librerías, que crecen vertiginosamente, y que potencian su implementación (Bednar, 2015). Existen cientos de librerías o bibliotecas para ingeniería disponibles de Python, de las cuales se destacan matplotlib, scipy, numpy y pandas.

### IV Planteamiento y desarrollo

Se realizó el programa de cálculo de propiedades térmicas en Excel empleando macros de programación Python mediante xlwings.

El libro de trabajo consta de tres hojas de cálculo. La hoja ChoiOkos es la principal, en donde se piden los parámetros definidos por el usuario y se muestran los resultados calculados. Gráficos muestra el efecto de la temperatura sobre las propiedades térmicas en el intervalo dado por el usuario. BDatos sirve como una base de datos, en donde se encuentran los nombres de los alimentos y su composición (ver figuras 4,5 y 6). Al presionar el botón Calcular se llama a la función choiokos del módulo choiokos.py para realizar los cálculos en Python.

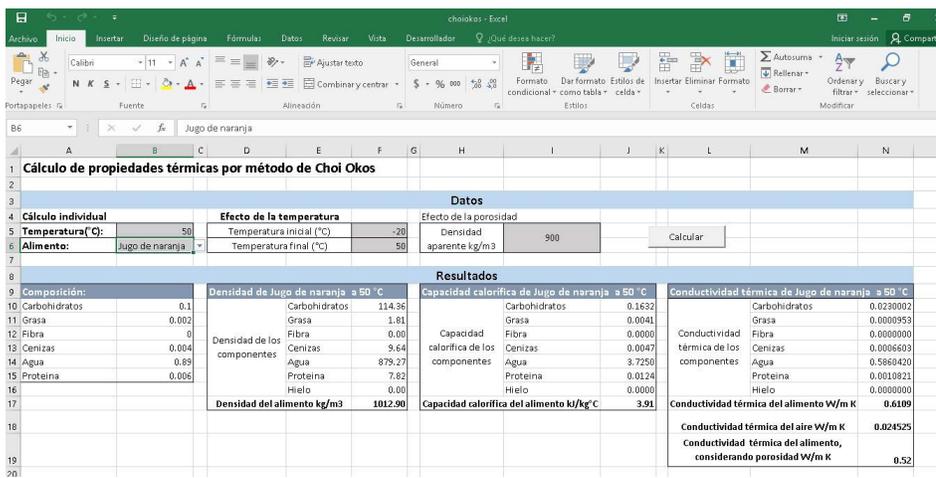


Figura 4. Hoja de cálculo ChoiOkos de la aplicación

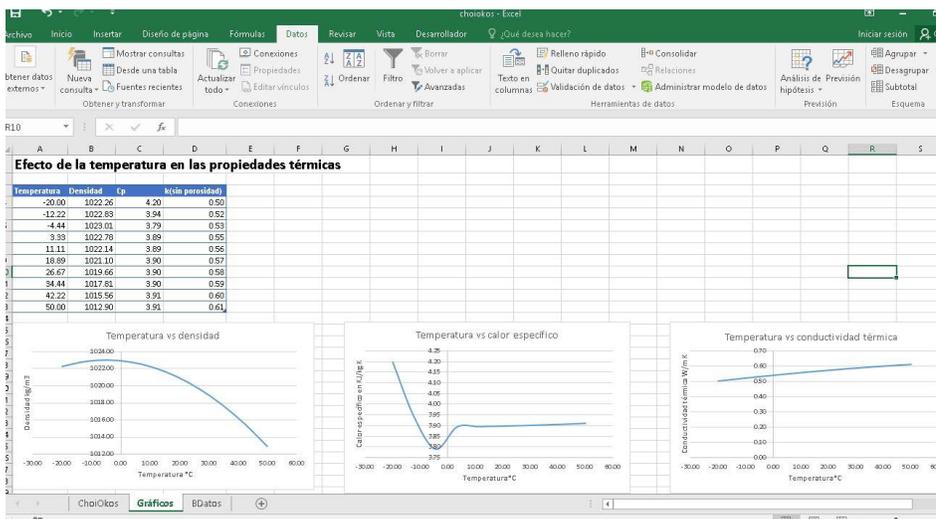


Figura 5. Hoja de cálculo Gráficos.

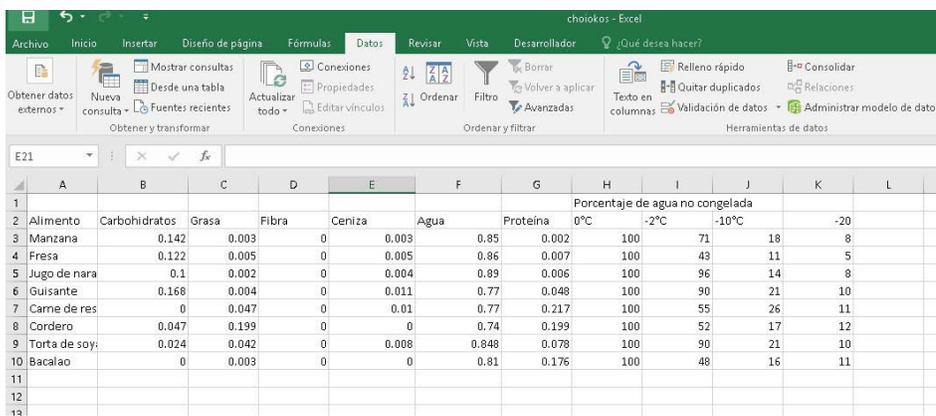


Figura 6. Hoja de cálculo BDatos.

Las macros se realizaron en Python 3.6 por medio del paquete Anaconda. Se desarrollaron cuatro módulos: choiokos.py, compHielo.py, calcprop.py y ptermicas.py. El módulo choiokos es el principal, y al ser llamado establece comunicación con Excel para crear los objetos que representan el libro y las hojas de cálculo (ver figura 7).

El primer cálculo que se realiza es determinar la composición del agua líquida y del hielo; como ésta depende de la temperatura, se realiza una interpolación lineal llamando al módulo compHielo.py en figura 8. Los cálculos de las pro-

iedades térmicas se realizan llamando al módulo calcprop.py (figura 9) el cual a su vez llama al módulo ptermicas.py (figura 10). Como existen cálculos que implica el manejo de vectores se importa la librería numpy.

```

7 import xlwings as xw
8 import calcprop as cpr
9 import compHielo as c
10 import numpy as np
11 import ptermicas as p
12 def choiokos():
13     #Establecer objetos de excel
14     wb = xw.Book('choiokos.xlsm')
15     sht = wb.sheets['ChoiOkos']
16     sht3 = wb.sheets['Gráficos']
17     #Recopilar información de excel
18     T=sht.range('B5').value
19     x=[]
20     xh=[]
21     for i in range(6):
22         x.append(sht.cells(i+10,2).value)
23     for j in range(4):
24         xh.append(sht.cells(j+16,2).value)
25     T1=sht.range('F5').value
26     T2=sht.range('F6').value
27     #Calcular composición de agua líquida y hielo
28     if T>=-20 and T<=0:
29         xhf=c.interpol(xh,T)
30     else:
31         xhf=100
32     a=x[4]
33     x[4]=a*xhf/100
34     x.append((a*(100-xhf))/100)
35     #Cálculo de densidades de componentes
36     x=np.array(x)
37     res=cpr.propiedad(T,x,1)
38     propd=res[0]
39     dtotal=res[1]
40     #Cálculo de densidades en un rango de temperatura
41     Temp=np.linspace(T1,T2,num=10)
42     dtot=[]
43     for i in range(10):
44         res=cpr.propiedad(Temp[i],x,1)
45         dtot.append(res[1])
46
47     #Enviar resultados a excel
48     for i in range(7):
49         sht.cells(i+10,6).value=propd[i]
50     for i in range(10):
51         sht3.cells(i+4,1).value=Temp[i]
52         sht3.cells(i+4,2).value=dtot[i]
53     #Cálculo de cp de componentes
54     res=cpr.propiedad(T,x,2)
55     propcp=res[0]
56     #Cálculo de cps en un rango de temperatura
57     cptot=[]
58     for i in range(10):
59         res=cpr.propiedad(Temp[i],x,2)
60         cptot.append(res[1])
61     #Enviar resultados a excel
62     for i in range(7):
63         sht.cells(i+10,10).value=propcp[i]
64     for i in range(10):
65         sht3.cells(i+4,3).value=cptot[i]
66     #Cálculo de h de componentes
67     prop=p.densidad(T)
68     y=x*dtotal/prop
69     res=cpr.propiedad(T,y,3)
70     propk=res[0]
71     #Cálculo de hs en un rango de temperatura
72     ktot=[]
73     for i in range(10):
74         res=cpr.propiedad(Temp[i],y,3)
75         ktot.append(res[1])
76     #Enviar resultados a excel
77     for i in range(7):
78         sht.cells(i+10,14).value=propk[i]
79     for i in range(10):
80         sht3.cells(i+4,4).value=ktot[i]
81     return()

```

Figura 7. Módulo choiokos.

El módulo compHielo.py realiza una interpolación lineal para determinar la fracción de agua en temperaturas que presentan la formación de hielo, usando la librería `scipy.interpolate`.

```

6 def interpol(x, T):
7     import scipy.interpolate as si
8     y=[0,-2,-10,-20]
9     f=si.interpld(y,x)
10    xest=f(T)
11    return(xest)

```

Figura 8. Módulo compHielo.

El módulo calcprop.py tiene la función de identificar el tipo de propiedad térmica y conectarse con el módulo ptermicas.py para recuperar los valores deseados

```

5 import ptermicas as p
6 def propiedad(Temp,xx,n):
7     if n==1:
8         prop=p.densidad(Temp)
9     elif n==2:
10        prop=p.cp(Temp)
11    else:
12        prop=p.k(Temp)
13    propdf=prop*xx
14    total=sum(propdf)
15    return(propdf,total)

```

Figura 10. Módulo calcprop.

```

8 def densidad(T):
9     if T>=-40 and T<150:
10        dc=1159.1-0.31046*T
11        dg=925.59-0.41757*T
12        df=1311.5-0.36589*T
13        dce=2423.8-0.28063*T
14        da=997.18+0.0031439*T-0.0037574*T**2
15        dp=1330-0.5184*T
16        dh=916.89-0.13071*T
17    else:
18        print()
19    return(dc,dg,df,dce,da,dp,dh)
20 def cp(T):
21    if T>=-40 and T<150:
22        cpc=1.5488+1.9625e-3*T-5.9399e-6*T**2
23        cpg=1.9842+1.4733e-3*T-4.8008e-6*T**2
24        cpf=1.8459+1.8306e-3*T-4.6509e-6*T**2
25        cpce=1.0926+1.8896e-3*T-3.6817e-6*T**2
26    if T>=-40 and T<0:
27        cpa=4.01817-5.3062e-3*T+9.9516e-4*T**2
28    elif T>=0 and T<=150:
29        cpa=4.1762-9.0864e-5*T+5.4731e-6*T**2
30    else:
31        print()
32    if T>=-40 and T<150:
33        cpp=2.0082+1.2089e-3*T-1.3129e-6*T**2
34        cph=2.0623+6.0769e-3*T
35    return(cpc,cpg,cpf,cpce,cpa,cpp,cph)
36 def k(T):
37    if T>=-40 and T<=50:
38        kc=0.201+1.39e-3*T-4.33e-6*T**2
39        kg=0.181-2.76e-3*T-1.77e-7*T**2
40        kf=0.183+1.25e-3*T-3.17e-6*T**2
41        kce=0.330+1.40e-3*T-2.91e-6*T**2
42        ka=0.571+1.76e-3*T-6.70e-6*T**2
43        kp=0.179+1.20e-3*T-2.72e-6*T**2
44        kh=2.2196-6.25e-3*T+1.02e-4*T**2
45    return(kc,kg,kf,kce,ka,kp,kh)

```

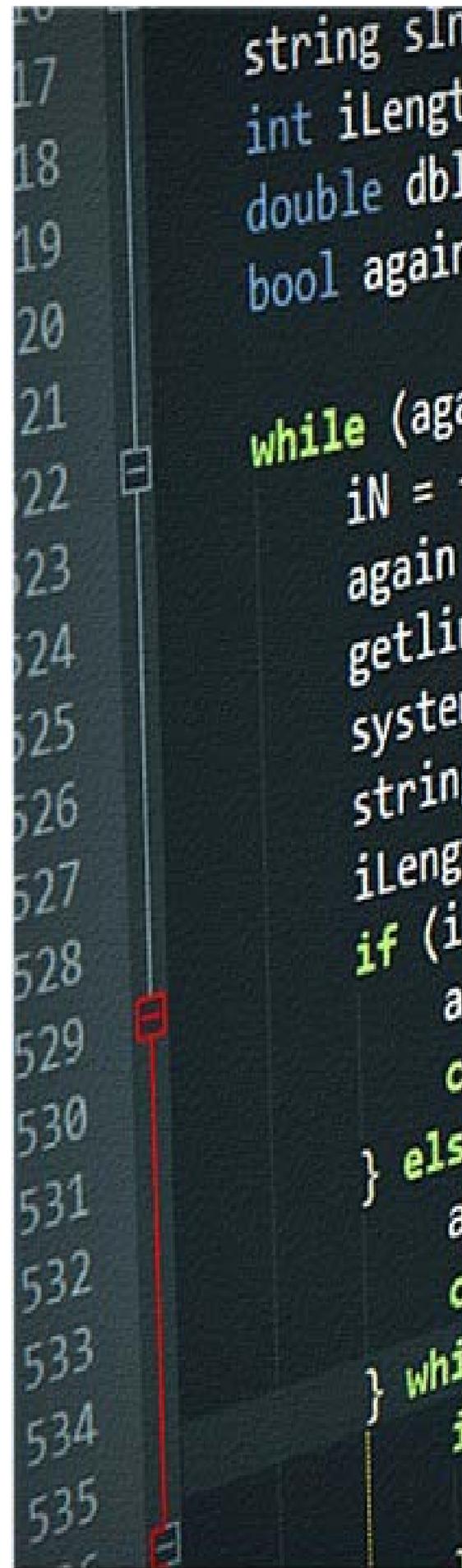
Figura 11. Módulo ptermicas.

## V Conclusiones

El empleo de Excel, usando macros de Python, es de gran utilidad para realizar cálculos complejos de ingeniería, debido a que cuenta una enorme cantidad de librerías que permiten resolver todo tipo de métodos numéricos, métodos estadísticos, gráficos y análisis de estructuras de datos. Lo anterior, aunado a que el uso de Excel está ampliamente distribuido, y a que, dentro de los lenguajes de programación, Python es de los más sencillos de aprender e implementar, se recomienda la inclusión de este tipo de proyectos en materias de ingeniería, como es la termodinámica, los fenómenos de transporte, operaciones unitarias, optimización y simulación de procesos.

## Referencias

- Abvis, A., Caicedo, I., & Peña, P. (2012). Determinación de Propiedades Termofísicas de Alimentos en Función de la Concentración y la Temperatura empleando un Programa Computacional. *Información Tecnológica* 23(1), 111-116.
- Alzate, C. (2003). *Procesamiento de alimentos*. Primera Edición, Centro de Publicaciones Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales
- Arrázola, G., Abvis, A., & Romero, P. (2016). Determinación de propiedades fisicoquímicas y termofísicas del carambolo (*Averrhoa carambola* L.), departamento de Córdoba. *Agronomía Colombiana* 34 (iSupl), S737-S739.
- Bednar, J. (2015). *Topographica: building and analyzing map-level simulations from Python, C/C++, MATLAB, NEST, or NEURON components*. Python in Neuroscience, 3.
- Martínez Sifuentes, V. H. (2000). *Simulación de procesos en ingeniería química*. Primera Edición. Plaza y Valdés.
- Rao, M. A., Rizvi, S. S. H., Datta, A. K., & Ahmed, J. (2014). *Engineering Properties of Foods*, Fourth Edition. Taylor and Francis.



# Desarrollo de un programa estratégico organizacional anticorrupción en una empresa del sector de la construcción

María Guadalupe Cendejas Gutiérrez

Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, Irapuato, Guanajuato

lupitacg\_05@hotmail.com

Mariela Estefanía Fuentes Rangel

Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, Irapuato, Guanajuato

fany\_2894@hotmail.com

Geraldo Alberico Llamas Pérez

Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, Irapuato, Guanajuato

geraldo.llamas@itesi.edu.mx

## Resumen

El objetivo general es diseñar estrategias con base en el desarrollo organizacional para reducir las malas prácticas en una pequeña empresa constructora en el municipio de Irapuato, Guanajuato. Esta investigación presenta un diseño exploratorio secuencial derivativo. Se utilizó como fuente de recolección de datos el cuestionario, debido a que es una investigación de enfoque mixto predominante cualitativo. Para el procesamiento de la información se utilizó la elaboración de agrupación de datos. Los hallazgos encontrados revelan diferentes porcentajes que nos indican el nivel, la forma de corrupción, fortalezas y debilidades. Y nos arroja como resultado que el aumento de la productividad del trabajo no ha sido capaz de compensar el efecto combinado del crecimiento salarial y el sector constructivo, ha visto como se deteriora ligeramente su posición competitiva. Por lo que se busca generar consejería profesional individualizada para que los empleados compartan sus valores, destrezas e intereses.

## Palabras Clave

Corrupción, Crecimiento, Competitividad, Indicadores de Corruptibilidad, Comportamiento

## Abstract

The objective of this project is to design strategies based on organizational development to reduce bad practices in a small construc-

tion Company in the city of Irapuato, Guanajuato. This research presents a sequential exploratory design derivative. The questionnaire was used as a source of data collection, since it is a predominantly mixed approach to qualitative research. Grouping of data processing was used for the processing of information. The found finds reveal varying percentages indicating us level, the form of corruption, strengths and weaknesses.

## Key Words

Corruption, Growth, Competitiveness, Indicators of corruptibility, Behavior.

## Introducción

Uno de los problemas que aquejan a las empresas es la corrupción que de acuerdo con la sexta encuesta de CEO (Centro de Estudios de Opinión) en México que elabora la consultora PwC (J.R, 2015), asegura que esta se mantiene como una de las principales amenazas; la falta de valores y ética laboral que causan impacto negativo de manera importante impiden que las empresas se vuelvan más competitivas. Estas llegan a representar un costo equivalente de hasta 5% de las ventas anuales de las empresas. Los sectores más propensos son el energético, el farmacéutico y el de la construcción. De acuerdo a la Encuesta Global de Fraude, las PyMES enfrentan consecuencias negativas similares a las de las grandes empresas y pueden incluso ser más vulne-

rables a estos actos. (I, 2013). El problema que se analiza es el referente a la pérdida de las ventas causada por el factor corrupción en las empresas de la construcción. El objetivo es diseñar estrategias con base en el desarrollo organizacional para reducir actos ilícitos en una pequeña empresa constructora en el municipio de Irapuato, Guanajuato. Con la que se comprueba la hipótesis de disminuir las malas prácticas y plantear estrategias que se integran al diseño de un programa organizacional anticorrupción donde se pretende disminuir este factor.

## Fundamento Teórico

De acuerdo a la revista (Economista, 2015) La construcción es el sector más propenso a incidir en actos de corrupción durante los procesos de adjudicación de obra pública en los diversos órdenes de gobierno. La corrupción y las prácticas derivadas de estas es una amenaza que incide en el capital humano de la una organización. La ausencia de ética laboral y valores en el comportamiento del capital humano afectan en el crecimiento de la organización.

## Corrupción

En acuerdo con (Argondoña). “Grave problema social, político, económico, legal y ético que afecta y debe preocupar tanto a instituciones públicas como a empresas privadas”, es el abuso de una posición de confian-

za para la obtención de un beneficio deshonesto. Esta se delimita en una serie de dimensiones comunes que podrán derivar en corrupción: intercambio de influencias, desvaloración de las normas, abuso de poder, ausencia de víctimas directas, secretismo

### Psicología Organizacional

Según ( Llamas Pérez & Martínez Ramírez, 2005) es la psicología que se encarga de evaluar, predecir, controlar y modificar el comportamiento humano dentro de las organizaciones con el fin de incrementar la satisfacción personal y de la organización.

### Cultura Organizacional

De acuerdo con (Lewin, 2008) es un conjunto de suposiciones, creencias, valores y normas que comparten sus miembros. Crea el ambiente humano en el que los empleados realizan su trabajo. Puede existir en una organización entera o bien referirse al ambiente de una división, filial, planta o departamento

### Desarrollo Organizacional

“Un proceso de cambios planeados en sistemas socio técnicos abiertos, tendientes a aumentar la eficacia y salud de la organización para asegurar el crecimiento mutuo de la empresa y sus empleados”. ( Llamas Pérez & Martínez Ramírez, 2005).

### Programas Organizacionales

Programas diseñados para fomentar, aumentar y perpetuar las habilidades, conocimientos, aptitudes, competencias y valores, que la empresa requiere de su gente para cumplir su razón de ser, y lograr cumplir la visión organizacional que se ha planteado. (AR PYMES).

### Metodología

Se tomó como base para la investigación el método mixto predominante cualitativo, que presenta un diseño exploratorio secuencial y que es útil para explorar un fenómeno y expandir los resultados. (Hernandez Sampieri, 2014). Así el diseño exploratorio



Ilustración 1. Diseño exploratorio secuencial derivativo de tres etapas. Diseño propio basado en Sampieri.

ratorio secuencial se integra de 3 etapas (ver ilustración 1).

### Descripción del Instrumento

El “Instrumento de Autodiagnóstico para las Empresas” propuesto por la Fundación del Empresariado Chihuahuense, A.C. (FECHAC, 2013) que funciona como una herramienta de diagnóstico de las fortalezas y debilidades a través de la segregación de la naturaleza y dinámica de la pequeña empresa en 3 áreas fundamentales, cada una con 15 indicadores (1) Calidad de vida en la empresa (2) Compromiso con la comunidad (3) Competitividad de la empresa y su relación con sus involucrados. Enfocamos las áreas fundamentales a la muestra seleccionada de acuerdo a la relación que tiene cada puesto con el área.

Población: 100 personas

Muestra: 40 personas

- 10 directivos (1)
- 10 vendedores (2)
- 20 albañiles (3)

Para el procesamiento de la información se utilizó la agrupación de datos en la cual se interpretan los resultados obtenidos del cuestionario.

### Conclusiones

Los datos cuantitativos obtenidos muestran las fortalezas y debilidades y si las personas cuestionadas son corruptibles o poco corruptibles. Los

datos cualitativos arrojan la forma de corrupción que se presenta.

### • Calidad de vida en la empresa

En la presente grafica se considera que el 65 % de los directivos tienen una buena calidad de vida por lo tanto es poco corruptible. (ver ilustración 2). Los indicadores más débiles son D1 (mala organización del trabajo en equipo) y (D2 inadecuadas posiciones ejecutivas o directivas). Por lo tanto, estas malas prácticas ocasionan un mal abuso de poder.



**• Compromiso con la comunidad**

La grafica muestra que el 51% de los vendedores tiene un mal compromiso con la comunidad por lo tanto sí es corruptible (ver ilustración 3). Los indicadores más débiles son D3 (apoyos con recursos no financieros), D4 (donativos en efectivo para causas sociales) y D5 (causas filantrópicas de su persona). Dicho lo anterior, se puede identificar que estas acciones pueden hacer que los vendedores tomen actitudes como el secretismo.



Ilustración 3. Compromiso con la Comunidad

**• Competitividad y relación con los involucrados**

De acuerdo a la gráfica, se considera que el 57% de los albañiles tienen relación con los involucrados por lo tanto son poco corruptibles. (ver ilustración 4). Los indicadores más débiles de los albañiles son D6 (no muy sólidas las políticas para prevenir la corrupción), D7 (falta de solidez en la política de equidad en selección y pago), D8 (programas de apoyo y cooperación a proveedores). Dichas acciones ocasionan falta de cultura organizacional.



Ilustración 4. Competitividad de la empresa y relación con sus involucrados

El área de la ciencia que se definió por medios conceptuales fue la psicología organizacional que nos ayudará a desarrollar el Programa Organizacional Anticorrupción que tendrá como base el desarrollo organizacional y como objetivo la implementación de estrategias diseñadas a partir de un FODA (ver ilustración 5) en la pequeña empresa constructora.

FODA ESTRATEGICO		
<b>Amenazas</b> A1 Regulaciones inconsistentes por parte del gobierno A2 Costos poco claros establecidos por el gobierno A3 Poca disposición de los clientes a pagar costos elevados A5 Tasa de población altas		<b>Debilidades</b> D1 Mala organización del trabajo en equipo D2 Inadecuadas posiciones ejecutivas o directivas D3 Apoyos con recursos no financieros D4 Donativos en efectivo a causas sociales D5 Causas filantrópicas de su persona D6 No muy sólidas las políticas para prevenir la corrupción D7 Falta de solides en la política de equidad en selección y pago D8 No cuentan con programas de apoyo y cooperación a proveedores
<b>Fortalezas</b> F1 Manejo con respeto liquidaciones y despidos F2 Cuentan con programas para estimular y reconocer al personal F3 Promueven la filantropía, participación y responsabilidad social F4 Interviene para remediar sus necesidades e impulsar su desarrollo a la comunidad F5 Sistematización del conocimiento	<b>Oportunidades</b> O1 Nuevas tecnologías O2 Redes sociales y aplicaciones para la construcción O3 Programas de capacitación IECA O4 Modelo construyendo y creciendo de la fundación del mismo nombre	
A5, F4 F5, F6, A2, A3 F4, A3	O3, F7 A1, O1 O2, F7 F6, O1	F2, D8 F3, D6 F1, D7 F8, D, 1 F3, D5. F2, F3, D3 F3, D4 O4, D3 O3, D2, D1 O1, D4

Ilustración 5. Diseño propio

**Estrategias**

1. Consejería profesional individualizada para que los empleados compartan sus valores, destrezas e intereses.
2. Realización de campañas entre los empleados para apoyar causas sociales.
3. Campaña “Tu valor, mi valor” donde se realizarán capacitaciones con todos los integrantes de la empresa para el desempeño laboral con base en valores.
4. Programas Internos de capacitación con enfoque en aplicaciones móviles en las áreas de dirección y ventas en el Instituto Estatal de Capacitación (IECA).
5. Programa formal de mentores para la sistematización del conoci-

miento.

6. Plan que identifique las competencias de las altas posiciones, y desarrolle a los empleados que potencialmente pueden ser ideales para dichas posiciones.

7. Implementación del Modelo “Construyendo y Creciendo” para los albañiles, en donde se les capacite para seleccionar un programa de estudio y pueda obtener un mejor puesto.

**Bibliografía y Referencias**

Llamas Pérez, G. A., & Martínez Ramírez, M. d. (2005). “PLAN DE DESARROLLO ORGANIZACIONAL CON LA INCLUSIÓN DE JÓVENES EN LA CIENCIA, 46-51.

AR PYMES. (s.f.). Obtenido de <http://www.arpymes.com.mx/services/dorganizacion-porganizacionales.html>

Argondoña, A. y. (s.f.). Cuadernos de la Catedra de “La Caixa” de Responsabilidad Social Empresarial y Gobierno Corporativo.

Au, I. d. (s.f.). Obtenido de [http://www.fechac.org/pdf/instrumento\\_de\\_autodiagnostico\\_de\\_rse\\_para\\_las\\_empresas.pdf](http://www.fechac.org/pdf/instrumento_de_autodiagnostico_de_rse_para_las_empresas.pdf)

Economista, E. (18 de mayo de 2015). Construcción, sector más sensible a corrupción. Obtenido de <http://eleconomista.com.mx/estados/quereataro/2015/05/18/construccion-sector-mas-sensible-corrupcion>

expok. (10 de Diciembre de 2014). expok. Obtenido de <http://www.expoknews.com/construyendo-y-creciendo-brinda-oportunidades-educativas-a-trabajadores-de-la-construccion/>

FECHAC. (Octubre de 2013). Instrumento de Auto-diagnostico para las Empresas. Obtenido de [http://www.fechac.org/pdf/instrumento\\_de\\_autodiagnostico\\_de\\_rse\\_para\\_las\\_empresas.pdf](http://www.fechac.org/pdf/instrumento_de_autodiagnostico_de_rse_para_las_empresas.pdf)

Hernandez Sampieri, R. F. (2014). Metodología de la Investigación. Mexico. DF: McGrawHill.

I, M. (11 de Julio de 2013). La lucha contra la corrupción, una perspectiva empresarial. CNN Expansion .

J.R, A. (2015). Corrupcion principal amenaza en Mexico. FORBES MEXICO.

Lewin, K. (7 de Marzo de 2008). LosRecursosHumanos.com. Obtenido de <http://www.losrecursoshumanos.com/cultura-organizacional-concepto/>

## La Semana Nacional de Ciencia y Tecnología surgió en 1994 de la Alianza Norteamericana para el Entendimiento Público de la Ciencia y la Tecnología

Del 05 al 11 de Octubre se llevó a cabo la Semana Nacional de Ciencia y Tecnología la cual tiene como misión comunicar simultánea e intensivamente en todo el país durante una semana el conocimiento científico, tecnológico y su innovación a diversos segmentos y sectores de público para fomentar vocaciones científico tecnológicas y mejorar la percepción pública de la ciencia, la tecnología y la innovación en el marco de la Sociedad del Conocimiento.

El tecnológico Nacional de México tuvo su participación presentando algunos proyectos de investigación y desarrollo tecnológico realizados por alumnos de diferentes Institutos, teniendo la honorable presencia en la inauguración del gobernador del estado Dr. Juan Manuel Carreras López, Dr. Enrique Cabrero Mendoza, director del CONACyT Mtro. Manuel Quintero Quintero, director de Tecnológico Nacional de México, Dra. Yesica Saavedra Imelda Benítez, Directora de Posgrado, Investigación e Innovación del Tecnológico Nacional de México.

