

Memorias del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Hidalgo 2020



Elibro online con ISSN
1946-5351, Vol. 12, No. 7, 2020

Hidalgo, México
Octubre 14 al 16, 2020
www.AcademiaJournals.com

Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Hidalgo 2020

CERTIFICADO

otorgado a

Diana López Lucio
María Guadalupe Navarro Rojero
Raúl Pérez Bustamante

por su artículo intitulado

Diseño e implementación de un sistema cotización en la línea de corte por láser para materiales metálicos empleados en la manufactura de componentes automotrices

Artículo No. H240

La ponencia de este artículo fue presentada en el congreso llevado a cabo los días 14 al 16 de octubre del año 2020. El artículo fue incluido en las siguientes publicaciones: (1) Volúmenes online con [ISSN 1946-5351](#), Vol. 12, No. 7 online e indexación en [Fuente Académica Plus de EBSCOHOST de Ipswich, Massachusetts, Estados Unidos](#) y (2) E-book libro electrónico online intitulado *Investigación en la Educación Superior - Hidalgo 2020*, con [ISBN 978-1-939982-56-8 online](#). Ambas publicaciones tienen enlaces para su libre acceso en el portal [AcademiaJournals.com](#).

El congreso se organizó en colaboración entre la Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo y Academia Journals.



Dr. Rafael Moras
Editor, Academia Journals

Diseño e implementación de un sistema cotización en la línea de corte por láser para materiales metálicos empleados en la manufactura de componentes automotrices

Diana López Lucio¹, María Guadalupe Navarro Rojero¹, Raúl Pérez Bustamante²

Resumen—La constante evolución en los sistemas de manufactura empleados por diferentes industrias implica una inherente evolución en los sistemas organizacionales de las empresas, que tienen como deber considerar las necesidades de sus clientes y el correspondiente cumplimiento de sus expectativas. Dentro de tales expectativas, el tiempo destinado a la cotización de servicios y el flujo de actividades que este implica, presenta una ventana de oportunidad para su constante optimización, derivado de la adquisición de tecnologías de vanguardia en sus líneas de manufactura. Especialmente en el sector automotriz, la interdependencia entre compañías proveedoras de servicios de manufactura y ensambladoras, hacen indispensable la presencia de sistemas ágiles de cotización de tales servicios. Esta necesidad es abordada en el presente estudio, mediante el diseño e implementación de un sistema de cotización para el área de corte por láser en materiales metálicos disponible en una compañía del sector automotriz. El cambio en el sistema representa una reducción considerable del tiempo de cotización de este servicio cuyo análisis y respectivos beneficios son abordados en la presente investigación.

Palabras clave—Sistema de cotización; manufactura; corte por láser

Introducción

La industria, especialmente en aquella perteneciente al sector automotriz, presenta un dinamismo que involucra la constante exigencia de respuestas eficientes en relación con la demanda de servicios, fabricación de productos y los tiempos de entrega involucrados (Buxmann et al., 2004; Wedeniwski, 2015). Esto implica, una adaptabilidad de las empresas en nuevas estrategias que incrementen su productividad minimice problemas y agilicen la comunicación interna (Fessl et al., 2010).

En este programa de adaptabilidad, las empresas contemplan el establecimiento y administración de sistemas productivos y de servicios, desde un punto de vista global (Chan, Law, & Chan, 2003; Lubarski, 2018); es decir, considerando la versatilidad de un mercado cambiante, que permite y fomenta la implementación de cambios en el diseño de metodologías laborales, con el propósito de incrementar su productividad (ElHafsi, 2000). Asimismo, ofrecen como parte de sus servicios, el uso de tecnologías de vanguardia, donde es necesario generar nuevas metodologías para recolección y manipulación de la información que propicien un mejor flujo de operaciones y control interno que se lleva cabo en los actuales mapas de procesos.

Dentro de las particularidades que contemplan estos nuevos cambios, los sistemas de cotización de productos y servicios deben optimizarse constantemente, considerando la adquisición de nuevas tecnologías y las respectivas demandas de los clientes (Feng & Zhang, 2017). Específicamente, para este caso la implementación de nuevas capacidades en procesos de manufactura, su puesta en marcha, así como el ofrecimiento de sus capacidades al público, implica el estudio de estos sistemas para llevar a cabo un mapeo de las nuevas capacidades de la empresa (Plambeck & Ward, 2008). Con ello se obtienen los parámetros que hay que controlar en la optimización de dichos procesos.

Por los motivos anteriores, la presente investigación contempla la implementación y puesta en marcha de un sistema de cotización, para el sistema de corte por láser disponible en una empresa de manufactura de componentes metálicos, para el sector automotriz. Para el desarrollo de este sistema y la evaluación de los factores de corrección necesarios en las formulaciones necesarias para estimar las velocidades de corte, se tomaron en cuenta las capacidades del equipo en función de diferentes geometrías y espesores en su capacidad de corte.

¹ Centro de Tecnología Avanzada A.C. (CIATEQ) San Agustín del Retablo 150, Constituyentes Fovissste, 76150 Santiago de Querétaro, Qro. México

² CONACYT-Corporación Mexicana de Investigación en Materiales, (COMIMSA). Eje 126 225, Industrial San Luis, 78395 San Luis, S.L.P. México

Procedimiento experimental

Sistema de cotización

En el desarrollo del proceso experimental, se hace una comparación entre el sistema de cotización actual (SCA) y el sistema de cotización ideal (SCI) propuesto en esta investigación. En el SCA, previo a llevar a cabo el proceso de corte, se registra la solicitud de cotización, se evalúa el requerimiento y se desarrolla el plano de fabricación en un sistema CAD para estimar los tiempos de corte. Los tiempos y costos de la cotización están en función de las características de los materiales, con relación al espesor y tipo de material, lo que permite obtener el costo del servicio por cada kilogramo. El archivo generado en CAD se envía al departamento de diseño y el costo de fabricación se estima de acuerdo con la siguiente ecuación para el tiempo de corte laser real:

$$\text{Costo corte laser real} = TRn \quad (1)$$

donde **TR** es el tiempo de corte real; **n** es el precio por segundo de corte

Posteriormente, la información es integrada y registrada para luego ser transcrita y comunicada al cliente.

Proceso de corte por laser

Aun cuando sea relativamente nuevo para algunos, el corte asistido por aire ha existido casi por 20 años. Los fabricantes de máquinas herramienta empezaron a investigar y desarrollar el proceso desde 1998. Desde aquella época, el uso de aire como gas auxiliar ha seguido su firme aumento de popularidad entre los usuarios de láser de fibra y de CO₂ por igual. La calidad era una gran limitación cuando se introdujo el aire comprimido para láseres de CO₂, pero eso ha mejorado significativamente. Actualmente el método asistido por aire es un método popular y eficiente para cortar diversos materiales, incluso acero inoxidable y aluminio.

Tabla I. Calibres, peso estimado y velocidad de corte láser en materiales metálicos empleados en el estudio.

Acero inoxidable 304			Acero al carbono A36		
Calibre (pg ²)	PE planar kg/m ²	Velocidad de corte (mm/s)	Calibre (pg ²)	PE planar kg/m ²	Velocidad de corte (mm/s)
3/4"	149.35	2.54	3/4"	149.35	63.22
5/8"	124.58	2.54	5/8"	124.58	52.74
1/2"	99.66	5.08	1/2"	99.66	42.19
3/8"	74.75	12.70	3/8"	74.75	31.64
5/16"	62.29	19.05	5/16"	62.29	26.37
1/4"	49.83	29.63	1/4"	49.83	21.09
3/16"	37.37	42.33	3/16"	37.37	15.82
10	27.471	50.80	10	27.471	11.63
12	21.007	59.27	12	21.007	8.89
14	15.262	71.97	14	15.262	6.46
16	12.21	76.20	16	12.21	5.17
18	9.768	84.67	18	9.768	4.14
20	7.326	93.13	20	7.326	3.10

El sistema de corte por láser empleado en esta investigación se utiliza en el proceso de corte de piezas metálicas. El láser incluye además un sistema de gas presurizado que asiste en la penetración del material a cortar dependiendo de su naturaleza. El sistema esta automatizado y programado para el corte de placas metálicas, entre otros materiales, sin

embargo, para la realización del presente artículo solo se evaluarán los efectos de corte en los materiales A36 e inoxidable 304. La materia prima, que es recibida y considerada en este proceso de manufactura, es utilizada en diferentes formatos o dimensiones de placa o lámina, así como espesores, tal cual se observa en la Tabla I.

De los materiales seleccionados se hicieron cortes con las geometrías mostradas en la Fig. 1, que considera, corte circular, corte de un perfil rectangular y la suma de corte de los perímetros de ambas geometrías. Adicionalmente, la Fig. 2, muestra fotografías representativas en vista isométrica (Fig. 2a) y superior (Fig.2b) de los cortes realizados sobre una placa de acero al carbono.

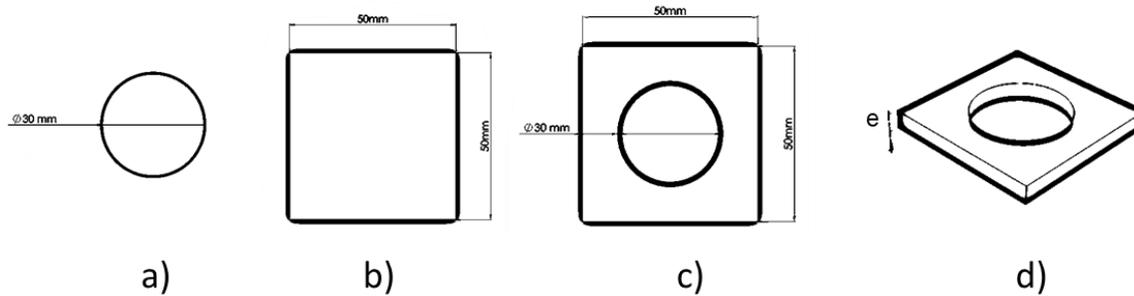


Figura 1. Geometrías definidas para el análisis de corte por láser. Se consideran (a) corte circular, (b) corte rectangular y (c, d) corte combinado.

Como se observa en la Fig. 2, el sistema de corte por láser penetra completamente el material de acuerdo con las geometrías previamente seleccionadas y almacenadas en un sistema CAD, obteniendo una alta precisión en el corte y cuya velocidad de avance depende del material y de su espesor, como se muestra en la Tabla I.

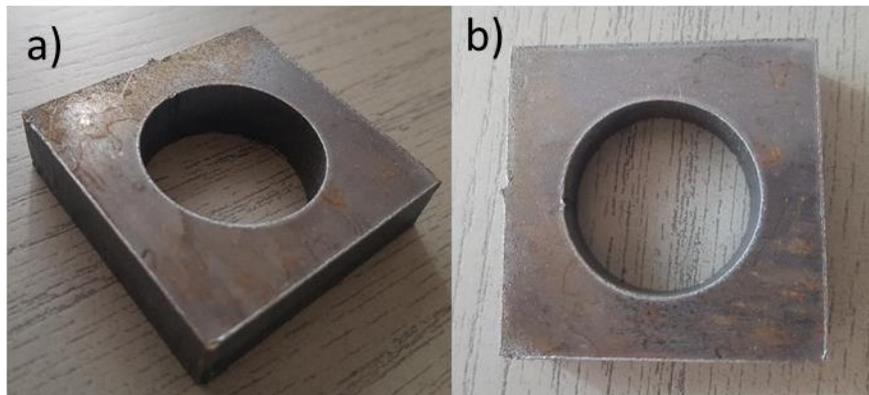


Figura 2. Vistas (a) isométrica y (b) superior de imágenes representativas de los cortes circulares y rectangulares llevados a cabo en el presente estudio. El círculo mostrado en cada imagen, tiene un perímetro de 94.248mm, mientras que el del corte rectangular es de 200mm. La suma de ambos perímetros es de un total de 294.248mm.

Resultados

En un Sistema de Cotización Ideal, la solicitud deberá ser registrada para poder evaluar el requerimiento del cliente de acuerdo con el formato establecido, elaborando posteriormente el diseño CAD y sirviendo de base para el análisis de tiempos y costos de fabricación de acuerdo con los perímetros de las diferentes geometrías solicitadas por el cliente para ser fabricadas mediante el proceso de corte por láser. Esto permitirá integrar la información en un documento digital con un código de seguimiento.

Para la creación de éste se vaciaron los datos de los catálogos, parámetros y criterios necesarios para la generación de una cotización, con la finalidad que este nuevo sistema propicie la agilización de los procesos de consulta y selección

de la información requerida. Alguno de los datos que se pueden consultar en esta base de datos son: los tiempos de fabricación de corte láser, los precios de la materia prima, así como los precios de las operaciones de manufactura auxiliares, en caso de ser requeridas. Esta operación, finalmente se traduce en clientes satisfechos que obtienen la información solicitada de forma casi inmediata para poder tomar decisiones más certeras.

Uno de los retos más significativos en el desarrollo de este sistema de cotización ha sido el evaluar el tiempo real de corte láser sin tener que enviarlo al equipo de corte, con este propósito se evaluó el tiempo teórico de corte láser, por medio de la formulación para el tiempo teórico de corte laser.

$$TT = \frac{d}{v} \quad (2)$$

donde TT es el tiempo teórico de corte; v es la velocidad de corte teórica tomado de la tabulación ofrecida por el proveedor del equipo para cortar cada material y d es el perímetro total de la pieza a cortar, también conocida como longitud de corte.

De esta forma surge un nuevo problema a resolver, la discrepancia entre los valores de TR (Tiempo Real de corte Láser) y TT (Tiempo Teórico de corte laser) motivo por el cual surge la necesidad de determinar un factor de corrección δ , que cumpla la aproximación $TR \approx \delta TT$ y así evaluar el parámetro TR de forma certera, ya que éste es la base para calcular el costo de la operación de corte láser.

Para determinar el factor de corrección, se llevó a cabo el análisis de tiempo de corte real realizado por el equipo de corte láser para fabricar las figuras a), b) y c) mostradas en la Figura 1, y éste se comparó con el tiempo teórico de corte. Con la finalidad de obtener las formulaciones adecuadas para cada uno de los espesores utilizados en los procesos de manufactura de la empresa, se realizaron los cortes mostrados en la Tabla IV, mientras que en la Tabla II se muestran los significados de la nomenclatura utilizada a lo largo del documento.

Tabla II. Nomenclatura para tiempos de corte y factor de corrección

Acotaciones	
TR	Tiempo Real de corte Laser (segundos)
TT	Tiempo Teórico de corte laser (segundos)
δ	Factor de corrección (adimensional)

Cabe destacar que en la Tabla IV, se resume parte de la experimentación realizada para obtener las formulaciones que nos permiten aproximar el valor de δ en función del perímetro de control, sin embargo, para ejemplificar de forma más clara parte de la metodología, se desarrollarán los valores obtenidos para los modelos cortados en acero Inoxidable 304 con el espesor de $\frac{3}{4}$ ", mostrados en la Tabla III, explicando paso a paso en qué consiste cada uno.

Tabla III. Nomenclatura para tiempos de corte y factor de corrección

Calibre (pg ²)	Acero inoxidable 304 (tiempo de corte en s) para A=Circulo; B=Cuadrado; C=Combinado				Ecuación
		A	B	C	
3/4"	TR	81.00	123.00	204.00	$\delta = 4E-05p^2 - 0.0176p + 3.4885$ $R^2 = 1$
	TT	37.11	78.74	115.85	
	δ	2.18	1.56	1.76	

Lo primero que se realizó, fue el corte de las geometrías identificadas con las letras A, B y C de la Figura 1 en la máquina, para obtener los tiempos reales de corte, identificados en la fila TR de la Tablas III y IV, después se aplicaron las fórmulas para obtener los valores de TT , que se obtienen de despejar el tiempo de la igualdad $v = \frac{d}{t}$, como se plantea a continuación, en las ecuaciones 3,4 y 5.

$$TT_A = \frac{d}{v} = \frac{94.248\text{mm}}{2.54 \text{ mm/s}} = 37.11\text{s} \quad (3)$$

$$TT_B = \frac{d}{v} = \frac{200\text{mm}}{2.54 \text{ mm/s}} = 78.74\text{s} \quad (4)$$

$$TT_A = \frac{d}{v} = \frac{294.248\text{mm}}{2.54 \text{ mm/s}} = 115.85\text{s} \quad (5)$$

Después se determinaron los valores del factor de corrección (δ), como se muestra en 6, 7 y 8:

$$\delta = \frac{TR_A}{TT_A} = \frac{81}{37.11} = 2.18 \quad (6)$$

$$\delta = \frac{TR_B}{TT_B} = \frac{123}{78.74} = 1.56 \quad (7)$$

$$\delta = \frac{TR_C}{TT_C} = \frac{204}{115.85} = 1.76 \quad (8)$$

En seguida se graficaron, los valores del factor de corrección con respecto al perímetro, como se observa en la Fig. 3

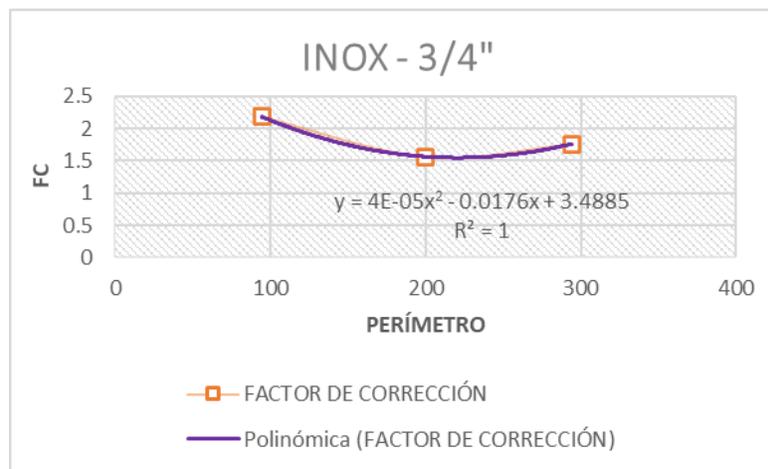


Figura 3. Resultados del factor de corrección para cada figura de control

Aquí se puede apreciar cómo es el comportamiento de este parámetro para después seleccionar la función que se ajuste a estos valores para poder predecir valores futuros y así aproximar los valores de TR sin tener que recurrir a la máquina de corte láser.

Finalmente, se obtiene la función $\delta = 4E - 05p^2 - 0.0176p + 3.4885$ en la cual se hacen los cambios de variables correspondientes para y , x por δ , p respectivamente.

Tabla IV. Nomenclatura para tiempos de corte y factor de corrección

Calibre (pg ²)		Acero inoxidable 304 (tiempo de corte en s) para A=Circulo; B=Cuadrado; C=Combinado				Acero al carbono A36 (tiempo de corte en s) para A=Circulo; B=Cuadrado; C=Combinado			
		A	B	C	Ecuación	A	B	C	Ecuación
3/4"	TR	81.00	123.00	204.00	$\partial = 4E-05p^2 - 0.0176p + 3.4885$ $R^2 = 1$	28.00	69.00	97.00	$\partial = -3E-05p^2 + 0.0138p + 1.9948$ $R^2 = 1$
	TT	37.11	78.74	115.85		9.28	19.69	28.96	
	δ	2.18	1.56	1.76		3.02	3.51	3.35	
5/8"	TR	81.00	123.00	204.00	$\partial = 4E-05p^2 - 0.0176p + 3.4885$ $R^2 = 1$	25.00	67.00	92.00	$\partial = -5E-05p^2 + 0.0235p + 1.4059$ $R^2 = 1$
	TT	37.11	78.74	115.85		7.95	16.87	24.82	
	δ	2.18	1.56	1.76		3.14	3.97	3.71	
1/2"	TR	31.00	56.00	87.00	$\partial = 2E-05p^2 - 0.0076p + 2.1935$ $R^2 = 1$	9.00	20.00	29.00	$\partial = -5E-06p^2 + 0.002p + 1.3473$ $R^2 = 1$
	TT	18.55	39.37	57.92		6.02	12.77	18.79	
	δ	1.67	1.42	1.50		1.50	1.57	1.54	
3/8"	TR	20.00	33.00	53.00	$\partial = 4E-05p^2 - 0.017p + 3.9556$ $R^2 = 1$	6.00	18.00	24.00	$\partial = -4E-05p^2 + 0.019p + 0.2103$ $R^2 = 1$
	TT	7.42	15.75	23.17		3.71	7.87	11.58	
	δ	2.70	2.10	2.29		1.62	2.29	2.07	
5/16"	TR	11.00	21.00	32.00	$\partial = 1E-05p^2 - 0.0063p + 2.6926$ $R^2 = 1$	5.00	9.00	14.00	$\partial = 2E-05p^2 - 0.0068p + 2.0738$ $R^2 = 1$
	TT	4.95	10.50	15.45		3.18	6.75	9.93	
	δ	2.22	2.00	2.07		1.57	1.33	1.41	
1/4"	TR	6.00	13.00	19.00	$\partial = -3E-06p^2 + 0.0011p + 1.8031$ $R^2 = 1$	5.00	7.00	12.00	$\partial = 4E-05p^2 - 0.0173p + 3.0822$ $R^2 = 1$
	TT	3.18	6.75	9.93		2.78	5.91	8.69	
	δ	1.89	1.93	1.91		1.80	1.19	1.38	
3/16"	TR	4.00	7.00	10.00	$\partial = 1E-05p^2 - 0.0067p + 2.3152$ $R^2 = 1$	3.00	6.00	9.00	$\partial = 5E-06p^2 - 0.0024p + 1.6615$ $R^2 = 1$
	TT	2.23	4.72	6.95		2.02	4.29	6.32	
	δ	1.80	1.48	1.44		1.48	1.40	1.42	
10	TR	3.00	6.00	10.00	$\partial = 2E-05p^2 - 0.0053p + 1.9852$ $R^2 = 1$	3.00	5.00	8.00	$\partial = 3E-05p^2 - 0.0115p + 2.7378$ $R^2 = 1$
	TT	1.86	3.94	5.79		1.59	3.37	4.96	
	δ	1.62	1.52	1.73		1.89	1.48	1.61	
12	TR	3.00	5.00	8.00	$\partial = 3E-05p^2 - 0.0115p + 2.7378$ $R^2 = 1$	3.00	5.00	8.00	$\partial = 3E-05p^2 - 0.0131p + 3.1289$ $R^2 = 1$
	TT	1.59	3.37	4.96		1.39	2.95	4.34	
	δ	1.89	1.48	1.61		2.16	1.69	1.84	
14	TR	3.00	4.00	7.00	$\partial = 5E-05p^2 - 0.0242p + 4.0811$ $R^2 = 1$	3.00	4.00	7.00	$\partial = 6E-05p^2 - 0.027p + 4.5612$ $R^2 = 1$
	TT	1.31	2.78	4.09		1.17	2.49	3.66	
	δ	2.29	1.44	1.71		2.56	1.61	1.91	
16	TR	2.00	4.00	6.00	$\partial = 6E-06p^2 - 0.0026p + 1.8126$ $R^2 = 1$	2.00	4.00	6.00	$\partial = 7E-06p^2 - 0.0029p + 2.014$ $R^2 = 1$
	TT	1.24	2.62	3.86		1.11	2.36	3.48	
	δ	1.62	1.52	1.55		1.80	1.69	1.73	
18	TR	2.00	3.00	5.00	$\partial = 3E-05p^2 - 0.0149p + 2.9041$ $R^2 = 1$	2.00	3.00	5.00	$\partial = 4E-05p^2 - 0.0179p + 3.485$ $R^2 = 1$
	TT	1.11	2.36	3.48		0.93	1.97	2.90	
	δ	1.80	1.27	1.44		2.16	1.52	1.73	
20	TR	1.00	3.00	4.00	$\partial = -3E-05p^2 + 0.0116p + 0.1285$ $R^2 = 1$	2.00	3.00	5.00	$\partial = 4E-05p^2 - 0.0179p + 3.485$ $R^2 = 1$
	TT	1.01	2.15	3.16		0.93	1.97	2.90	
	δ	0.99	1.40	1.27		2.16	1.52	1.73	

Gracias al desarrollo de este sistema se tiene un control y seguimiento de las cotizaciones solicitadas por los clientes en tiempo casi real, lo que se traduce en clientes más satisfechos al tener a la mano la información necesaria para tomar decisiones, lo que aunado a esto produce más recomendaciones del negocio que en definitiva propicia la llegada de nuevos clientes y proyectos.

Otro de los aspectos positivos de la implementación de este sistema es que el operador de la máquina de corte láser dispone de mayor tiempo para monitorear sus procesos y reducir los desperdicios generados, ya que anteriormente tenía que dividir su tiempo entre revisar correos, simular procesos para determinar los tiempos necesarios para la cotización y la operación de su máquina para abastecer el área de producción.

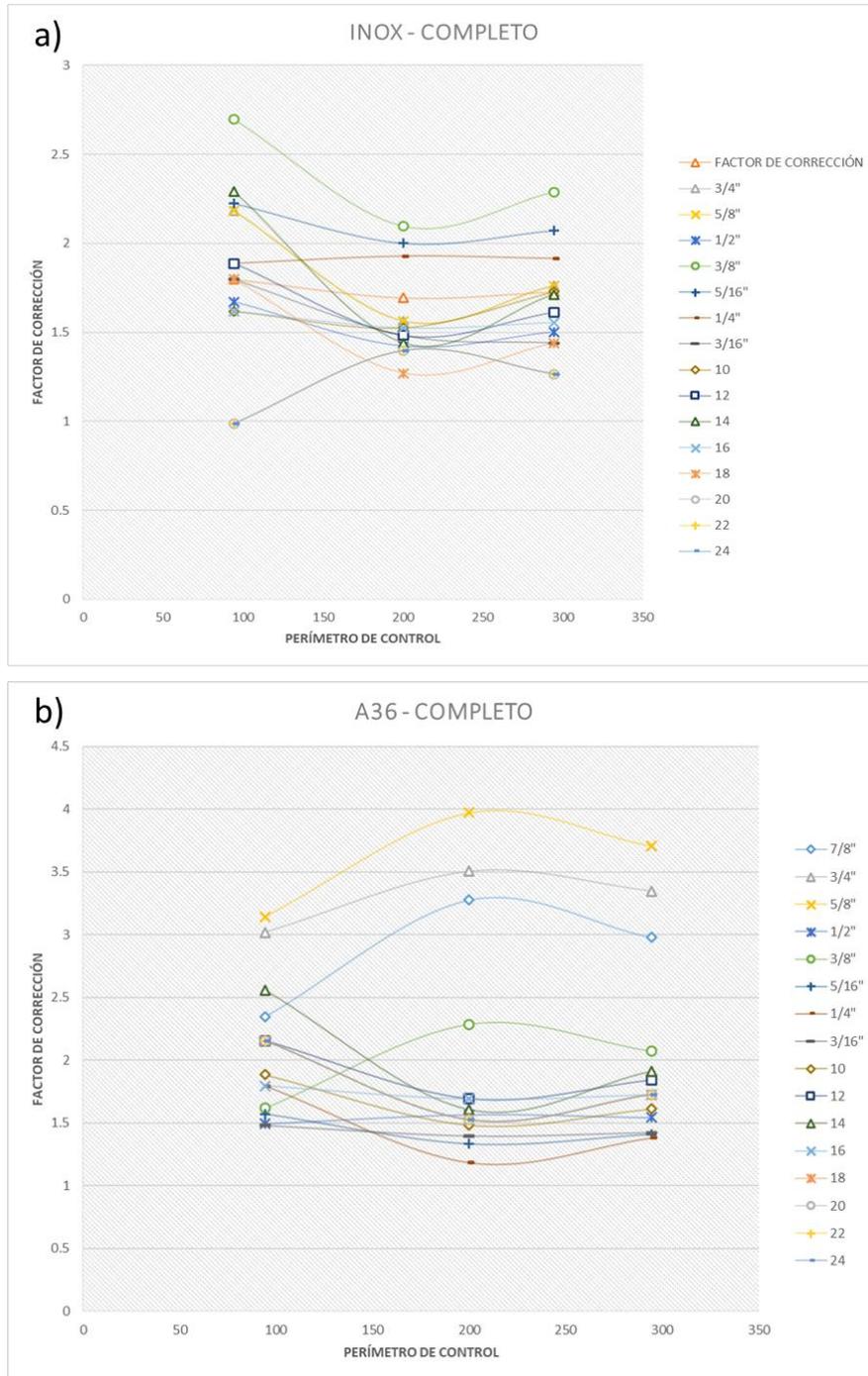


Figura 4. Resultados del factor de factores de corrección, para los aceros Inoxidable 304 y A36 respectivamente.

Uno de los beneficios tecnológicos que se tiene con el nuevo sistema de cotizaciones, es el desarrollo e implementación de una herramienta que sin duda alguna se convierte en una ventaja competitiva, por su simpleza y solución integradora de toda la información que se consulta para la generación de una cotización en una base de datos.

Evaluando el tiempo ahorrado con la implementación del nuevo Sistema de Cotizaciones, es de un 20% -40% con respecto a corridas pequeñas, lo que implica la cotización de máximo tres piezas en el proceso, mientras que puede

llegar a ser hasta de un 70% en corridas mayores a tres piezas. En la Fig. 4 se muestran las curvas descritas por los factores de corrección, para los aceros Inoxidable 304 y A36 respectivamente.

Conclusiones

La investigación realizada en una empresa que manufactura componentes para la industria automotriz, tuvo como objetivo optimizar el proceso de cotización en el servicio de corte por láser. Para tal propósito se llevaron a cabo los estudios en placas de acero al carbono e inoxidable de diferentes calibres. El procedimiento planteado permite un mejor control interno con la consecuente reducción de tiempos de muertos. Se espera que este estudio sirva de base para futuras investigaciones, relacionadas con el proceso de corte láser y otras técnicas de manufactura.

Agradecimientos

Agradezco el apoyo proporcionado por CIATEQ para realizar la siguiente investigación.

Referencias

- Buxmann, P., König, W., Fricke, M., Hollich, F., Diaz, L. M., & Weber, S. (2004). Case Studies from the Automotive Industry. In P. Buxmann, W. König, M. Fricke, F. Hollich, L. M. Diaz & S. Weber (Eds.), *Inter-organizational Cooperation with SAP Solutions: Design and Management of Supply Networks* (pp. 141-222). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Chan, S. F., Law, C. K., & Chan, K. K. (2003). Computerised price quoting system for injection mould manufacture. *Journal of Materials Processing Technology*, 139(1), 212-218. doi: [https://doi.org/10.1016/S0924-0136\(03\)00222-X](https://doi.org/10.1016/S0924-0136(03)00222-X)
- ElHafsi, M. (2000). An operational decision model for lead-time and price quotation in congested manufacturing systems. *European Journal of Operational Research*, 126(2), 355-370. doi: [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(99\)00294-5](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(99)00294-5)
- Feng, J., & Zhang, M. (2017). Dynamic quotation of leadtime and price for a Make-To-Order system with multiple customer classes and perfect information on customer preferences. *European Journal of Operational Research*, 258(1), 334-342. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.08.050>
- Fessl, K., Carpenter, M., Oppl, S., Peherstorfer, P., Bittner, W., Owrak, A., . . . Stary, C. (2010). Automotive Industry Case Studies. In N. Mehandjiev & P. Grefen (Eds.), *Dynamic Business Process Formation for Instant Virtual Enterprises* (pp. 171-198). London: Springer London.
- Lubarski, A. (2018, 2018//). *Modular Sales – Using Concepts of Modularity to Improve the Quotation Process for B2B Service Providers*. Paper presented at the Exploring Service Science, Cham.
- Plambeck, E. L., & Ward, A. R. (2008). Optimal control of a high-volume assemble-to-order system with maximum leadtime quotation and expediting. *Queueing Systems*, 60(1), 1. doi: 10.1007/s11134-008-9085-6
- Wedeniowski, S. (2015). Strategy, Business Model and Architecture in Today's Automotive Industry. In D. S. Wedeniowski (Ed.), *The Mobility Revolution in the Automotive Industry: How not to miss the digital turnpike* (pp. 75-238). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.