



UNIVERSIDAD DE CUENCA



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“MODELO ESTADÍSTICO PARA PRONOSTICAR EL PORCENTAJE DE
ÉXITO EN UNA IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN
MANUFACTURING: 5 S, KANBAN, GERENCIA VISUAL Y TRABAJO
ESTANDARIZADO”**

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR: JONNATHAN FERNANDO RODRÍGUEZ CAMPOVERDE
010551884-9

DIRECTOR: MARIO PATRICIO PEÑA ORTEGA
030216814-1

MAYO 2017

CUENCA - ECUADOR



Modelo estadístico para pronosticar el porcentaje de éxito en una implementación de herramientas lean manufacturing: 5 s, kanban, gerencia visual y trabajo estandarizado

Jonathan Rodríguez¹, Mario Peña².

Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Químicas, Carrera de Ingeniería Industrial

Cuenca – Ecuador, Fecha de entrega: 5 de mayo de 2017

Resumen

Este ensayo académico se realiza con el objetivo de crear un modelo estadístico para pronosticar el éxito de una implementación de herramientas Lean Manufacturing: 5 S, Kanban, Gerencia visual y Trabajo Estandarizado, en la ciudad de Cuenca. Debido a diferentes circunstancias como el cambio cultural o compromiso en toda la organización, entre otros, los resultados requeridos no se han alcanzado por lo tanto las empresas pierden tiempo y dinero. Esta investigación ofrece una guía a las empresas que planifican adoptar la filosofía Lean Manufacturing a través de una función estadística que pronostica el éxito o fracaso de la implementación. En este estudio cuantitativo se utiliza el método de regresión logística binaria. Después de una revisión bibliográfica, las variables que en la mayoría de los casos garantizan el éxito de una implementación fueron seleccionadas y validadas. Luego, mediante la prueba de dependencia Chi cuadrado se determina que 10 variables independientes tienen correlación con la variable dependiente binaria. Pero, mediante el método de Pasos hacia delante de Wald, existen 3 variables que aportan estadísticamente al modelo. Con la prueba de Hosmer-Lemeshow de la bondad de ajuste se concluye que es un modelo aceptable. Finalmente, el grado de predicción global es de 92.3% demostrando que el modelo es confiable para pronosticar el éxito de una implementación. El procesamiento de datos se los realizó mediante el paquete estadístico IBM SPSS®.

Palabras clave: Lean Manufacturing, Pronóstico, Éxito, Implementación, Empresa.



Modelo estadístico para pronosticar el porcentaje de éxito en una implementación de herramientas lean manufacturing: 5 s, kanban, gerencia visual y trabajo estandarizado

Jonathan Rodríguez¹, Mario Peña².

Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Químicas, Carrera de Ingeniería Industrial

Cuenca – Ecuador, Fecha de entrega: 5 de mayo de 2017

Abstract

This academic essay is carried out with the objective of creating a statistical model to predict the success of an implementation of Lean Manufacturing tools: 5 S, Kanban, Visual Management and Standardized Work, in the city of Cuenca. Due to different circumstances such as cultural change or commitment throughout the organization, among others, the required results have not been achieved therefore companies waste time and money. This research provides guidance to companies planning to adopt the Lean Manufacturing philosophy through a statistical function that forecasts the success or failure of implementation. In this quantitative study the binary logistic regression method is used. After a bibliographic review, the variables that in most cases guarantee the success of an implementation were selected and validated. Then, through the Chi square dependency test, it is determined that 10 independent variables have correlation with the dependent variable binary. But, through the method of Steps forward of Wald, there are 3 variables that contribute statistically to the model. With the Hosmer-Lemeshow test of goodness of fit we conclude that it is an acceptable model. Finally, the overall prediction grade is 92.3%, demonstrating that the model is reliable for predicting the success of an implementation. Data processing was performed using the IBM SPSS® statistical package.

Keywords: Lean Manufacturing, Forecasting, Success, Implementation, Company.



INDICE

1. Introducción	7
1.1. Limitaciones	10
2. Materiales y Métodos	10
2.1. Muestra del Estudio	10
2.2. Metodología	10
2.3. Propuesta del modelo de regresión logística	15
2.4. Programas informáticos	15
3. Resultados	15
4. Conclusiones	24
Agradecimientos	26
Referencias Bibliográficas	27



Jonnathan Fernando Rodríguez Campoverde, autor/a del Trabajo de Titulación "Modelo Estadístico para pronosticar el porcentaje de éxito en una Implementación de herramientas Lean Manufacturing: 5 S, Kanban, Gerencia visual y Trabajo estandarizado", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero Industrial. El uso que la Universidad de Cuenca hiciera de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor/a

Cuenca, 5 de mayo de 2017

Jonnathan Fernando Rodríguez Campoverde

C.I: 010551884-9



Jonnathan Fernando Rodríguez Campoverde, autor/a del Trabajo de Titulación "Modelo Estadístico para pronosticar el porcentaje de éxito en una implementación de herramientas Lean Manufacturing: 5 S, Kanban, Gerencia visual y Trabajo estandarizado", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 5 de mayo de 2017

Jonnathan Fernando Rodríguez Campoverde

C.I: 010551884-9



1. Introducción

En el mundo, las empresas buscan aplicar metodologías que les permitan obtener ventajas competitivas. Empresas como: Ford®, John Deere®, Nike®, entre otras, han empleado Lean Manufacturing desarrollado por Toyota®, Progresslean (2016). Estudios como los planteados por Aguirre & Correa, (2014); Ávila-Portela & Londoño-Lemos, (2014); Escuder, Tanco, & Santoro, (2015) demuestran que la implementación de herramientas de mejora continua Lean Manufacturing brinda los resultados esperados, sin embargo, existen investigaciones presentadas por Espejo & Moyano, (2007); Prida & Grijalvo, (2007); Reyes, (2002) que indican lo contrario.

Con la investigación bibliográfica se encontraron estudios enfocados en cómo se deberían implementar las herramientas, Barbosa, Santos, & Dzul, (2013); Niño & Bednarek (2010), y otras investigaciones como las de Kumar, Kumar, Haleem, & Gahlot, (2013); Prado, García, Mejías, & Fernández, (2010), se enfocan en las características más importantes que aseguran el éxito en la implementación.

En la revisión de la literatura, además, se comprueba la creciente importancia de la gestión de los recursos humanos como factor estratégico para el éxito de una

implementación, Llorente (2007); Harman, Golhar, & Deshpande, 2002; Prado et al., (2010).

En los últimos años, en el medio local no se han obtenido los resultados esperados en la implementación de herramientas desarrolladas por Toyota®. Autores como González, Campos, Gonzales, Hidalgo, & Sánchez, (2012); Krajewski, Ritzman, & Malhotra, (2008), concuerdan que la implementación de herramientas Lean Manufacturing requiere tiempo y tiene un grado de dificultad relativamente elevado.

Además, los autores Alfra, (2016); Rey, (2002) coinciden en que las diferencias de culturas en las que fueron desarrolladas las herramientas de mejora continua, como un posible factor que dificulta la obtención de resultados.

Existen autores como Wu (2003); Llorente, (2007); van Riel, (2008), que señalan la falta de convicción o compromiso en este modelo por parte de los directivos como la causa principal para no implantarse en otras industrias.

También, los autores Gagnon & Michael (2003), han distinguido, una relación significativa entre el éxito en la implantación de Lean Manufacturing y la identificación por parte de los trabajadores con esta estrategia.



Del mismo modo, para Espejo & Moyano (2007); Llorente (2007), el papel de los mandos medios es fundamental, pero se los involucra de manera insuficiente en una implantación, de manera similar en varias guías de implementación de herramientas Lean Manufacturing, se consideran a los participantes de manera general, centrándose solamente en la gestión y participación directiva, Hernández Matías (2013); Miró & Iglesias (2012), pero hasta el momento no existen investigaciones que relacionen el involucramiento integral de los grupos que intervienen en una implementación (nivel directivo, nivel de supervisión, nivel operativo).

Después de analizar los problemas presentados en las organizaciones con la implementación de herramientas Lean Manufacturing, se reconoce la oportunidad de proponer una guía para las empresas manufactureras que permita pronosticar el éxito o fracaso de una implementación. De esta forma las organizaciones que pretendan invertir en la implementación de las herramientas Lean sabrán si se encuentran preparadas o no para aplicarlas dentro de sus sistemas, permitiéndoles ahorrar tiempo, dinero y esfuerzos.

Entonces, la pregunta de investigación responderá si es posible predecir el porcentaje

de éxito en una implementación de herramientas de mejora continua Lean Manufacturing: 5 S, Kanban, Gerencia visual y Trabajo Estandarizado en la ciudad de Cuenca.

En la investigación se determina que el modelo estadístico de regresión logística binaria es el más adecuado para el estudio, porque relaciona muchas variables independientes con una variable dependiente binaria y presenta cómo influye en la probabilidad de aparición de un suceso (dicotómico), la presencia o no de diversos factores, Berlanga & Vilà Baños (2014). En consecuencia, la metodología empleada en esta investigación será de carácter cuantitativo.

Además, las seis dimensiones de la cultura nacional reportadas por el antropólogo holandés Geert Hofstede (2010), fueron utilizadas para comparar las diferencias culturales entre los países que desarrollaron estudios sobre Lean Manufacturing.

Este ensayo académico toma como punto de partida a varios estudios que presentan variables clave para el éxito de una implementación Lean Manufacturing.

Existen investigaciones relevantes como las realizadas por los autores Mejías, Prado, García, & Fernández (2012), que proponen factores compuestos por variables clave. Los factores de ese estudio son: factores



emocionales o culturales, factores metodológicos de diseño y operativos.

Luego de la revisión literaria en la cual se determinaron las variables clave, el siguiente objetivo a realizar en este proyecto será seleccionar y validar las variables clave a través de un panel de expertos. En seguida, mediante entrevistas a profundidad con expertos en la implantación de herramientas Lean Manufacturing, se determina la importancia de cada variable en el éxito o fracaso de la implementación.

Para responder la pregunta de investigación se comprobará la siguiente hipótesis estadística: Existe correlación significativa entre las Variables independientes propuestas y la variable binaria de éxito o fracaso en una implementación.

Luego, mediante un proceso aleatorio, del total de opiniones de expertos se tomará el 97.5% de los datos para ajustar el modelo y el 2.5% restante se utilizará para la validación final.

Si las correlaciones son estadísticamente significativas, se planteará el modelo y se lo evaluará con las pruebas respectivas. Al contrario, si las correlaciones no son estadísticamente significativas, el estudio concluye.

Finalmente, el modelo se valida considerando el porcentaje de entrevistas que no se tomaron en consideración para el desarrollo del modelo de regresión logística binaria.

El análisis de datos se lo realiza a través del programa estadístico IBM SPSS®.

El estudio se concentra en la implementación de herramientas Lean Manufacturing: 5 S, Kanban, Gerencia visual y Trabajo Estandarizado, debido a que los expertos entrevistados tienen una experiencia común con esas herramientas

Tabla 1. Selección de herramientas Lean Manufacturing. Fuente: Elaboración propia.

EMPRESA*	FIFO	5S	TPM	SMED	KANBAN	GERENCIA VISUAL	TRABAJO ESTANDARIZADO	VSM
1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X
2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3	✓	✓	X	X	✓	✓	✓	✓
4	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓	X
5	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓	✓
6	X	✓	X	X	✓	✓	✓	✓



7	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
8	X	✓	X	X	✓	✓	✓	X

*Los nombres de las empresas se mantienen anónimas por motivos de confidencialidad

El éxito en este artículo hace referencia al cumplimiento de objetivos y/o metas planteadas en la fase de planificación.

1.1.Limitaciones

Después de solicitar información a organismos pertinentes se obtuvo como respuesta que no existe una base de datos que establezca cuáles son las empresas que han implementado o aplicado herramientas Lean Manufacturing, en el medio local.

2. Materiales y Métodos

El método cuantitativo fue designado para el desarrollo de este estudio, debido a que la investigación es secuencial y probatoria, además porque los datos de nuestra investigación son producto de mediciones, se representan mediante números (cantidades) y se deberán analizar con métodos estadísticos, Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, (2014). En resumen, el estudio será de carácter cuantitativo no experimental. Asimismo, la recolección de datos será transversal, porque se obtendrá información una sola vez de una muestra dada de elementos de la población, Malhotra (2008).

2.1.Muestra del Estudio

Como se planteó dentro de las limitaciones, al momento de realizar nuestra investigación no se cuenta con una base de datos de empresas que han implantado herramientas Lean en sus procesos, por lo tanto, se realizaron las entrevistas a la máxima cantidad de expertos dentro de los límites de tiempo establecidos por la investigación.

Los colaboradores del presente estudio fueron profesionales que han implementado las herramientas Lean Manufacturing en varias empresas de la ciudad de Cuenca, Ecuador. Para asegurar que las entrevistas tengan una mayor credibilidad y confianza se planteó que los participantes debían tener una experiencia mayor o igual a tres años en implementaciones de la filosofía Lean Manufacturing.

2.2.Metodología

La metodología para la realización del estudio se resume en la tabla 1:

Tabla 2. Etapas de la investigación. Fuente: Elaboración propia.

Etapa	Descripción
1	Recopilación bibliográfica de variables
2	Validación de variables clave a través de un panel conformado por expertos



3	Entrevistas a profundidad con expertos en implementaciones de herramientas Lean
4	Estudio y análisis de datos
5	Revisión del modelo de regresión logística
6	Validación del modelo estadístico

En la primera etapa de nuestra investigación, a través de una extensa revisión bibliográfica se

realizó una recopilación de variables clave de diversos autores que garantizan el éxito en una implementación. Las variables consideradas inicialmente en el estudio son 28, presentadas en la tabla 2.

Tabla 3. Recopilación bibliográfica de variables clave. Fuente: Elaboración propia.

	Autor (es)	Año	Descripción
1	Kumar et al.	2013	Talento Humano Eficiente
2	Kumar et al.	2013	Cumplimiento de los tiempos propuestos para la conclusión del proyecto
3	Kumar et al.	2013	Involucramiento del cliente en el proyecto
4	Prado et al.	2010	Apoyo y compromiso de la dirección
5	Prado et al.	2010	Apoyo y compromiso de los mandos intermedios
6	Prado et al.	2010	Apoyo y compromiso de los participantes (individual o grupal)
7	Prado et al.	2010	Apoyo y compromiso de los sindicatos/comité (representantes de los trabajadores)
8	Prado et al.	2010	Comprensión del “cambio cultural” asociado a la implantación de la mejora continua a todos los niveles de la organización.
9	Niño y Bednarek	2010	Establecer metas intermedias, por medio de una secuencia de bloques (elementos) para lograr resultados en periodos de tiempo pequeños
10	Niño y Bednarek	2010	Medir efectivamente el grado de mejora logrado con la aplicación de la metodología
11	Niño y Bednarek	2010	Establecer el orden operativo y administrativo necesario para implantar cualquier proyecto de mejora de grandes dimensiones
12	Niño y Bednarek	2010	Localizar el grado de desarrollo del Sistema de Manufactura Esbelta y sus objetivos.
13	Niño y Bednarek	2010	Resistencia inicial a la mejora por parte de algunos trabajadores
14	Prado et al.	2010	Definición de una estructura organizativa apropiada para implantar el SP*
15	Prado et al.	2010	Definición de indicadores y objetivos como base de la planificación y de la medida de resultados de los SP*
16	Prado et al.	2010	Definición de un procedimiento o método para gestionar y realizar el seguimiento de las mejoras propuestas
17	Prado et al.	2010	Selección del momento más adecuado para implantar/potenciar el SP*
18	Prado et al.	2010	Asesoramiento externo para implantar/mantener/mejorar un SP*
19	Prado et al.	2010	Diseño de SP* basados en equipos de trabajo multi jerárquicos y multi departamentales
20	Prado et al.	2010	Formación de los participantes en el SP*
21	Prado et al.	2010	Mecanismos de comunicación continua a toda la organización de las mejoras y actividades desarrolladas en el SP*
22	Prado et al.	2010	Adopción de un sistema de reconocimiento y/o retribución para los participantes en el SP*

23	Llorente J.	2007	Implantar prácticas laborales y sistemas de trabajo que hagan factible el compromiso del trabajador con la empresa y aumente su motivación
24	Prado et al.	2010	Colaboración de los participantes de los SP* en el diseño, pero también en el análisis y la implantación de las mejoras
25	Prado et al.	2010	Establecimiento de prioridades en la implantación de las mejoras propuestas
26	Prado et al.	2010	Dotación de recursos para dar una respuesta ágil a los problemas, las preguntas o las propuestas de los participantes
27	Prado et al.	2010	Obtención de resultados desde un inicio para fortalecer la confianza en el SP*
28	Prado et al.	2010	Sistematización de las mejoras mediante el desarrollo y la implantación de procedimientos/instrucciones de trabajo

*SP = Sistemas de participación

Para la siguiente etapa de la investigación, se reunió un panel de ocho expertos con una experiencia promedio en Lean Manufacturing de tres años y medio, para validar y seleccionar las variables más relevantes para el medio local. Este panel se realizó en el mes de enero de 2017.

Primero, con el panel de expertos se agruparon las variables por afinidad y se plantearon recomendaciones. A continuación, se determinó la importancia de cada una de las variables al momento de una implementación Lean. Las escalas para la ponderación de la importancia fueron cinco, presentadas a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 4. Escala de Likert para validación de variables.
Fuente: Elaboración propia.

Importancia	Valoración
Nula	1
Baja	2
Media	3
Alta	4
Vital	5

Una vez efectuado el panel con expertos, se determinó el promedio de cada variable según

las ponderaciones que los ocho expertos habían asignado para cada una de las variables. Luego, se ordenaron las variables de mayor a menor y se establecieron los promedios acumulados, para seleccionar las variables que conforman el 80% más importante.

A continuación, se clasifican las variables cualitativas en dos tipos: ordinales y nominales. De esta manera se obtendrían las variables definitivas de nuestra investigación.

Posteriormente, se determina la importancia de cada variable a través de entrevistas con expertos en el tema de implementaciones Lean Manufacturing. Las entrevistas a profundidad con expertos tienen como finalidad la recolección de las experiencias con la implementación.

El acercamiento a las empresas que utilizan herramientas Lean y en donde trabajan los expertos, se efectuó mediante oficios emitidos desde la dirección de carrera hacia cada empresa solicitando la asistencia necesaria para el desarrollo de la investigación. Asimismo,



mediante referencias se contactaron personalmente a expertos que han trabajado con las herramientas Lean en diversas industrias. El número de expertos contactados corresponde a los límites de tiempo establecidos para la investigación.

Las entrevistas se efectuaron entre los meses de enero y febrero de 2017 en la ciudad de Cuenca. Cabe recalcar, que las entrevistas a profundidad con expertos son anónimas por motivos de políticas de confidencialidad en las empresas en donde laboran los expertos.

En las entrevistas a profundidad se realizaron 15 preguntas, de las cuales 12 representaban a las variables validadas buscando determinar la importancia de cada una de ellas.

Además, la entrevista contaba con una pregunta de carácter abierta que permitía al encuestado mencionar según su criterio otras variables que no se consideraban en el estudio.

Finalmente, la última pregunta de la entrevista tenía como objetivo averiguar si la empresa había tenido éxito con la implementación de herramientas Lean Manufacturing. Esta pregunta es de tipo dicotómica y constituye nuestra variable dependiente. La pregunta es: ¿La implementación de Lean Manufacturing en esta empresa ha sido efectiva? (Se han alcanzado los objetivos propuestos).

Para las entrevistas a profundidad con expertos, se utilizaron encuestas que se valoraron mediante escalas de Likert. Con las variables ordinales se manejan cinco escalas, mientras que para las variables nominales se utilizan solamente dos. A continuación, se muestran las escalas que se utilizó en las entrevistas.

Tabla 5. Valoración de variables ordinales. Fuente: Elaboración propia.

Escalas	Valoración
Siempre	5
Casi Siempre	4
A veces sí, a veces no	3
Casi Nunca	2
Nunca	1

Tabla 6. Valoración de variables nominales. Fuente: Elaboración propia.

Valoración	Escalas
1	Si
0	No

La obtención de la información necesaria para la elaboración del modelo está fundamentada en investigaciones a través de entrevistas a profundidad con expertos en el tema de Lean Manufacturing, porque para el autor Malhotra (2008), las entrevistas con expertos es lo más recomendable para descubrir ideas y conocimientos.

A través, de una selección aleatoria se toma el 97.5% de las opiniones para realizar el ajuste del modelo estadístico, mientras que el



porcentaje restante de las opiniones se utiliza para la validación final del modelo propuesto.

En la siguiente etapa, mediante el programa estadístico IBM SPSS® se realizó el estudio y análisis de los datos derivados de las entrevistas a profundidad con expertos.

Inicialmente, los datos de cada variable independiente, así como de la variable dependiente fueron ingresados en el programa estadístico y se realizaron las configuraciones adecuadas. Además, para facilitar el análisis de datos, los nombres de las variables fueron etiquetados con abreviaturas.

Luego se determinaron las relaciones entre las variables clave y la variable dependiente a través de la prueba de dependencia (Chi cuadrado).

Una vez que se identificaron las variables independientes más significativas, se realizó el análisis estadístico de regresión logística mediante el método de Pasos hacia adelante de Wald. Se aplica este método porque según los autores Berlanga & Vilà Baños (2014), el método “adelante” es uno de los métodos automáticos o por pasos que deja que el programa vaya introduciendo variables en el modelo, empezando por aquellas que tienen coeficientes de regresión más grandes.

También, porque en cada paso se reevalúan los coeficientes y su significación, con lo cual se pueden eliminar del modelo aquellos que no se consideran significativos, Berlanga & Vilà Baños (2014).

A continuación, para valorar la capacidad predictiva del modelo, el programa presenta los valores de sensibilidad y especificidad.

Al mismo tiempo, mediante tres mediciones se analizará el modelo estadístico. Primero, con $-2 \log$ de la verosimilitud ($-2LL$) se medirá hasta qué punto un modelo se ajusta bien a los datos. El resultado de esta medición recibe también el nombre de "desviación". Para Aguayo Canela (2012), cuanto más pequeño sea el valor, mejor será el ajuste.

Del mismo modo, se utilizará el R^2 de Cox y Snell para estimar la proporción de varianza de la variable dependiente explicada por las variables predictoras (independientes) y sus valores oscilan entre 0 y 1.

Igualmente, se aplicará el R^2 de Nagelkerke que es una versión corregida de la R^2 de Cox y Snell. La R^2 de Cox y Snell tiene un valor máximo inferior a 1, incluso para un modelo "perfecto" según Aguayo Canela (2012). En seguida, se evaluará la bondad de ajuste del modelo con la prueba de Hosmer-Lemeshow.

Por último, a través del SPSS® se obtendrá las constantes, el error estándar, el estadístico



de Wald, los valores de significancia y los OR de cada variable en el modelo.

En la etapa final del estudio, la prueba de validación se realizará tomando el 2.5% de los datos que no fueron seleccionados para el desarrollo del modelo.

2.3. Propuesta del modelo de regresión logística

El modelo propuesto de regresión logística binaria está representado de la siguiente manera:

$$y' = \alpha + \beta_1 Vc_1 + \beta_2 Vc_2 + \dots + \beta_n Vc_n \quad (1)$$

$$y' = \ln \frac{p}{1-p} \quad (2)$$

$$0 \leq p \leq 1$$

En donde:

y' = variable dependiente

p = probabilidad de éxito

α = constante del modelo

$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_n$ = parámetros del modelo

Vc = Variable clave (variables independientes)

Además, se muestra a continuación la fórmula para el valor de p despejado.

$$\ln \frac{p}{1-p} = \alpha + \beta_1 Vc_1 + \beta_2 Vc_2 + \dots + \beta_n Vc_n \quad (3)$$

$$p = \frac{e^{(\alpha + \beta_1 Vc_1 + \beta_2 Vc_2 + \dots + \beta_n Vc_n)}}{1 + e^{(\alpha + \beta_1 Vc_1 + \beta_2 Vc_2 + \dots + \beta_n Vc_n)}} \quad (4)$$

2.4. Programas informáticos

El análisis de datos se realizó mediante el paquete informático estadístico IBM SPSS®, en el cual se cumplió la etapa de estudio y análisis de datos y para la validación del modelo estadístico de regresión logística, se utilizó el programa Microsoft Excel.

3. Resultados

En la primera etapa de validación, se seleccionaron las 28 variables recopiladas de diversos estudios. Los expertos brindaron sus opiniones y comentarios acerca de estas variables. También, recomendaron combinar las variables que tenían afinidad con otras, además plantearon suprimir variables que no representaban a la realidad de la mayoría de las empresas del sector, por ejemplo, la variable que hace referencia a los sindicatos, debido a que generalmente las empresas no cuentan con este tipo de asociaciones. De esta forma se obtuvieron 21 variables para el siguiente análisis.

Luego, mediante encuestas en el panel de expertos se determinaron las variables clave más importantes.



Tabla 7. Análisis de Importancia para validar las variables. Fuente: Elaboración propia.

#	Variabes	Promedio	Porcentaje Acumulado	Porcentaje Relativo
6	Selección de una estructura organizativa para implantar las herramientas (Equipos multi jerárquicos).	4.75	7%	7%
10	Comunicación permanente a toda la organización de mejoras y actividades desarrolladas.	4.75	13%	7%
2	Compromiso de los mandos intermedios.	4.75	20%	7%
1	Compromiso de los altos mandos de la empresa.	4.63	27%	7%
12	Formación continua de los participantes en las herramientas implantadas.	4.63	33%	7%
4	Comprensión interna a todos los niveles (dirección, supervisión y operadores) del cambio cultural en la empresa.	4.63	40%	7%
7	Planificación de trabajo basada en indicadores y objetivos.	4.63	46%	7%
5	Participación de todos los niveles (dirección, supervisión y operadores) en el diseño del proyecto.	4.63	53%	7%
11	Asesoramiento externo para implantar/mantener/mejorar la implantación.	4.63	59%	7%
3	Compromiso de la parte operaria.	4.63	66%	7%
8	Gestionar y realizar el seguimiento de las mejoras propuestas (Estandarización y Priorización).	4.50	72%	6%
9	Obtención de resultados desde un inicio para fortalecer la confianza en el proyecto.	4.50	78%	6%
16	Cumplimiento de los tiempos propuestos para la conclusión del proyecto	2.50	82%	4%
18	Talento Humano Eficiente	2.00	85%	3%
14	Adopción de un sistema de reconocimiento y/o retribución para los participantes en el Sistema de Participación	1.88	87%	3%
13	Dotación de recursos para dar una respuesta ágil a los problemas, las preguntas o las propuestas de los participantes	1.63	90%	2%
17	Medir efectivamente el grado de mejora logrado con la aplicación de la metodología	1.63	92%	2%
20	Involucramiento del cliente en el proyecto	1.63	94%	2%
15	Localizar el grado de desarrollo del Sistema de Manufactura Esbelta y sus objetivos.	1.50	96%	2%
21	Implantar prácticas laborales y sistemas de trabajo que hagan factible el compromiso del trabajador con la empresa y aumente su motivación	1.38	98%	2%
19	Establecer metas intermedias, por medio de una secuencia de bloques (elementos) para lograr resultados en periodos de tiempo pequeños	1.25	100%	2%

El promedio corresponde a todas las opiniones de los expertos que participaron en el panel, para cada pregunta.

Luego, se seleccionaron las variables más importantes que se considerarán en la siguiente etapa del estudio. Los resultados de esta selección fueron los siguientes:

Doce variables representaban el 78% del promedio total y nueve variables conformaban el 22% restante.

Las 12 variables validadas con que se desarrollaron las entrevistas con expertos se muestran en la siguiente tabla, además se presenta el tipo de variable y el número de

escalas que se utilizaron. Asimismo, por recomendación de expertos las variables se

agruparon en tres factores: Cultural, de Diseño y Operativo.

Tabla 8. Variables validadas. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Descripción	Factor	Tipo	Escala
1	Compromiso de los altos mandos de la empresa. (ComDirección)	Cultural	Ordinal	5
2	Compromiso de los mandos intermedios. (ComSupervisión)	Cultural	Ordinal	5
3	Compromiso de la parte operaria. (ComOperaria)	Cultural	Ordinal	5
4	Comunicación permanente a toda la organización de mejoras y actividades desarrolladas. (ComuPerm)	Cultural	Ordinal	5
5	Obtención de resultados desde un inicio para fortalecer la confianza en el proyecto. (ResuInici)	Cultural	Nominal	5
6	Comprensión interna a todos los niveles (dirección, supervisión y operadores) del cambio cultural en la empresa. (CambCult)	Cultural	Nominal	2
7	Participación de todos los niveles (dirección, supervisión y operadores) en el diseño del proyecto. (PartDiseño)	Diseño	Nominal	2
8	Selección de una estructura organizativa para implantar las herramientas (Equipos multi jerárquicos). (EstrOrganizativ)	Diseño	Nominal	2
9	Planificación de trabajo basada en indicadores y objetivos. (PlanifIndic)	Diseño	Nominal	2
10	Gestionar y realizar el seguimiento de las mejoras propuestas (Estandarización y Priorización). (Estándar)	Operativo	Ordinal	5
11	Asesoramiento externo para implantar/mantener/mejorar la implantación. (AsesoríaExt)	Operativo	Ordinal	5
12	Formación continua de los participantes en las herramientas implantadas. (FormCont)	Operativo	Ordinal	5

En la investigación participaron expertos que trabajan en empresas pertenecientes a ocho industrias diferentes el medio local. El número total de opiniones recolectadas fue de 40, con un total de 25 expertos entrevistados.

La experiencia promedio de los expertos fue de 4 años, en un rango comprendido entre los 3 y 15 años.

Una vez recopiladas las experiencias de expertos con la implementación, se presentan los resultados más relevantes:



Gráfico 1. Años de experiencia de los expertos en Lean Manufacturing. Fuente: Elaboración propia.



Tabla 9. Estudio descriptivo de los resultados de las entrevistas. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Escala	Promedio	Desviación Estándar	Varianza	Moda
1	5	3.975	0.733	0.538	4
2	5	3.500	0.934	0.872	3
3	5	3.300	0.939	0.882	3
4	5	3.525	0.905	0.820	3
5	2	0.750	0.439	0.192	1
6	2	0.575	0.501	0.251	1
7	2	0.425	0.501	0.251	0
8	2	0.575	0.501	0.251	1
9	2	0.775	0.423	0.179	1
10	5	3.600	0.841	0.708	4
11	5	3.425	1.107	1.225	3
12	5	3.500	0.987	0.974	4
Éxito	2	0.550	0.504	0.254	1

La variable clave ordinal con mayor promedio en las entrevistas a profundidad fue “Compromiso de los altos mandos de la empresa” con un valor de 3.98 en una escala de 1 a 5, además ésta variable cuenta con una desviación estándar de 0.73 y una moda de 4. Sin embargo, la variable ordinal con menor promedio fue “compromiso de la parte operaria” con un valor de 3.3, moda de 3 y desviación estándar igual a 0.94.

Dentro de las variables nominales, la variable clave de Diseño “Planificación de trabajo basada en indicadores y objetivos” tiene el mayor promedio de las opiniones de expertos con un valor de 0.78 y una desviación estándar de 0.42.

Las variables que recomendaron los expertos para posteriores análisis son: tiempos de actividades que dependen de proveedores, disciplina para mantener la implementación,

análisis de causas raíces reales de problemas, resistencia al cambio, implementaciones piloto por zonas o áreas, tiempos del proyecto, cultura basada en el comportamiento.

A continuación, se analiza los resultados de la pregunta que representaba a la variable dependiente en el estudio.

Tabla 10. Variable dependiente. Fuente: Elaboración propia.

Respuesta	Cantidad
No	18
Si	21

Los resultados indican que, para la mayoría de expertos, se han alcanzado los objetivos propuestos en la planificación, sin embargo, un número considerable de expertos opinan lo contrario.



Gráfico 2. Resultado en porcentajes de la variable dependiente. Fuente: Elaboración propia.

Después, para la etapa de estudio y análisis de datos se utiliza el programa estadístico SPSS® de IBM.

En primer lugar, se selecciona el 97.5% de las entrevistas que serían consideradas en el entrenamiento del modelo y el porcentaje restante sería utilizado para la validación final del modelo. La selección de los datos se realizó de manera aleatoria.

Tabla 11. Procesamiento de entrevistas. Fuente: Elaboración propia.

Entrevistas	N	Porcentaje
Seleccionadas	39	97.5
No seleccionadas	1	2.5
Total	40	100.0

Entonces, a partir de este momento el estudio de regresión logística constaría de 39 entrevistas para la generación del modelo y una entrevista no seleccionada para la validación.

En seguida, se determinaron las relaciones entre las variables clave y la variable dependiente, a través de la prueba de

dependencia (Chi cuadrado). Los resultados son los siguientes.

Tabla 12. Prueba de dependencia (Chi cuadrado). Fuente: Elaboración propia.

Variables	Puntuación	Sig.
EstrOrganizativ	1.947	0,163
ResuInici	3.077	0,079
ComuPerm	6.199	0,013
CambCult	7.240	0,007
ComDirección	7.468	0,006
PartDiseño	8.198	0,004
ComSupervisión	8.763	0,003
PlanifIndic	8.598	0,003
ComOperaria	11.834	0,001
AsesoríaExt	10.614	0,001
FormCont	11.978	0,001
Estándar	16.527	0,000
Estadísticos globales	28.134	0,005

La tabla se encuentra ordenada por el nivel de significancia de mayor a menor.

Se observa que diez variables en la prueba de dependencia tienen valores de significancia menores a 0.05 y dos variables tienen valores de significancia mayores a 0.05. Entonces, las variables que aportan a describir la variable dependiente son: Selección de una estructura organizativa para implantar las herramientas (equipos multi jerárquicos) y Obtención de resultados desde un inicio para fortalecer la confianza en el proyecto.

Después de realizar el análisis del modelo de regresión logística binaria mediante el método de Pasos hacia delante de Wald, se obtuvieron los siguientes resultados.



La tabla 12 muestra los valores del Logaritmo de la verosimilitud -2, R^2 de Cox y Snell, R^2 de Nagelkerke.

Tabla 13. Resumen del modelo. Fuente: Elaboración propia.

Paso	Logaritmo de verosimilitud -2	R^2 de Cox y Snell	R^2 de Nagelkerke
1	32,862	.416	.556
2	23,217	.544	.727
3	17,043	.611	.816

El logaritmo de verosimilitud -2 indica en el paso número tres un valor de 17,043; además los valores de R^2 explican entre el 61.01% y el 81.60% la variación de las variables incluidas en el modelo.

Posteriormente, se evaluó la bondad de ajuste del modelo con la prueba de Hosmer y Lemeshow.

Tabla 14. Prueba de Hosmer y Lemeshow. Fuente: Elaboración propia.

Paso	Chi-cuadrado	Sig.
1	.207	.901
2	1.608	.952
3	1.879	.930

En el paso número dos, el valor de significancia para la prueba de Hosmer y Lemeshow es igual a 0.95, sin embargo, en el paso número tres el valor desciende a 0.93.

A continuación, se analiza el grado de predicción del modelo en la tabla de clasificación.

La tabla 14 hace referencia a la clasificación que hace el modelo de los casos y representa la sensibilidad y especificidad para clasificarlos correctamente. El modelo tiene una sensibilidad de 95.2% y una especificidad de 88.9%.

Tabla 15. Tabla de clasificación. Fuente: Elaboración propia.

Paso	Observado	Variable Depend	Pronosticado		Porcentaje correcto
			No	Si	
Paso 1	Variable Dependiente	No	13	5	72.2
		Si	2	19	90.5
	Porcentaje global				82.1
Paso 2	Variable Dependiente	No	14	4	77.8
		Si	2	19	90.5
	Porcentaje global				84.6
Paso 3	Variable Dependiente	No	16	2	88.9
		Si	1	20	95.2
	Porcentaje global				92.3



Por último, a través del programa SPSS® se obtuvieron las constantes, el error estándar, el estadístico de Wald, los valores de significancia

y los Odds Ratio de cada variable que se incluye en el modelo.

Tabla 16. Variables en la ecuación. Fuente: Elaboración propia.

Describe	B	Error estándar	Wald	Sig.	Exp(B)	95% C.I. para EXP(B)	
						Inferior	Superior
Paso 3° ComOperaria	3.437	1.345	6.530	.011	31.108	2.228	434.427
Estándar	4.551	1.797	6.415	.011	94.703	2.799	3204.197
ResuInic	3.718	1.807	4.235	.040	41.190	1.194	1421.268
Constante	-30.324	10.380	8.535	.003	.000		

Se observa que para el paso número tres del método de pasos hacia delante de Wald, las variables consideradas como significativas fueron: “Compromiso de la parte operaria”, “Gestionar y realizar el seguimiento de las mejoras propuestas (Estandarización y Priorización)” y “Obtención de resultados desde un inicio para fortalecer la confianza en el proyecto”.

La variable independiente “Compromiso de la parte operaria” obtuvo un valor para la constante de 3.437, el error estándar fue de 1.345, el estadístico de Wald tiene un valor de 6.530 con una significancia de 0.011 y el OR es igual a 31.108.

La siguiente variable independiente “Gestionar y realizar el seguimiento de las mejoras

propuestas (Estandarización y Priorización)” obtuvo un valor para la constante de 4.551, el error estándar fue de 1.797, el estadístico de Wald tiene un valor de 6.415 con una significancia de 0.011 y el OR es igual a 94.703. La última variable independiente “Obtención de resultados desde un inicio para fortalecer la confianza en el proyecto” considerada en el modelo, obtuvo un valor para la constante de 3.718, el error estándar fue de 1.807, el estadístico de Wald tiene un valor de 4.235 con una significancia de 0.040 y el Exp(B) u OR es igual a 41.190.

A continuación, se presenta el modelo de regresión logística binaria reemplazando los datos obtenidos en el estudio en la ecuación 1 planteada en la propuesta.

$$y' = \alpha + \beta_1 Vc_1 + \beta_2 Vc_2 + \beta_3 Vc_3 \quad (5)$$

$$\beta_1 = 3.437$$

$$\beta_2 = 4.551$$

$$\beta_3 = 3.718$$



$$\alpha = -30.324$$

$$y' = -30.324 + 3.437Vc_1 + 4.551Vc_2 + 3.718Vc_3 \quad (6)$$

La ecuación 6 representa el modelo propuesto por el estudio.

Para la etapa final del estudio, después de tomar el 2.5% de los datos que no fueron seleccionados para el desarrollo del modelo, se realizó la prueba de validación.

La entrevista no seleccionada fue la opinión del experto número 26. Las repuestas de las tres variables consideradas en el modelo fueron las siguientes:

Tabla 17. Respuestas de la entrevista no seleccionada. Fuente: Elaboración propia.

Pregunta relacionada a la variable	Respuesta
Compromiso de la parte operaria	Siempre
Gestionar y realizar el seguimiento de las mejoras propuestas (Estandarización y Priorización)	Si
Obtención de resultados desde un inicio para fortalecer la confianza en el proyecto	Casi siempre
Éxito en la implementación	Si

Para la variable ordinal Compromiso de la parte operaria la respuesta fue “Siempre” es

decir cinco en la escala de Likert, luego para la variable nominal Gestionar y realizar el seguimiento de las mejoras propuestas (Estandarización y Priorización) la respuesta fue “Si” es decir uno por ser una variable dicotómica y para la última variable ordinal Obtención de resultados desde un inicio para fortalecer la confianza en el proyecto la respuesta fue “Casi siempre”, es decir cuatro en la escala de Likert.

La respuesta del experto para la variable de estudio fue “Si”, reemplazado por el valor de 1 o 100% de éxito.

Tabla 18. Datos para comprobación del modelo. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Coefficientes	Valores
ComOperaria	3.437	5
Estándar	4.551	1
ResuInici	3.718	4

Entonces se reemplazan los valores en la ecuación 4 del modelo de regresión para comparar la respuesta y de esta manera evidenciar la fiabilidad del modelo.

$$p = \frac{e^{(\alpha + \beta_1 Vc_1 + \beta_2 Vc_2 + \dots + \beta_n Vc_n)}}{1 + e^{(\alpha + \beta_1 Vc_1 + \beta_2 Vc_2 + \dots + \beta_n Vc_n)}} \quad (7)$$



$$P = \frac{e^{(-30.324+3.437Vc_1+4.551Vc_2+3.718Vc_3)}}{1 + e^{(-30.324+3.437Vc_1+4.551Vc_2+3.718Vc_3)}}$$

$$P = \frac{e^{(-30.324+3.437*5+4.551*1+3.718*4)}}{1 + e^{(-30.324+3.437*5+4.551*1+3.718*4)}}$$

$$P = \frac{537.25}{538.25}$$

P = 0.998 %

Después de efectuar los cálculos correspondientes se obtuvo una respuesta del 0.998 %. Es decir, con los datos de la entrevista no seleccionada, si se alcanzará el éxito en la implementación de herramientas Lean Manufacturing. De la misma forma, esta respuesta es idéntica a la manifestada por el experto.

A continuación, se muestran todos los posibles resultados del modelo de regresión logística binaria de este estudio, con su respectivo porcentaje de éxito pronosticado.

Tabla 19. Posibles resultados del modelo de regresión logística. Fuente: Elaboración propia.

Caso	Com Operaria	Estándar	Resu Inici	% de éxito
1	1	1	0	0%
2	2	1	0	0%
3	1	1	1	0%
4	1	2	0	0%
5	3	1	0	0%
6	2	1	1	0%
7	2	2	0	0%
8	1	2	1	0%
9	1	3	0	0%

10	4	1	0	0%
11	3	1	1	0%
12	3	2	0	0%
13	2	2	1	0%
14	2	3	0	0%
15	1	3	1	0%
16	1	4	0	0%
17	5	1	0	0%
18	4	1	1	0%
19	4	2	0	0%
20	3	2	1	0%
21	3	3	0	0%
22	2	3	1	0%
23	2	4	0	1%
24	1	4	1	1%
25	5	1	1	1%
26	1	5	0	2%
27	5	2	0	2%
28	4	2	1	2%
29	4	3	0	5%
30	3	3	1	7%
31	3	4	0	14%
32	2	4	1	18%
33	2	5	0	33%
34	1	5	1	40%
35	5	2	1	42%
36	5	3	0	63%
37	4	3	1	69%
38	4	4	0	84%
39	3	4	1	87%
40	3	5	0	94%
41	2	5	1	95%
42	5	3	1	99%
43	5	4	0	99%

44	4	4	1	100%
45	4	5	0	100%
46	3	5	1	100%
47	5	4	1	100%
48	5	5	0	100%
49	4	5	1	100%
50	5	5	1	100%

Un caso aleatorio se acepta como exitoso cuando el valor de la función del modelo esta sobre el 50%. En la investigación, el modelo tiene quince posibles combinaciones en que sus valores de la función del modelo estén sobre el 50%. Sin embargo, para el modelo existen 35 combinaciones en que sus probabilidades de éxito se encuentren entre 0% y 49%. Asimismo, se muestra la curva del modelo de regresión logística binaria.

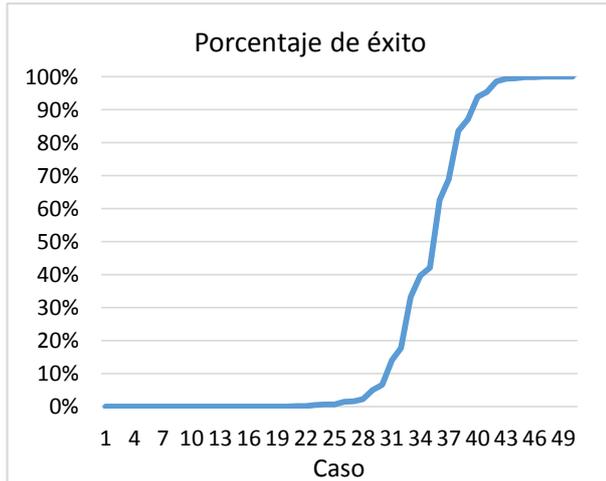


Gráfico 3. Curva del modelo de regresión logística.
Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico se observa que la función del modelo de regresión logística binaria solo acepta valores comprendidos entre el rango de 0% a 100%, o lo que es lo mismo desde 0 a 1.

4. Conclusiones

Mediante esta investigación se concluye que si es posible pronosticar el resultado (éxito o fracaso) de una implementación, de la filosofía de mejora continua Lean Manufacturing: 5 S, Kanban, Gerencia visual y Trabajo Estandarizado, a través de un modelo estadístico, en la ciudad de Cuenca.

La regresión logística binaria en este estudio evaluó el efecto de 12 variables independientes en el éxito y fracaso de una implementación de herramientas Lean Manufacturing: 5 S, Kanban, Gerencia visual, Gerencia visual y Trabajo Estandarizado.

A través de esta investigación la recopilación de variables clave de diversos estudios estableció 28 variables independientes de las cuales 12 variables fueron seleccionadas después de la validación con el panel de expertos.

Los resultados más relevantes de las entrevistas muestran que en las empresas del sector “casi siempre” existe el compromiso de parte de los altos mandos de la empresa en una implementación, pero el compromiso de los obreros a la implantación de herramientas Lean Manufacturing es medio.

Asimismo, las repuestas de las entrevistas con expertos identificaron que en las empresas



cuando se implementa Lean, la planificación de trabajo en las empresas se basa en indicadores y objetivos. Pero de manera contraria, según los expertos, no es común la participación de todos los niveles (dirección, supervisión y operadores) en el diseño del proyecto de implementación.

La prueba de dependencia (Chi cuadrado), determinó que diez variables clave no tenían una relación significativa y dos variables influían en la variable dependiente. Sin embargo, durante el proceso de incorporación de variables se observó que una variable no significativa “Obtención de resultados desde un inicio para fortalecer la confianza en el proyecto” mejoraba el grado de predicción del modelo en 7.7 puntos, desde el 86.6% hasta el 92.3% de fiabilidad de respuesta. Esto demuestra que dicha variable es un factor de confusión, porque según Fernández (2011), al no mostrar una relación significativa con la variable que se estudia directamente, pero sí indirectamente, al relacionarse con otras variables que pueden estar relacionadas con la variable de estudio.

De las 12 variables predictoras, solamente tres lo fueron estadísticamente significativa, “Compromiso de la parte operaria”, “Gestionar y realizar el seguimiento de las mejoras propuestas (Estandarización y Priorización)” y “Obtención de resultados desde un inicio para fortalecer la confianza en el proyecto”.

Los valores de R^2 tienen valores altos, además revelan que la variación se encuentra entre el 61.01% y el 81.60% de las variables pertenecientes al modelo.

El valor de significancia para la prueba de Hosmer y Lemeshow es igual a 0.93, siendo este valor mucho mayor a 0.05, por lo tanto, el modelo es confiable debido a que existe un ajuste correcto en el modelo.

El porcentaje de casos que tienen la característica observada (éxito), la cual es correctamente predicha por el modelo es igual a 95.2% y el porcentaje de casos que no tienen la característica (fracaso) es igual a 88.9%. En ambos casos los porcentajes son altos y confiables.

Asimismo, el modelo pronostica correctamente el 92.3% de los casos globales cuando el punto de corte de la probabilidad de Y calculada se establece (por defecto) en 50% (0.5). Este modelo se considera como aceptable porque tanto la especificidad como la sensibilidad tienen un nivel alto, de al menos el 75%. (Fernández, 2011)

La validación final del modelo de regresión logística con la entrevista no seleccionada para el entrenamiento del modelo, determinó que el modelo pronostica de manera satisfactoria los casos.



Este estudio servirá como guía a todas las empresas que buscan implantar herramientas Lean en el futuro, debido a que resulta relevante pronosticar si la empresa está preparada para adoptar la filosofía. Por el contrario, si la organización no se encuentra en competencia para aplicar las herramientas, se ahorrarán tiempo, dinero y esfuerzos para beneficio de la organización.

Además, la investigación abrirá caminos a futuras exploraciones dentro del campo de la mejora continua y la Ingeniería Industrial. Un estudio importante será analizar el impacto en la productividad, dentro del contexto ecuatoriano, con la implementación de nuevas tendencias en producción.

Agradecimientos

A todos los expertos que brindaron la información necesaria para la realización de este ensayo académico. Además, a los profesores de ingeniería Industrial de la Universidad de Cuenca, especialmente al Ingeniero Mario Peña Ortega por su guía y apoyo durante el proyecto. Y asimismo, a todas las demás personas que contribuyeron en este estudio.



Referencias Bibliográficas

- Aguayo Canela, M. (2012). *Cómo hacer una Regresión Logística con SPSS «paso a paso»*.(I). *Sevilla: Documento Web FABIS (Fundación Andaluza Beturia para la Investigación en Salud)*. Recuperado a partir de http://www.fabis.org/html/archivos/docuweb/Regres_log_1r.pdf
- Aguirre, Y. A., & Correa, A. (2014). *Análisis de las herramientas Lean Manufacturing para la eliminación de desperdicios en las Pymes*. Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín. Recuperado a partir de <http://www.bdigital.unal.edu.co/48916/>
- Alfra, C. (2016). ALFRA Consulting » El Fracaso de «La Rápida Solución Lean». Recuperado a partir de <http://www.alfraconsulting.com/?p=1301>
- Ávila-Portela, C. C., & Londoño-Lemos, M. E. (2014, mayo). Beneficios que conlleva la Implementación de un Modelo 5'S en la industria farmacéutica.
- Barbosa, E. A., Santos, G., & Dzul, L. A. (2013). Propuesta de metodología Lean Seis Sigma en empresas PyMEs: un enfoque participativo. Recuperado a partir de http://www.utp.ac.pa/documentos/2013/pdf/ID91_Articulo2.pdf
- Berlanga, V. V., & Vilà Baños, R. (2014). Cómo obtener un Modelo de Regresión Logística Binaria con SPSS. *REIRE. Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, 7(2), 105–118.
- Escuder, M., Tanco, M., & Santoro, A. (2015). Experiencia de Implementación de Lean en un Centro de Salud de Uruguay. *Memoria Investigaciones en Ingeniería*, (13), 79–94.
- Espejo, M., & Moyano, J. (2007). Lean Production Estado actual y desafíos futuros.pdf. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, 13(2), 179-202.
- Fernández, S. de la F. (2011). Regresión logística.
- Gagnon, M. A., & Michael, J. H. (2003). Employee strategic alignment at a wood manufacturer: An exploratory analysis using lean manufacturing.



- González, M. J., Campos, J., Gonzales, L., Hidalgo, M., & Sánchez, S. (2012). Diseño de un modelo para implementar lean con éxito.pdf.
- Harman, R. A., Golhar, D. Y., & Deshpande, S. P. (2002). Lessons learnt in work teams. *Production Planning & Control*, 13(4), 362-369. <https://doi.org/10.1080/09537280110119076>
- Hernández Matías, J. C. (2013). *libroleanmanufacturing.pdf*.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México, D.F.: McGraw-Hill Education.
- Hofstede, G., Hofstede, G. J., & Minkov, M. (2010). *Cultures and Organizations: Software of the Mind, Third Edition*. McGraw-Hill Education. Recuperado a partir de <https://books.google.es/books?id=o4OqTgV3V00C>
- Krajewski, L. J., Ritzman, L. P., & Malhotra, M. K. (2008). *Administración de operaciones: procesos y cadenas de valor*. México: Pearson Educación.
- Kumar, N., Kumar, S., Haleem, A., & Gahlot, P. (2013). Implementing lean manufacturing system: ISM approach. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 6(4). <https://doi.org/10.3926/jiem.508>
- Llorente, J. (2007). La nueva organizacion del trabajo en los proveedores en cataluña de fabricantes de autos.pdf. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, 13(2).
- Malhotra, N. K. (2008). *Investigación de mercados: un enfoque práctico*. México: Pearson Educación.
- Mejías, A., Prado, J. C., García, J., & Fernández, A. J. (2012). Las claves de éxito y las mejores prácticas de los sistemas de participación del personal. *Harvard Deusto Business Research*, 99-111. <https://doi.org/10.3926/hdbr.25>
- Miró, M., & Iglesias, J. (2012). Piensaenleanwhenyourcustomersaysjump.pdf.



- Niño, L. F., & Bednarek, M. (2010). Metodología para implantar el sistema de manufactura esbelta en PyMES industriales mexicanas. *Ide@s CONCYTEG*, 5, 65.
- Prado, J. C., García, J., Mejías, A., & Fernández, A. J. (2010). Desencadenantes, resultados y factores críticos de éxito en los sistemas de participación del personal. Resultados de un estudio en España. *Dirección y Organización*, (42), 71–82.
- Prida, B., & Grijalvo, M. (2007). Un caso real de implantación de« lean manufacturing». Metodología y reflexiones sobre el proceso de implantación. En *XI Congreso de Ingeniería de Organización: Madrid, 5-7 de Septiembre de 2007* (pp. 1301–1312). Recuperado a partir de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4770054&orden=1&info=link>
- Progressalean. (2016). Top 10 de compañías Lean Manufacturing. Recuperado a partir de <http://www.progressalean.com/top-10-de-companias-lean-manufacturing/>
- Rey, G. (2002, enero 2). Cultura y Desarrollo Humano: Unas relaciones que se trasladan. Recuperado 1 de septiembre de 2016, a partir de <http://www.oei.es/pensariberoamerica/ric00a04.htm>
- Reyes, P. (2002). Manufactura Delgada (Lean) y Seis Sigma en empresas mexicanas: experiencias y reflexiones. *Revista de Contaduría y Administración*, 51–69.
- van Riel, C. B. (2008). Creating a Strategically Aligned Workforce. *Corporate Reputation Review*, 11(4), 351–359. <https://doi.org/10.1057/crr.2008.29>
- Wu, Y. C. (2003). Lean manufacturing: a perspective of lean suppliers. *International Journal of Operations & Production Management*, 23(11), 1349-1376. <https://doi.org/10.1108/01443570310501880>



LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Selección de herramientas Lean Manufacturing. Fuente: Elaboración propia.	9
Tabla 2. Etapas de la investigación. Fuente: Elaboración propia.	10
Tabla 3. Recopilación bibliográfica de variables clave. Fuente: Elaboración propia.....	11
Tabla 4. Escala de Likert para validación de variables. Fuente: Elaboración propia.	12
Tabla 5. Valoración de variables ordinales. Fuente: Elaboración propia.	13
Tabla 6. Valoración de variables nominales. Fuente: Elaboración propia.....	13
Tabla 7. Análisis de Importancia para validar las variables. Fuente: Elaboración propia.	16
Tabla 8. Variables validadas. Fuente: Elaboración propia.....	17
Tabla 9. Estudio descriptivo de los resultados de las entrevistas. Fuente: Elaboración propia.	18
Tabla 10. Variable dependiente. Fuente: Elaboración propia.	18
Tabla 11. Procesamiento de entrevistas. Fuente: Elaboración propia.....	19
Tabla 12. Prueba de dependencia (Chi cuadrado). Fuente: Elaboración propia.	19
Tabla 13. Resumen del modelo. Fuente: Elaboración propia.	20
Tabla 14. Prueba de Hosmer y Lemeshow. Fuente: Elaboración propia.	20
Tabla 15. Tabla de clasificación. Fuente: Elaboración propia.	20
Tabla 16. Variables en la ecuación. Fuente: Elaboración propia.....	21
Tabla 17. Respuestas de la entrevista no seleccionada. Fuente: Elaboración propia.....	22
Tabla 18. Datos para comprobación del modelo. Fuente: Elaboración propia.	22
Tabla 19. Posibles resultados del modelo de regresión logística. Fuente: Elaboración propia.	23

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Años de experiencia de los expertos en Lean Manufacturing. Fuente: Elaboración propia.	17
Gráfico 2. Resultado en porcentajes de la variable dependiente. Fuente: Elaboración propia.	19
Gráfico 3. Curva del modelo de regresión logística. Fuente: Elaboración propia.	24