ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICAS

EXAMEN COMPLEXIVO

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE:

"MAGÍSTER EN GESTIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD Y LA CALIDAD"

TEMA

DISEÑO DE UN PLAN DE SELECCIÓN DE PROVEEDORES PARA EL SISTEMA DE IMPRESIÓN TUBERÍA EN UNA EMPRESA DE PROCESAMIENTO DE POLÍMEROS.

AUTOR

JOSÉ LUIS CEVALLOS PALACIOS

Guayaquil – Ecuador

AÑO
2015

DEDICATORIA

A MIS PADRES

A MI ESPOSA

A MIS HIJAS

AGRADECIMIENTO

Quisiera agradecer a Mexichem Ecuador empresa en la que me he formado, relacionado con procesos y sistemas de gestión de donde nació mi inquietud por el tema expuesto. Agradezco además al PHD. Omar Ruiz por su invaluable ayuda en el desarrollo de este proyecto y a mi familia por el apoyo que me ha brindado.

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por los hechos y doctrinas expuestas en este proyecto de examen complexivo, me corresponde exclusivamente; el patrimonio intelectual del mismo. Corresponde exclusivamente a la **Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Departamento de Matemáticas** de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Ing. José Luis Cevallos Palacios

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Francisco Vera Alcivar, Ph. D.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Omar Ruiz Barzola, Ph.D.

DIRECTOR DEL EXAMEN COMPLEXIVO

M.Sc. Jhon Ramirez Figueroa

DELEGADO

ÍNDICE GENERAL

Pág.

CAPÍTULO 1 1

1. GENERALIDADES 1

1.1. ANTECEDENTES 1

1.2. IMPORTANCIA DEL TEMA 2

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO. 3

1.4. OBJETIVO GENERAL 3

1.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 4

CAPÍTULO 2 5

2. MARCO TEÓRICO 5

2.1. METODOLOGÍA PARA IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS DE MERMAS. 5

2.2. METODOLOGÍA PARA LA SELECCIÓN DE PROVEEDORES. . 6

2.3. METODOLOGÍA PARA EL SEGUIMIENTO DE LOS RESULTADOS. 9

CAPÍTULO 3 10

3. SITUACIÓN ACTUAL. 10

3.1. ANÁLISIS DE LAS PRINCIPALES CAUSAS DE MERMAS. 10

3.2. ANÁLISIS DE CAUSAS QUE GENERAN FALLAS EN LA IMPRESIÓN DE LEYENDAS DE TUBERÍA. 12

CAPÍTULO 4 14

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA. 14

4.1. DISEÑO DEL PLAN PARA SELECCIÓN Y EVALUACIÓN DE PROVEEDORES. 14

4.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA 14

4.3. DETERMINACIÓN DE ATRIBUTOS 15

4.4. APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE EVALUACIÓN DE PROVEEDORES 18

4.5. EVALUACIÓN FINAL DE LOS PROVEEDORES 21

4.6. GENERACIÓN DE PLANTILLA EN EXCEL PARA EVALUACIÓN DE PROVEEDORES. 21

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. 23

BIBLIOGRAFÍA.

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Causas de mermas extrusión 2014. 10

Tabla 2. Datos comparativos mermas extrusión 2013 y 2014. 11

Tabla 3. Causas de fallas operacionales en impresión tubería. 13

Tabla 4. Valores cuantitativos de los proveedores 18

Tabla 5. Valores cualitativos de los proveedores 19

Tabla 6. Matriz de Decisión Final (MDF). 19

Tabla 7. Niveles de importancia de atributos. 20

Tabla 8. Matriz de resultado análisis dimensional. 20

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Pág.

Ilustración 1.- Pareto con causas de mermas 2014. 10

Ilustración 2. Comparativo de causas de mermas años 2013 y 2014 en grafico de frecuencias relativas porcentuales 11

Ilustración 3. Diagrama Ishikawa de causas de fallas operacional en impresión tubería. 13

Ilustración 4. Plantilla en Excel para evaluación de proveedores 22

Ilustración 5. Matriz AMEF 26

INTRODUCCIÓN

El reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 030 establece que el rotulado de los tubos y accesorios plásticos, debe ser marcado mediante un sistema apropiado en caracteres perfectamente visibles, legibles e indelebles al uso recomendado por el fabricante por lo menos hasta su instalación (*Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 030.* Quito: INEN). Para el cumplimiento de este requisito se requiere equipos de impresión cuya tecnología se basa comúnmente en inyección de tinta sobre la superficie a rotular.

Las empresas generalmente administran sistemas de impresión integrados por equipos de inyección de tinta o tecnologías similares para lo cual requieren proveedores que les suministren equipos, mantenimiento, asesoría técnica e insumos.

Fallas en el sistema de impresión generan mermas en la producción debido al incumplimiento de requisitos de rotulado. Estas mermas pueden ser significativas por lo que la correcta selección de los proveedores, su evaluación y establecimiento de niveles de servicio mínimos tiene una gran importancia para la productividad y reducción de costos de operación, lo que motiva a la elaboración de este proyecto.

Dada la importancia que tiene el proveedor para las empresas en las cadenas de suministro, la selección de proveedores de servicios, partes y componentes ha llamado la atención de académicos e investigadores quienes han buscado un entendimiento sistemático de este problema en las últimas tres décadas (De

Boer, 2001). En este documento se toma la metodología para la selección de proveedores basado en el análisis dimensional expuesto por los profesores Jorge Luis García Alcaraz, Alejandro Alvarado Iniesta y Aidé Araceli Maldonado del Instituto de Ingeniería y Tecnología de la Universidad autónoma de la ciudad de Juárez – México publicado en el artículo “Selección de Proveedores basada en análisis dimensional” (Jorge Luis García Alcaraz, 2013).

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

1.1. ANTECEDENTES

La empresa en la que se desarrolla el estudio se dedica al procesamiento de polímeros para fabricar tubería, accesorios para tubería y contenedores plásticos. Esta fábrica tiene más de 57 años en la industria ecuatoriana, cuenta con dos plantas en la provincia del Guayas.

Se realizó un análisis de las fuentes de mermas generadas en la sección de extrusión tubería de PVC por fallas de operador, se encontró que la mayor cantidad de mermas provenía por impresión defectuosa de leyendas en la tubería.

El sistema de impresión de leyendas de tubería en la empresa cuenta con 37 equipos de impresión los cuales están distribuidos en las diferentes líneas de extrusión tubería. Pueden ser movidos de lugar de acuerdo a la demanda en las líneas de producción.

Los equipos de impresión trabajan las 24 horas, los siete días a la semana de acuerdo a los cronogramas de producción. Se ha designado un operador por turno para el manejo de los equipos el cual los habilita en el arranque de una línea, selecciona de la memoria del equipo la

leyenda a rotular, les da un mantenimiento básico de limpieza y atención de fallas, ingresa a la memoria del equipo nuevas leyendas en base a especificaciones y mantiene el abastecimiento de insumos en los dispositivos de impresión.

Los equipos adicionalmente pueden ser manejados por los operadores de línea para el encendido, apagado o selección de leyendas a usar.

En la memoria de un equipo se ingresa un número de leyendas de acuerdo a las líneas que estaría destinado a atender. El número de leyendas totales del sistema de impresión alcanza las 800 unidades.

1.2. IMPORTANCIA DEL TEMA

La rotulación en la tubería es un requisito de fabricación tal como lo establece el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE-INEN-030. La rotulación debe contener el diámetro nominal, espesor, presión de trabajo de la tubería, nombre del fabricante, fecha y hora de fabricación y otros datos para cumplir con esta normativa.

Fallas en la rotulación generan incumplimientos de los requisitos de calidad por lo que la tubería es separada de la producción generándose reprocesos, si las fallas en la rotulación no pueden ser corregidas, esta tubería se convierte en merma o scrap de producción.

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.

Las fallas en el sistema de impresión de tubería están relacionadas con la falla de los equipos y falta de capacitación del manejo de los equipos a los operadores por parte de los proveedores.

El sistema de impresión de tuberías en la empresa cuenta con tres proveedores de servicio de mantenimiento, abastecimiento de insumos y equipos a los cuales no se ha evaluado en forma metódica el nivel de sus servicios.

Se requiere un plan de selección y evaluación de proveedores que use técnicas numéricas probadas en otras ramas de la industria, razón que motiva la propuesta de este proyecto de tesis.

1.4. OBJETIVO GENERAL

Es de interés del departamento de producción extrusión un método de selección y evaluación de proveedores del sistema de impresión que tome en cuenta la minimización de los costos y el aumento de la confiabilidad del servicio prestado para disminuir las mermas y promover la mejora continua de la productividad del departamento.

1.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un análisis de las fuentes de mermas en la sección de tubería extrusión PVC con los datos del 2014 usando herramientas metodológicas de Gestión de Calidad.
- Generar un plan de selección y evaluación de proveedores que use atributos definidos como importantes por la empresa.
- Para la facilidad del uso de la técnica de evaluación se elaborara una plantilla en Excel siguiendo la metodología a implementar.
- Proponer el uso de una matriz AMFE para la evaluación y seguimiento de los causas de fallas identificadas en el sistema de impresión.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1. METODOLOGÍA PARA IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS DE MERMAS.

Para la identificación de las causas de mermas se usarán dos herramientas ampliamente utilizadas en la gestión de calidad total las cuales son: Gráficos de Pareto y Diagramas de causa-efecto.

Gráfico de Frecuencias.-

Estos gráficos se utilizan para variables con categorías, donde se grafica la frecuencia de esta. Un gráfico de frecuencias se forma con rectángulos que se colocan paralelamente, la altura del rectángulo indica la frecuencia.

Si los datos de las categorías corresponden al conteo de las observaciones las frecuencias se las denomina absolutas, si los datos son porcentajes se denominan frecuencias relativas porcentuales.

Gráficos de Pareto.-

El grafico de Pareto es un método de clasificación de errores, problemas o defectos. La metodología indica que el 80% de los problemas son el resultado del 20% de las causas.

Se elabora con un gráfico de frecuencias de los defectos observados, las frecuencias se muestras en orden descendente.

Diagramas de causa-efecto.-

Es una herramienta donde se determinan los elementos del proceso o causas que pueden influir en los resultados.

La forma del grafico es parecida a la de una espina de pez, cada espina representa una posible fuente de error, las fuentes de error se pueden clasificar en 6: Materiales, Mano de obra, Método, Maquinaría, Mantenimiento, Medio.

Matriz de decisión final MDF.

Se utiliza para jerarquizar las alternativas de una solución. Los pasos para su construcción son:

Definir los beneficios deseados

Determinar pesos para cada beneficio

Calificar el grado en el cual la solución produce un beneficio

Obtener la calificación final para cada solución

Escala de Likert para encuestas.

Es una escala por niveles para conocer el grado de aprobación de un encuestado ante una pregunta dada. Los niveles más usados son del 1 a 5 sin embargo se pueden elaborar escalas del 1 al 10.

2.2. METODOLOGÍA PARA LA SELECCIÓN DE PROVEEDORES.

(Jorge Luis García Alcaraz, 2013) Usa la metodología de (De Boer, 2001) para la selección de proveedores, la cual se estructura en cuatro

etapas: a) Definición del problema, b) Determinación de los atributos por evaluar, c) Evaluación de los proveedores mediante una técnica y d) Selección final de un proveedor.

Con los valores de los atributos objetivos (datos del proveedor) y subjetivos (calificaciones de un grupo de evaluación) se construye una matriz de decisión final MDF donde se usa la técnica de análisis dimensional la cual parte del supuesto de que existe una alternativa de proveedor Ideal, el cual es la alternativa con los mejores valores nominales en los atributos en cada una de las columnas de la matriz.

La técnica de Análisis dimensional compara cada una de las alternativas con aquella denominada como ideal para encontrar un índice de semejanza el cual se lo obtiene por medio de la ecuación #1.

$$IS = \sqrt[W]{\prod_{i=1}^{J+L}\left[\frac{X^{k}{}_{i}}{S_i}\right]^{w_i}}$$

Ecuación #1. Función generadora de Índices de semejanza.

IS: es el índice de semejanza.

S_i: es el valor de la alternativa ideal para el atributo i.

$X_i{}^k$: es el valor del proveedor K en el atributo i.

w_i: es la ponderación o nivel de importancia que tiene el atributo i para un grupo de expertos.

W: es la suma de valores absolutos de las ponderaciones w_i.

De acuerdo a (Jorge Luis García Alcaraz, 2013) en este modelo se emplea la metodología de ponderación usada por (Parkan, 1999) donde se solicita a un grupo de expertos que emitan sus juicios sobre la importancia que tienen los atributos evaluados para cada uno de ellos, se realiza por medio de una escala de linkert con valores comprendidos entre 1 y 9, el uno representa una importancia nula del atributo y el 9 indica una importancia extrema o esencial. Las calificaciones obtenidas para cada atributo son promediadas según la ecuación #2.

$$w_i = \frac{\sum_{R=1}^{P} O_{iR}}{P} \quad \text{Para } R = 1, 2, \ldots P \text{ e } i = 1, 2, \ldots J+L$$

Ecuación #2. Función de ponderaciones de atributos

O_{iR}: Juicio emitido por el experto R para el atributo i.

w_i: ponderación para el atributo i.

P: número de expertos que emiten su juicio.

El proveedor con el más alto índice de semejanza al proveedor idealizado es el seleccionado. A continuación se describen las cuatro etapas para la selección de proveedores aplicada para el sistema impresión de tubería.

2.3. METODOLOGÍA PARA EL SEGUIMIENTO DE LOS RESULTADOS.

Para él seguimiento de los resultados se elaborara una matriz de análisis modal de fallos y efectos AMFE metodología que se describe a continuación:

AMFE (Análisis Modal de Fallas y efectos).-

Esta herramienta permite la identificación, evaluación y prevención de posibles fallas y efectos que pueden aparecer en un producto o en un proceso.

Si la falla se analiza por defecto en un producto las causas se evalúan enfocadas al diseño, Si la falla se identifica en un proceso las causas se evalúan enfocadas en las deficiencias del producto o servicio debido al mal funcionamiento del proceso. Se han definido tablas de valores para calificar el grado de la severidad, la frecuencia de la ocurrencia de fallas y su dificultad para ser localizadas. La multiplicación de estos tres valores para cada falla genera un índice llamado número de prioridad de riesgo (NPR). Se escogen los índices más altos como prioridades para proponer acciones de mejora.

CAPÍTULO 3

3.SITUACIÓN ACTUAL.

3.1. ANÁLISIS DE LAS PRINCIPALES CAUSAS DE MERMAS.

Se realizó un gráfico de Pareto con las principales causas de mermas registrados por operación del año 2014.

Ilustración 1.- Pareto con causas de mermas 2014.

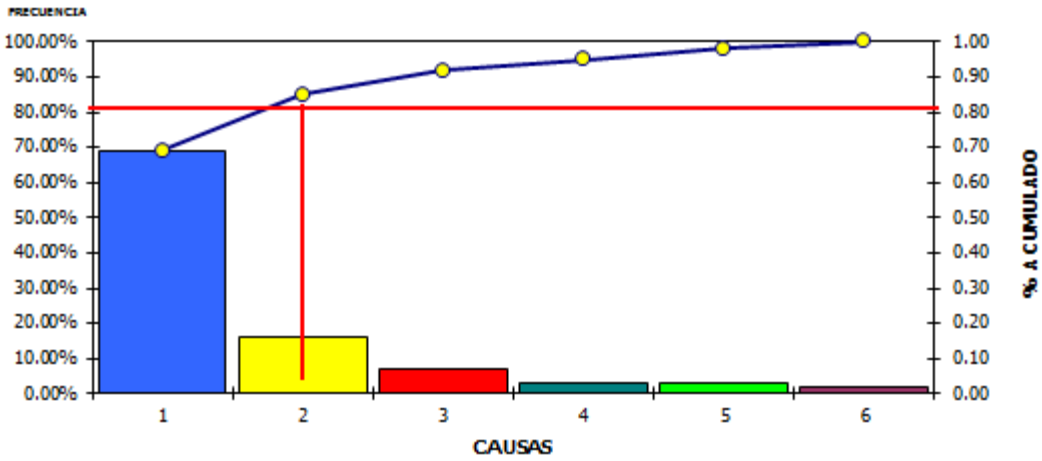

Tabla 1. Causas de mermas extrusión 2014.

N° CAUSA	DESCRIPCIÓN FALLAS OPERADOR 2014	VALORACIÓN	% ACUMULADO	PARA ACCIÓN CORRECTI
1	IMPR. DEFECT. X OPERACION	69%	69%	✓
2	APLASTAMIENTO DE ACAMPANADORA	16%	85%	
3	FALLA EN LA PRODUCCIÓN	7%	92%	
4	PARADA F/PERSONAL	3%	95%	
5	DESCENTRAM. POR OPERACION	3%	98%	
6	OTRAS CAUSAS	2%	100%	
		100%		

En el gráfico de Pareto podemos observar que en el 85% de las mermas generadas están concentradas en dos causas, por impresión con defectos y por acampanadora.

Para analizar el comportamiento de estas causas con respecto al tiempo se realizó un gráfico comparativo de frecuencias relativas porcentuales de los años 2013 y 2014.

Ilustración 2. Comparativo de causas de mermas años 2013 y 2014 en grafico de frecuencias relativas porcentuales

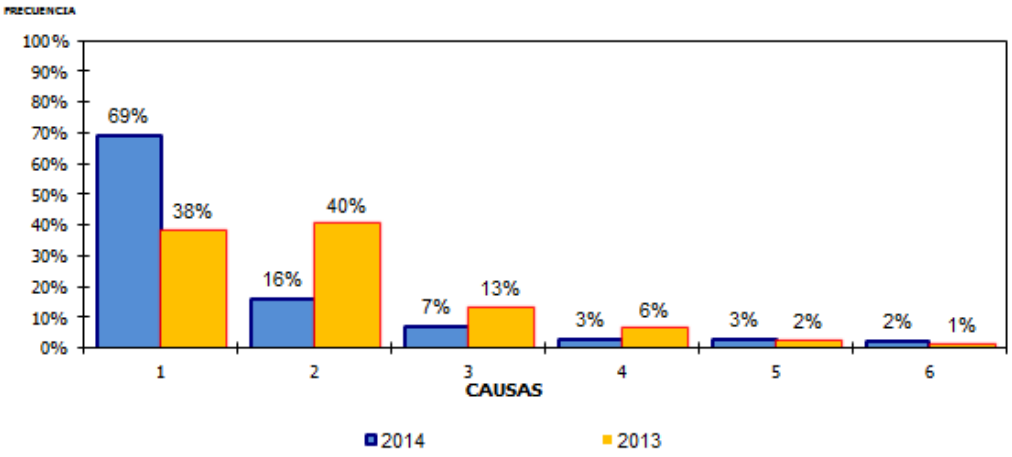

Tabla 2. Datos comparativos mermas extrusión 2013 y 2014.

N° CAUSA	DESCRIPCIÓN FALLAS OPERADOR	2014	2013
1	IMPR. DEFECT. X OPERACION	69%	38%
2	APLASTAMIENTO DE ACAMPANADORA	16%	40%
3	FALLA EN LA PRODUCCIÓN	7%	13%
4	PARADA F/PERSONAL	3%	6%
5	DESCENTRAM. POR OPERACION	3%	2%
6	OTRAS CAUSAS	2%	1%
		100%	100%

En el gráfico comparativo se observa que en el 2014 aumento el porcentaje de mermas debido a defectos de impresión respecto al 2013, por lo cual se realiza un análisis de las causas que generan las fallas en la impresión.

3.2. ANÁLISIS DE CAUSAS QUE GENERAN FALLAS EN LA IMPRESIÓN DE LEYENDAS DE TUBERÍA.

Para analizar las causas que generan defectos en la impresión de tubería se presenta un gráfico Ishikawa con las fallas definidas por personas que laboran con el sistema de impresión.

Se encontraron 6 causas de fallas las cuales estaban distribuidas en infraestructura, mano de obra y método.

Las fallas generadas en Infraestructura eran atribuidas a problemas de mantenimiento de los equipos de impresión y a la falta de capacitación sobre atención de fallas, por lo cual se da la necesidad de evaluar el servicio de mantenimiento de los tres proveedores de estos servicios.

Ilustración 3. Diagrama Ishikawa de causas de fallas operacional en impresión tubería.

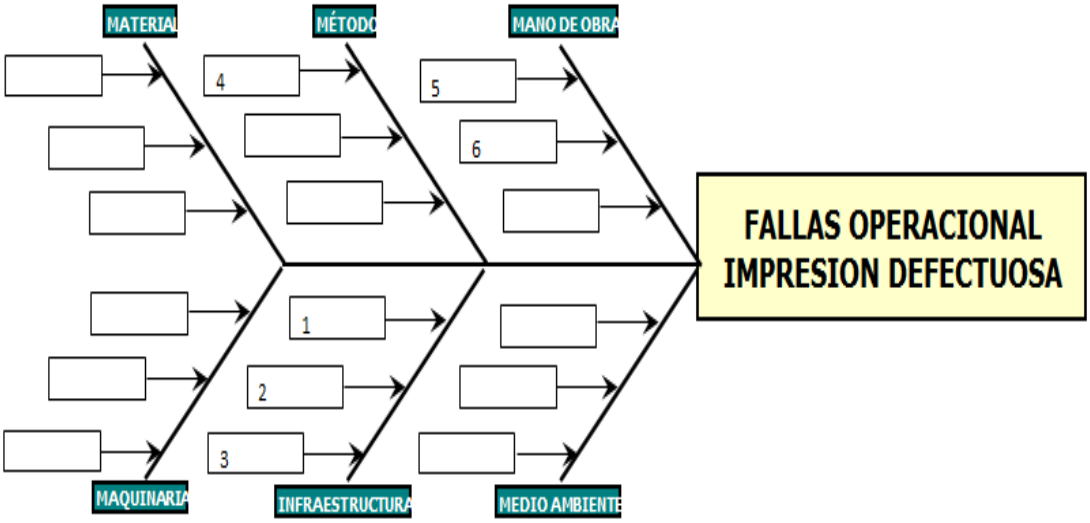

Tabla 3. Causas de fallas operacionales en impresión tubería.

Nº CAUSA	DESCRIPCIÓN	CAUSA
1	FALTA DE EQUIPOS DE IMPRESIÓN POR ESTAR AVERIADOS	INFRAESTRUCTURA
2	FALLA DE EQUIPOS EN OPERACIÓN (MAL MANTENIMIENTO)	INFRAESTRUCTURA
3	FALTA DE CAPACITACION ATENCION PRIMERAS FALLAS	INFRAESTRUCTURA
4	FALTA CONTROL ESTANDARIZACION LEYENDAS	MÉTODO
5	ROTACION CON PERSONAL NO CALIFICADO	MANO DE OBRA
6	FALLA INSPECCION VISUAL CONTENIDO LEYENDA	MANO DE OBRA

CAPÍTULO 4

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA.

4.1. DISEÑO DEL PLAN PARA SELECCIÓN Y EVALUACIÓN DE PROVEEDORES.

Para la selección de proveedores se ha seleccionado el método definido por Luitzen de Boer (De Boer, 2001) el cual divide el procedimiento en 4 etapas: a) Definición del problema, b) Determinación de los atributos, c) evaluación de los proveedores mediante una técnica y d) selección final de un proveedor.

4.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En esta etapa se describe el problema por el cual se requiere hacer una selección de proveedores y las circunstancias de estos proveedores ante los requisitos del sistema.

Para el caso de estudio se observó que se ha incrementado las mermas en el área de producción por fallas en el sistema de impresión en la sección de tubería, pasando a ser desde el 38% de causa de mermas en el 2013 al 70% en el 2014 y al 85% en el año en curso.

Las causas de las mermas están relacionadas con un aumento en la falla de los equipos de impresión, la disponibilidad de equipos y falta de capacitación lo cual es parte del servicio entregado por los tres proveedores.

Se desea valorar el servicio prestado por los tres proveedores, los cuales en lo sucesivo se denotan por PR1, PR2, PR3 y generar planteamientos de mejora para disminuir las mermas del sistema de impresión al corto y mediano plazo.

Se tomará en cuenta la opinión de los tres operadores del sistema de impresión los cuales tienen más de 3 años de experiencia manejando el sistema los cuales en lo sucesivo se denotan por E1, E2, E3.

4.3. DETERMINACIÓN DE ATRIBUTOS

(Jorge Luis García Alcaraz, 2013) Expone que los proveedores, sus productos y servicios tienen dos tipos de atributos que los caracterizan los cuales son cuantitativos y cualitativos. Los primeros se pueden medir por escalas o con dimensiones, los segundos no pueden ser expresados directamente por una unida o escala de medición y se requiere de la evaluación y experiencia de personas conocedoras en el tema.

Para el caso de estudio se definió en base a la experiencia los siguientes atributos:

Costos de mantenimiento (CM, $): Se lo expresa en unidades monetarias, se desea el menor costo. Para obtener este valor se tabulo los costos proyectados por un año en mano de obra, consumo de repuestos e insumos en el mantenimiento de cada proveedor. Se calculó el costo promedio por máquina de acuerdo a la proyección generada.

Costos de Impresión (CI, $): Se lo expresa en unidades monetarias, se desea el menor costo de impresión. Es el costo de insumos (tintas y solventes) por cada 1000 leyendas impresas. Para obtener este valor se usó datos de pruebas de consumo de insumos por 1000 leyendas este consumo se lleva a dólares multiplicando el valor de insumos consumidos.

Confiabilidad (CN, %):

Se lo expresa en porcentaje, se desea el mayor porcentaje de calidad de mantenimiento. Se calcula dividendo el número total de equipos habilitados para el número total de equipos que existen de la marca representada por el proveedor.

Tiempo de Respuesta (TR, H):

Se lo expresa en horas, se desea que el tiempo de respuesta sea el menor posible. El tiempo de respuesta se determina en 12, 24, 48, 72 horas o más. Se determina este valor en base a la experiencia del tiempo de respuesta de los proveedores a los llamados de mantenimiento.

Tecnología (TE):

Este atributo es subjetivo y se refiere a las tecnologías usadas en los equipos de impresión, se lo valora en base a la flexibilidad del uso de equipo en diferentes puestos de trabajo, las facilidades del software utilizado en su interface con el usuario, la robustez del equipo para soportar las condiciones de operación. Valores altos de tecnología son deseados.

Administración y Organización (AO):

Este atributo es subjetivo y evalúa la cultura de la empresa conformada por el proveedor, su organización para la atención al cliente, los procedimientos usados para la documentación de las visitas y su agilidad para el proceso de abastecimiento de repuestos.

Valores altos de administración y organización son deseados en los proveedores.

Capacitación (CA):

Este Atributo es subjetivo de la organización del proveedor para atender los requerimientos de asistencia técnica y de capacitación a los operadores. Las guías y formatos utilizados en la capacitación aumentan el puntaje del proveedor. Valores altos de organización para la capacitación son deseados.

Para la determinación de los atributos subjetivos o cualitativos se contó con la ayuda de tres personas las cuales son las encargadas del sistema de impresión uno por turno, las calificaciones se colocaron en una escala del 1 al 9. Una calificación de uno representa una ausencia del atributo y el 9 la máxima presencia.

4.4. APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE EVALUACIÓN DE PROVEEDORES

En la tabla # 4 se colocan los valores cuantitativos de los proveedores obtenidos de los programas de mantenimiento y pruebas en planta.

Como ejemplo podemos revisar que el Proveedor PR1 tiene costos de mantenimiento anual de 2281 dólares, costos de impresión por cada 1000 leyendas de 4.1 dólares, tiene el 88% de los equipos habilitados y su tiempo de respuesta es de 24 horas.

Tabla 4. Valores cuantitativos de los proveedores

PROVEEDOR	CM	CI	CN	TR
PR1	2281	4.10	88%	24
PR2	4016	5.71	46%	12
PR3	3047	5.94	43%	72

En la tabla # 5 se colocan las valoraciones emitidas por los tres integrantes del sistema de impresión E1, E2, E3 para los tres atributos de carácter cualitativo: la tecnología, administración y capacitación. En la parte final de la tabla se coloca el promedio obtenido de los atributos para cada proveedor.

Frecuentemente las personas no tienen los mismos niveles de preferencia sobre los atributos por lo que de la tabla #5 se escogen los valores promedios en base al metodología planteada para más detalles del método revisar (Jorge Luis García Alcaraz, 2013).

Tabla 5. Valores cualitativos de los proveedores

PROVEEDOR	Evaluador									PROMEDIO		
	E1			E2			E3					
	TE	AO	CA	TE	AO	CA	TE	AO	CA	TE	AO	CA
PR1	5	6	4	6	7	4	4	6	3	5.0	6.3	3.7
PR2	8	8	5	9	9	3	7	8	2	8.0	8.3	3.3
PR3	6	4	3	6	4	2	5	5	1	5.7	4.3	2.0

Con los valores cuantitativos de la tabla #4 y los promedios de los valores cualitativos de la tabla #5 se forma la matriz de decisión final Tabla #6 donde en la última fila se agrega el proveedor ideal (**S**) con los valores de atributos más altos reales para los cuales se quiere maximizar y más bajos reales para los cuales se quiere minimizar, además se ha fijado para el atributo de confiabilidad el 100% como requisito del proveedor ideal.

Tabla 6. Matriz de Decisión Final (MDF).

PROVEEDOR	CM	CI	CN	TR	TE	AO	CA
PR1	2281	4.1	88%	24.0	5.0	6.3	3.7
PR2	4016	5.7	46%	12.0	8.0	8.3	4.0
PR3	3047	5.9	43%	72.0	5.7	4.3	2.0
S	2281	4.1	100%	12.0	8.0	8.3	4.0
	Min.	Min.	Max.	Min.	Max.	Max.	Max.

Los valores usados para medir los niveles de importancia de cada uno de los atributos de acuerdo a los expertos se muestran en la tabla #7, en las últimas filas se muestra los valores promedio de las categorías,

los valores promedios con el signo de acuerdo a su impacto se les designa como Wi y la suma de los valores promedios en valores absolutos como W, estos datos se requieren para crear los índices de semejanza de los proveedores versus el proveedor ideal.

En la primera fila la tabla #7 se muestra el orden de jerarquía de los atributos de acuerdo a la valoración de los expertos.

Tabla 7. Niveles de importancia de atributos.

Orden	3	1	2	6	5	7	4
EXPERTO	**CM**	**CI**	**CN**	**TR**	**TE**	**AO**	**CA**
E1	8	9	9	4	4	4	7
E2	8	8	8	5	5	3	6
E3	7	9	8	6	7	5	6
PROMEDIO	7.7	8.7	8.3	5.0	5.3	4.0	6.3
Wi	-7.7	-8.7	8.3	-5.0	5.3	4.0	6.3
	Min.	Min.	Max.	Min.	Max.	Max.	Max.
SUMA ABS PROMEDIOS (W)	45.3						

Con los valores de la matriz de decisión final tabla # 6 y los valores del nivel de importancia obtenidas en la tabla # 7 se aplica la ecuación #1 para obtener el índice de semejanza (expresado en porcentaje) alcanzado por cada proveedor, los valores son tabulados en la columna IS de la tabla #8. En la última columna se muestra el orden en que deberían ser elegidos los proveedores de acuerdo a este índice.

Tabla 8. Matriz de resultado análisis dimensional.

PROVEEDOR	**CM**	**CI**	**CN**	**TR**	**TE**	**AO**	**CA**	**IS**	**Orden**
PR1	1.00	1.00	0.34	0.03	0.08	0.33	0.58	83%	**1.0**
PR2	0.01	0.06	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	74%	**2.0**
PR3	0.11	0.04	0.00	0.00	0.16	0.07	0.01	51%	**3.0**

4.5. EVALUACIÓN FINAL DE LOS PROVEEDORES

La evaluación de los proveedores por este método indica que el proveedor PR1 es el que tienen el mejor nivel de servicio de los tres con un 83% de semejanza a un proveedor ideal, también se puede observar que los proveedores PR2 y PR3 tienen un nivel de servició por debajo del 80%.

Para disminuir las mermas generadas por problemas en el sistema de impresión se puede establecer un nivel de servicio de proveedores no menor al 80%.

4.6. GENERACIÓN DE PLANTILLA EN EXCEL PARA EVALUACIÓN DE PROVEEDORES.

Se generó una plantilla en Excel para facilitar el proceso de ingreso de datos, cálculos y evaluación final.

La plantilla se presenta con la pantalla dividida, en la primera parte se presentan las tablas con campos en blanco para el ingreso de los atributos cuantitativos y cualitativos del proveedor, además se presenta una tabla para el ingreso de las encuestas con escalas Likert del 1 al 9 para cuantificar los niveles de importancia de los atributos por parte de un grupo de expertos, se escoge cuál de estos atributos se desean maximizar o minimizar de acuerdo a su impacto, ejemplo; se desea

maximizar el porcentaje de confiabilidad de los equipos y minimizar los costos de impresión. En la segunda parte se presenta los resultados de la matriz de decisión final (MDF) con el análisis dimensional, se muestra en forma automática el orden y se resalta el proveedor en primer lugar.

Ilustración 4. Plantilla en Excel para evaluación de proveedores

Valoración Cuantitativa de los atributos

PROVEEDOR	CM	CI	CN	TR
PR1	2281	4.10	88%	24
PR2	4016	5.71	46%	12
PR3	3047	5.94	43%	72

Valoración Cualitativa de los atributos

PROVEEDOR	Evaluador									PROMEDIO		
	E1			E2			E3					
	TE	AO	CA	TE	AO	CA	TE	AO	CA	TE	AO	CA
PR1	5	6	4	6	7	4	4	6	3	5.0	6.3	3.7
PR2	8	8	5	9	9	3	7	8	4	8.0	8.3	4.0
PR3	6	4	3	6	4	2	5	5	1	5.7	4.3	2.0

Matriz de Importancia de los Atributos.

Orden	3	1	2	6	5	7	4
EXPERTO	CM	CI	CN	TR	TE	AO	CA
E1	8	9	9	4	4	4	7
E2	8	8	8	5	5	3	6
E3	7	9	8	6	7	5	6
PROMEDIO	7.7	8.7	8.3	5.0	5.3	4.0	6.3
Wi	-7.7	-8.7	8.3	-5.0	5.3	4.0	6.3
	Min.	Min.	Max.	Min.	Max.	Max.	Max.
SUMA ABS PROMEDIOS (W)	45.3						

Matriz de Resultados Analisis Dimensional.

PROVEEDOR	CM	CI	CN	TR	TE	AO	CA	IS	Orden	
PR1	1.00	1.00	0.34	0.03	0.08	0.33	0.58	83%	1.0	Primer Lugar
PR2	0.01	0.06	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	74%	2.0	Primer Lugar
PR3	0.11	0.04	0.00	0.00	0.16	0.07	0.01	51%	3.0	Primer Lugar

Hoja1 Hoja2 Hoja3

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

En este proyecto se aplicaron las técnicas de gestión de calidad total para identificar las principales causas de mermas en la sección de extrusión tubería. En el 2014 se registró que el 69% de las causas de mermas fue debido a problemas con la impresión de tubería.

Al comparar en un histograma de frecuencias relativas porcentuales las causa de mermas del 2013 y del 2014 se observa que las causas por fallas en el sistema de impresión en el 2014 se han incrementado hasta casi duplicarse porcentualmente comparado con el 2013.

En el diagrama de Ishikawa se encontró que las tres principales causa de las fallas en el sistema de impresión provenían de un bajo nivel de servicio de mantenimiento por parte de los proveedores del sistema.

Para medir el nivel de servicio de los proveedores del sistema de impresión se usó el método planteado por (Jorge Luis García Alcaraz, 2013) con una técnica de análisis dimensional.

En la matriz de decisión final se calificó al proveedor #1 con un 83% de semejanza respecto a un proveedor ideal, los proveedores #2 y #3

tienen una calificación menor al 80% observándose mayor diferencia con el valor deseado en el proveedor #3 con un puntaje del 51%.

El método descrito para la evaluación de proveedores resulta fácil de usar y explicar a los usuarios dado que usa el concepto de semejanza con un proveedor idealizado.

Otra ventaja de este método es que no requiere de software especializados, pudo ser aplicado usando una plantilla en Excel.

Se recomienda para disminuir las mermas en el sistema de impresión se exija a los proveedores un nivel de servicio superior al 80% evaluado con el método descrito. Establecer penalidades en caso de incumplimiento de este nivel lo cual debe estar contemplado en la reanudación del contrato.

De acuerdo a datos evaluados en la matriz de decisión final uno de los criterios que hay que trabajar y que impacta significativamente en el nivel de servicio es el de confiabilidad de los equipos el cual se lo calcula con el número de equipos habilitados vs el número total de equipos que se tienen de la marca del proveedor. Para que un proveedor aumente significativamente su nivel de servicio debe establecer estrategias, planes de mantenimiento y capacitación para tener el 100% de los equipos de su marca habilitados.

Este método de evaluación de proveedores por su facilidad de implementación puede ser usado en otros procesos de selección del departamento de compras, por lo cual se recomienda la generación de un procedimiento documentado en el sistema de gestión.

Para el seguimiento de la evolución de las mermas en la sección de extrusión después de la implementación de las mejoras recomendadas se plantea el uso de una matriz AMFE donde se han identificado las principales causa de fallo, las acciones recomendadas y su valoración NPR.

El mayor índice NPR se obtuvo en el modo por falla de equipos PR3 en proceso, la causa se identifica por el bajo nivel de servicio del Proveedor #3 el cual es el 51%, como acción de mejora se plantea penalizar los niveles de servició por debajo del 80%.

Ilustración 5. Matriz AMEF

Lugar y Fecha: Planta Durán, Agosto 3 del 2015
Departamento/Area/Sección: Producción/Extrusión/Tubería

AMEF

AMEF DE: Equipo o Proceso	ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE LA FALLA	Departamento: Producción	Responsables: .....
PROCESO	AMEF No. 001 FECHA DE JUNTA DE REVISIÓN: 03/08/2015	Sección: Extrusión	

Proveedor afectado.	Descripción	Nombre del PROCESO	Número: --	Departamentos involucrados:	Fecha: .....
		Sistema de Impresión Tubería	Modelo: --		Hoja 1 de 1

Descripción PROCESO	Función del PROCESO	Modo de Falla	Efecto de la Falla	Causa de la Falla	Situación Actual: Acciones Actuales	OCUR	SEVE	DETE	NPR	orden	Acciones Recomendadas	Responsable	Situación Actual: Acciones Adoptadas	OCUR	SEVE	DETE	NPR
Impresión de tubería en la sección de extrusión.	Rotular la leyenda en tubería de acuerdo a especificaciones internas	Equipos de impresión deshabilitados por falta de núcleos.	Falta de equipos. Paro menor de producción.	Deshabastecimiento de nucleos por no planificarlos en el presupuesto.	Compra se carga al gasto	10	5	8	**400**	2	Elaborar presupuesto de gastos compra nucleos. Coordinar con proveedor abastecimiento	SPDTE					**0**
		Falla equipos PR3 en proceso	Generación de mermas. Uso de equipos que no tienen leyendas en memoria.	Bajo nivel de servicio mantenimiento proveedor PR3 (51%)	Mantenimiento correctivo	10	5	9	**450**	1	Penalizar niveles de servicio menores al 80%	SPDTE					**0**
		Equipos deshabilitados con fallas de nivel basico de reparación.	Generación de mermas. Uso de equipos no preparados, errores en leyendas seleccionadas.	Desconocimiento de manejo de equipos y acciones basicas de mantenimiento.	Llamado a tecnico para arreglo de fallas	8	4	7	**224**	3	Capacitación de uso y solucion de fallas basicas.	SPDTE					**0**
		Leyenda erronea en tubería	Tubería separada por incumplimiento de especificación, generación de mermas	Base de datos leyendas incompleta en memoria impresoras, operador crea leyenda varias veces	Recuperación de tubería	8	4	5	**160**	4	Actualizar base de datos leyendas en memoria impresoras, control de ediciones.	SPDTE					**0**

SPDTE: Superintendente de departamento

Bibliografía

De Boer, L. L. (2001). A review of methods supporting supplier selection. En L. L. De Boer, A review of methods supporting supplier selection Vol 7 (págs. 75-89). Euro: J. Purch & Supply Manage.

INEN. (2010). *Reglamento Tecnico Ecuatoriano RTE INEN 030.* Quito: INEN.

Jay Heizer, B. R. (2007). Gestión de la calidad, Herramientas TQM. En B. R. Jay Heizer, *Dirección de la producción y de operaciones* (págs. pp 257-261). Madrid: Pearson educación S.A.

Jorge Luis García Alcaraz, A. A. (1 de Julio de 2013). *Portal de Revistas cientificas y arbitradas de la UNAM.* Obtenido de Articulo; Selección de Proveedores basada en análisis dimensional.: http://www.revistas.unam.mx/index.php/rca/article/view/40957

Parkan, C. a. (1999). Decision making and perfomance measurement models with applications to robot selection. En C. a. Parkan, *Decision making and perfomance measurement models with applications to robot selection.* (págs. Vol 36; pp 500-523). Computer & Industrial Engineering.