

ESTUDIO DE DESPERDICIO DE MATERIA PRIMA EN EL PROCESO DE REVESTIDO DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS DE COBRE

AUTORES

Irene Katuska Reinoso Velarde¹

Marcos Tapia Quincha²

¹Ingeniero Industrial, 2003

²Director de Tesis, Ingeniero Mecánico, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1979, Postgrado Ecuador, Escuela Superior Politécnica del Litoral 1998, Profesor de la ESPOL desde 1981.

RESUMEN

En este estudio se realizó un análisis del proceso de revestimiento de cables de una empresa que fabrica conductores eléctricos, mismo que estaba provocando costos excesivos debido a los problemas en el proceso que ocasionan desperdicios por rechazos y excesos de materia prima utilizada. El primer paso fue corroborar que el proceso de revestimiento estaba ocasionando la mayor cantidad de costos por fallas en el proceso. Luego se determinó el producto que mayor incidencia tenía en dichos costos, el mismo que fue tomado para el estudio.

Una vez seleccionado el producto se realizó el costeo del proceso de revestimiento del cable utilizando el método de costos por secciones para identificar las actividades que están ocasionando más pérdidas. La determinación del costo del proceso consistió en dividir en secciones y asignar costos a cada actividad que se realiza durante el proceso y se determinó los costos de calidad que incluyen costos de prevención, evaluación, fallas internas y fallas externas. Posteriormente mediante un análisis causa efecto se determinó las causas más incidentes en los costos y a partir de esto se propuso un plan de mejoramiento continuo basado en la implantación de un sistema de costos de calidad que permitirá monitorear y evaluar periódicamente el proceso.

INTRODUCCIÓN

La empresa fabrica y vende conductores eléctricos de cobre, desnudos y revestidos con PVC, extensiones eléctricas, y PVC. La tecnología que se utiliza en la empresa va desde actividades que se realizan manualmente como embalaje de producto terminado, despunte de conductores; hasta aquellas en las que se usan equipos sofisticados como inyección de plugs en las extensiones. La materia prima que se utiliza en la elaboración de los productos en su mayoría es importada y el restante se lo compra localmente.

Cada producto tiene una especificación referente a la cantidad de cada materia prima que debe contener para su elaboración. Los productos luego que son fabricados se los somete a pruebas de

calidad y de conducción eléctrica. Los rechazos se producen cuando el producto terminado no pasa las pruebas e inspecciones y se incurre en desperdicios tanto de tiempo como de material. Hay desperdicio principalmente de PVC, puesto que el conductor puede volver a ser revestido mientras que el PVC es desechado debido a que pierde sus condiciones originales, ocasionando grandes pérdidas económicas.

CONTENIDO

1. Proceso

Se describió el proceso de revestimiento de cables. La figura 1 muestra el diagrama del proceso, constan las actividades principales del proceso y la persona que la realiza.

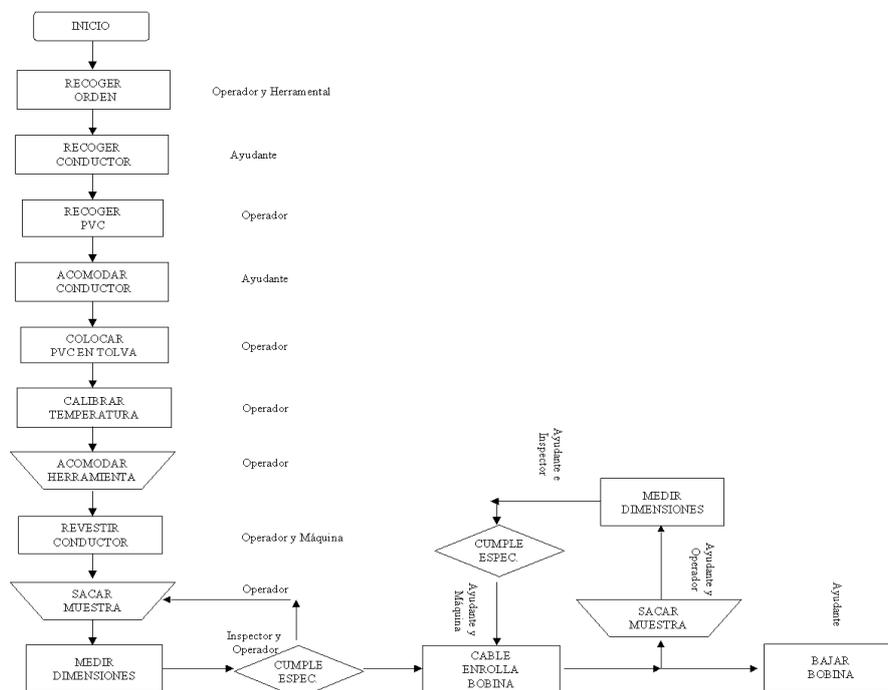


Figura No. 1.- Diagrama de Flujo del Proceso de revestimiento de cables

2. Análisis de Datos y Causas de Desperdicio

Se presentó cantidades utilizadas y rechazadas de PVC, cantidades procesadas y rechazadas de cobre, cantidad de cables rechazados y las causas, y la materia prima utilizada en exceso al fabricar los conductores. Después se determinó los principales problemas que causan desperdicio. Se los clasificó en esporádicos y crónicos y se indicó las posibles causas de estos problemas.

3. Selección y Justificación de la Línea de Producción Objeto de Estudio

Por razones de extensión y por cuanto los procedimientos de análisis y mejoras de los procesos son repetitivos, para el presente estudio se escogió un producto que represente mayores costos para la empresa, para aplicarle el análisis de costos.

Para seleccionar este producto se estableció algunos criterios para comparación que fueron: Producción, Desperdicio y Exceso de Materia Prima Utilizada, Estimación de los Costos por el Desperdicio y Exceso de Materia Prima Utilizada.

Los datos que se usaron en este análisis de selección de la línea de producto son los del primer semestre del 2002, por cuanto a partir de este periodo fueron tomados con mayor rigurosidad utilizando mejor control de lo ocurrido durante el proceso. Una vez obtenidos los datos se procedió a hacer el análisis utilizando el Diagrama de Pareto, se determinó que el producto que está generando mayores costos, es el cable SRDT que es un cable formado por cuatro venas (blanca, negra, verde y roja) y que se utiliza exclusivamente para fabricar extensiones que se exportan a Estados Unidos.

4. Determinación del costo del proceso y de la calidad

Seleccionado el producto, se procedió a calcular los costos del proceso, de la calidad y de la mala calidad. Para realizar el cálculo se utilizó los datos de la producción de julio a diciembre del año 2002. Se escogió este periodo por considerar que para este análisis se necesitaban valores actualizados.

Se utilizó el método de costos por Secciones (Full Costing), que permite obtener el coste total de un producto a través de la suma de los costes de cada fase de su elaboración. Se siguieron los siguientes pasos:

1. Se dividió en secciones principales, Revestimiento de Cable (donde se reviste el cable) y Herramental (tiene las guías y boquillas que se colocan en la extrusora); y secciones auxiliares, Mantenimiento, Control de Calidad y Programación.
2. Se asignaron los costos producidos en cada sección. La tabla No. 1 muestra los costos de cada sección. En este estudio se hizo un análisis de costos de calidad detallando cada actividad realizada que está relacionada con la calidad, por eso la tabla no muestra el costo de la sección de control de calidad.
3. Se calculó el costo por unidad de obra por sección. Se estableció la unidad de obra de cada sección (unidad de medida del producto que sale del proceso) en este caso el metro, se dividió el costo de cada sección para la cantidad de unidades de obra correspondientes. Ver tabla No. 2.
4. Se procedió a determinar el costo de calidad que involucra los costos de prevención y evaluación, y de mala calidad, que incluye costos de fallas internas y externas para el proceso. Para determinar estos costos se detalló las actividades para cada tipo de costo, personas involucradas, el costo de la hora/hombre de cada persona que participa en la actividad y los costos de los insumos y los equipos utilizados.

Tabla No. 1
Costos de Secciones Principales y Auxiliares

Recursos	Secciones Principales		Secciones Auxiliares	
	Revestimiento del Cable	Herramental	Mantenimiento	Programación
Materiales	226.825,91	87,64	70,43	8,86
Personal	6.107,86	7,13	904,80	1.773,00
Alquileres			180,00	
Amortización	4.166,77	87,66	25,00	63,94
Energía	695,94	69,59	145,98	180,94
Total	237.796,48	252,02	1.326,21	38,23

Tabla No. 2
Costo por Unidad de Obra Mensual para las Secciones Principales y Auxiliares

Sección	Costo por Unidad de Obra						Costo promedio mensual
	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Revestimiento de Cables	0,978	0,988	0,975	0,975	0,982	0,979	0,980
Herramental	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,003	0,001
Mantenimiento	0,004	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003
Programación	0,005	0,006	0,006	0,005	0,006	0,007	0,006

Costos de Prevención

Las actividades para prevención fueron: Planeación de la Calidad, Control de Procesos, Entrenamiento del personal, Verificación del Diseño del Producto, Desarrollo y Administración del Sistema. En la tabla No.3 se muestra los costos promedios mensuales por cada actividad.

Tabla No. 3
Costo promedio mensual de Prevención

Tipo de Costo	Costo promedio mensual (\$)
Planeación de calidad	152.99
Control de Procesos	15.29
Verificación del Diseño	30.40
Desarrollo y Administración del Sistema	11.40
Costo total mensual promedio	210.08

Costos de Evaluación

Las actividades para evaluación son: Inspección y pruebas de materiales, Mediciones en laboratorio, Inspección final, Pruebas, Preparación para Pruebas e Inspección, Material y equipo para pruebas e inspección, Conservación y calibración del equipo de pruebas y de inspección. En la tabla No.4 se muestra los costos promedios mensuales por cada actividad

Costos de Fallas Internas

Las actividades para fallas internas son: Desperdicios, Retrabajo, Costos por suministros de materiales, Consulta entre los ingenieros de la fábrica. En la tabla No. 5 se muestra los costos mensuales promedio de cada tipo de costo por fallas internas y el total.

Tabla No. 4
Costo promedio mensual de Evaluación

Tipo de Costo	Costo Promedio mensual (\$)
Inspección y Pruebas	126,90
Mediciones en Laboratorio	44,23
Inspección final	11,00
Pruebas	180,38
Preparación para Pruebas	30,49
Material y equipo para pruebas e inspección	189,82
Conservación y calibración del Eq. de Pruebas e Inspección	69,06
Costo total mensual promedio	651,88

Costos de Fallas Externas

Debido a que no hubo quejas de parte de clientes externos este ítem no se consideró para el cálculo de los costos de calidad, sin embargo la actividad de restitución de material, considerada como costo por fallas externas, se la considerará en los costos por fallas internas, específicamente en el ítem de desperdicios.

Tabla No. 5
Costo Promedio mensual de Fallas Internas

Tipo de Costo	Total (\$)
<input type="checkbox"/> Desperdicios	11.727,55
<input type="checkbox"/> Retrabajo	30,00
<input type="checkbox"/> Costo por suministro de materiales	20,13
<input type="checkbox"/> Consulta entre los ing. de fabrica	125,22
Costo total mensual promedio	11.902,90

Obtención del Costo Total de la Calidad y Costo por unidad de obra

Se calculó el costo total de la calidad sumando los costos de prevención, evaluación y fallas internas, ver tabla No. 6; luego se calculó el costo por unidad de obra de la calidad dividiendo el costo mensual de calidad y mala calidad para la cantidad de cable producido en metros por cada mes, luego se obtuvo el promedio de cada uno, ver tabla No.6.

Tabla No. 6
Costo promedio mensual y Costo por Unidad de Obra total de la Calidad

Fuente de Costos	Costo	Costo promedio mensual (\$)
Costo de Prevención	210,08	0,006
Costo de Evaluación	651,88	0,022
Costo de Fallas Internas	11.902,90	0,299
Total	12.764,86	0,327

Obtención del Costo Total del Producto

Se obtuvo el costo de producir una unidad de producto sumando los costos por unidad de obra de las secciones Revestimiento de cables, herramental, mantenimiento y programación junto con el costo de la materia prima. Luego se sumó el costo por unidad de obra de calidad. Ver tabla No.7.

Se analizó los costos obtenidos y se observó que el 85,03% es por el proceso de producción de cables, 1,28% es de costos de calidad y 13,68% a costos de mala calidad. Se propuso realizar un análisis del proceso y mejorarlo. También se pudo notar que el porcentaje de costos de mala calidad que corresponde a fallas internas es mucho mayor en comparación con el costo de calidad (prevención y evaluación). Se realizó un estudio de las actividades que se realizan como prevención, evaluación y fallas internas, para determinar cuales de estos deben reducirse.

Tabla No. 7
Costo de producir (revestir) una unidad de producto

	Descripción	Costo por unidad de producto (\$/m)	Porcentaje en función de cada subtotal(%)	Porcentaje en función del costo total(%)
Costo del proceso	Cable	0,750	40,37	3,43
	PVC	0,118	6,35	5,40
	Extrusión Cables	0,980	52,74	44,85
	Herramental	0,001	0,05	0,05
	Mantenimiento	0,003	0,16	0,14
	Programación	0,006	0,32	0,27
Subtotal		1,858	100	85,03
Costo de calidad	Prevención	0,006	1,83	0,27
	Evaluación	0,022	6,73	1,01
	Fallas Internas	0,299	91,44	13,68
Subtotal		0,327	100	14,97
Costo Total por metro		2,185		

Se establecieron las actividades más costosas y se determinó que los mayores costos generados son debido a los desperdicios, pruebas seguidas de materiales y equipos para inspección y pruebas, causadas por: procedimientos no detallados correctamente, falta de información, falta de control en el proceso, falta de capacitación, máquina en mal estado, no se limpia adecuadamente la máquina, demora en compra de repuestos y reducción del presupuesto de capacitación.

Se pudo notar que a pesar de haber inspección por parte del departamento de control de calidad hay rechazos, esta también es una causa que origina problemas. Se observó también que los costos de evaluación no representan un costo significativo, por lo que se puede introducir actividades adicionales de evaluación sin que exista incrementos significativos de costos por este concepto, realizando actividades de control durante el proceso por parte del operador o supervisor del área.

5. Propuesta de Mejora Continua basada en Sistema de Costos de Calidad

Se determinó un plan de mejoras que se implementará para reducir los costos en el que se incluye el sistema de costos de calidad, la capacitación al personal que opera las máquinas extrusoras y actividades de control durante el proceso. Se estableció las herramientas estadísticas de control para el proceso y los formatos de registro de datos, con esta información el departamento de producción podrá observar en que momento y en que puntos del proceso se están produciendo las fallas. Las herramientas estadísticas de control que se emplearán son: las Hojas de Registro y Cartas de Control.

Las hojas de registro se llenarán con los datos que se obtengan de las mediciones de espesor del cable, cantidad de defectuosos y motivo de rechazo del cable realizadas por el operador, el peso de la muestra de cable que saca el operador. Las cartas de control que se utilizarán son: Gráfica p (fracción de defectuosos) y Gráfica $\bar{x} - R$ (gráfica de control para controlar la variación de las mediciones)

Se rediseñó el proceso de revestimiento de cables, se propuso retirar al ayudante y que el supervisor realice operaciones de control en el proceso. Otra de las mejoras es la compra de un medidor óptico para medir que el espesor del cable no pase del especificado. Se estableció que el objeto de control será: Espesores de aislamiento, Causas de rechazo de material, Cantidad en metros rechazados por cada causa, exceso de PVC utilizado.

Se establecieron metas de control que deberán cumplirse a medida que se vayan implantando las mejoras. En lo referente al exceso de PVC, que se utiliza en la fabricación de los cables aislados, se tiene como meta bajar un 2% semestral luego de la implantación de las mejoras. Se planteó como meta inicial reducir en un 50% los rechazos que ocasionan desperdicios. Esta reducción influirá en la disminución de los costos de mala calidad.

Se determinaron los procedimientos que el supervisor realizará durante el control del proceso, también se definió el procedimiento que deberá seguir el programador e inspectores de control de calidad que están encargados de realizar otros controles durante el proceso.

Implantación del Sistema de Costo Total de Calidad

Para comprobar la factibilidad de la implantación se calculó el ROI para evaluar la rentabilidad económica de la inversión, a través de la comparación del importe invertido en la acción formativa y en equipos para control y el ahorro producto de la implantación de las mejoras.

Para este cálculo se consideró, el valor del medidor óptico es de \$10.000 que se lo pagarán en dos años, capacitar al personal que labora en la sección de revestimiento de cables(\$56.369,20), las actividades de control durante el proceso se incrementará en aproximadamente un 40% el costo de calidad, esto implica una inversión mensual estimada de 912,63 lo que equivale a \$10.951,58 en el año. Esto equivale a un total de \$72.320,78. Se estimó el ahorro anual que se va a generar al realizar las mejoras propuestas en un valor de \$82.817,19.

La fórmula para el cálculo de este valor es: $ROI = \frac{\text{Beneficio}}{\text{Inversión}}$

Beneficio neto= Beneficio – inversión= 82.817,19 – 72.320,78= 10.496,41

$$\text{ROI} = \frac{10.496,41}{72.320,78} = 0.1451, \text{ lo que equivale a } 14,51\% \cong 15,00\%$$

este resultado permite visualizar que después del primer año de implantadas las mejoras se recuperará en un 15% el valor que se invirtió.

Se asignaron las responsabilidades de la siguiente forma:

- ✓ Mediciones y registro de espesores y defectuosos: Supervisor
- ✓ Graficar de Control: Supervisor
- ✓ Obtener datos de Costos de calidad y comparar: Programador
- ✓ Obtener pesos de cable y registrarlos: Inspector de Control de Calidad
- ✓ Comparación de Pesos de Materias Primas : Inspector de Control de Calidad

Los formatos de las hojas de registro son los siguientes:

- ✓ Hoja de registro de espesores, registrará los valores de los espesores que se midan.
- ✓ Hoja de Registro de rechazos de cable, registrará el motivo por el que se rechazó el cable, la fecha y la cantidad que fue rechazada.
- ✓ Hoja de registro de pesos de cable por bobina, registrará el peso por metro obtenido.
- ✓ Hoja de comparación de pesos, registrará el peso promedio por metro, cantidad fabricada, el peso teórico, el peso teórico por cantidad fabricada y el peso real por cantidad fabricada
- ✓ Hoja de Registro de Recursos para cada sección, registrará los recursos utilizados en cada sección principal y auxiliar, incluyendo el costo unitario de cada uno.
- ✓ Hoja de comparación de costos de calidad, registrará los costos de calidad y mala calidad que se obtengan por mes, y se los compara con los costos base resultado de este estudio
- ✓ Hoja de registro de costos por secciones, en esta hoja se registrará los costos por secciones obtenidos

Detalle de Procedimientos del Sistema de Calidad

Los procedimientos para la operación del sistema son:

- Después de los cambios establecidos, se procederá a tomar nuevamente tiempos de las actividades que se realizan después del cambio.
- Del registro de defectuosos el programador obtiene las cantidades que se rechazaron para calcular el costo de desperdicios físicos.
- Diariamente se verifica si ha habido retrabajo como consecuencia de rechazos de cable que puede ser reprocesado y se anota.
- Cada informe de No Conformidad se conA 1.2tabiliza y se archiva por tipo de conductor.

- Cada estudio que se generó por el informe de No Conformidad debe ser registrado junto con el tiempo que se tomó en solucionar completamente el problema, este registro se hará en el mismo informe.
- El registro de la chatarra de PVC y Cobre generado por calidad se pasará al registro de los costos de Calidad.
- El valor de la calibración que se hace anualmente debe registrarse en el formato de los Costos de Calidad.
- Las charlas de capacitación que se den posteriormente debe registrarse, tanto su valor como el tiempo que se dicte y las personas que asistan.

Debido a la necesidad de reducción de los costos se estableció una revisión mensual de los costos de calidad.

6. Recomendaciones

Como recomendaciones tenemos:

- Se debe extender este estudio a las otras secciones de producción y los otros productos que fabrica la empresa.
- Se debe realizar lo más urgente posible la implantación del sistema de costos de calidad para poder monitorear si las mejoras que se implanten están dando como resultado la reducción de los costos excesivos encontrados.
- Se recomienda realizar un estudio relacionado con el mantenimiento de las máquinas que realizan el revestimiento del cable, ya que entre las causas que se mencionó en el análisis de Ishikawa relacionado con los desperdicios se mencionó el mal estado de la maquinaria.
- Después de pasado el año de implantación de las mejoras debería realizarse un análisis y verificar cuanto de la inversión se recuperó verdaderamente, ya que los valores que se utilizaron en el cálculo del ROI fueron estimados.

CONCLUSIONES

Como conclusiones de este estudio tenemos:

- A través del análisis de la información existente se estableció que el nivel de rechazo que se producía estaba por encima del promedio de la competencia local, observándose que el nivel de desperdicio en el cobre era de 3,55% promedio y en PVC 4,857%, mientras que la competencia tiene un promedio de rechazo en cobre de 1% y 1,5% en PVC.
- Con el análisis de la producción se logró determinar los defectos más incidentes en los desperdicios, encontrándose que los desperdicios más altos eran diámetro y espesor bajo, granulaciones y diámetro de alambre bajo.

- Mediante la comparación de los costos generados por los rechazos y exceso de consumo de materia prima se pudo determinar el producto al que se le aplicaría el análisis de costos.
- Después del análisis de costos se determinó el costo total del producto, además del costo total de calidad, cuyos valores fueron: costo de prevención 0,27\$/m, costo de evaluación 1,01\$/m, costo de fallas internas 13,68\$/m, lo que permite notar que a pesar de realizarse actividades de prevención y evaluación estas no son suficientes ya que hay costos altos generados por fallas.
- Del análisis realizado a los costos de calidad y mala calidad se determinó que la mayor causa de estos costos son los desperdicios con un 91,874%.
- Analizando las causas que generan los desperdicios se encontró que las causas predominantes son: procedimientos no detallados correctamente, falta de información, falta de control en el proceso, falta de capacitación, máquina en mal estado, no se limpia adecuadamente la máquina, demora en compra de repuestos y reducción en costos de capacitación
- Según el análisis de rentabilidad de la implantación del sistema de costos de calidad se encontró que la tasa de rendimiento de la inversión para el primer año sería de 15% aproximadamente, esto significa que se recuperará en el primer año 15% de la inversión en la implantación de mejoras.

Referencias

1. Amat Oriol, Costes de calidad y no calidad (EADA Gestión), pp. 9-18, 20-25, 33-40, 49-57, 63-72, 85-94, 97-106, 111-122.
2. C.B. Ruy de, Filho Lourence, Control Estadístico de Calidad (PARANINFO, España, 1974), pp 39-42, 72-84, 175-181.
3. Cuatrecasas Lluís, Gestión Integral de la Calidad (Gestión 2000, España, 1999), pp 36-42
4. Grant Ireson W., Grant Eugene L., Biblioteca de Ingeniería Industrial (2da Edición, Editorial Continental, México, 1982), pp 616-628, 785-789.
5. James Paul, Gestión de la Calidad Total (Prentice Hall, España, 1997), pp 124-240,242
6. Juran J.M., Gryna Frank M., Manual de Control de Calidad (cuarta edición, Volumen I, Editorial Mc Graw Hill, México), secciones 4.1-4.28
7. Hitoshi Kume, Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad (Grupo Editorial Norma), pp. 23-27, 31-37, 39-46, 101-144.
8. Riggs James L., Sistemas de Producción (1era edición 9na reimpresión, Editorial Limusa, México, 1990), pp 291-296

Ing. Marcos Tapia

Director de Tesis