

Diseño De Un Modelo De Gestión De Procesos Para El Mejoramiento De La Productividad Y Calidad Aplicado Al Proceso De Montaje De Estructuras Metalmecánicas De Una Compañía En La Ciudad De Guayaquil.

Huber Salazar Ing., Marcela Huayamave Ing.
Instituto de Ciencias Matemáticas
Escuela Superior Politécnica del Litoral

Resumen

Existen empresas cuyos procesos principales no se encuentran ligados entre sí, no se encuentran estructurados o controlados; generando una baja eficiencia en su rendimiento lo que causa malestar o insatisfacción en los clientes, por su puesto esto afecta a la rentabilidad de la compañía.

Con este estudio se diseñó un modelo de gestión de procesos mejorando la productividad y calidad de las operaciones de un proceso de montaje de estructuras metalmecánicas, el cual se encontraba completamente desligado de los procesos con los que debía tener relación directa. Este diseño permitió renovar la imagen de la empresa y aumentar su rentabilidad, así como la satisfacción al cliente, mediante la planeación, medición, análisis y mejora, teniendo como base fundamental el uso y aplicación de modelos de control estadísticos.

Al final de este proyecto, se logró diseñar la estructura de un modelo de gestión para la mejora de procesos, especialmente el proceso de montaje el cual no estaba ligado al sistema de gestión de la empresa, se logró establecer planificaciones más ajustadas a los tiempos reales, usando el método de Holt, el cual consiste en una herramienta estadística de predicción y se creó una estructura documental y de gestión que permite la mejora continua del proceso.

Palabras Claves: Montaje de estructuras metálicas, modelo de gestión, mejora continua, procesos

Abstract

There are companies whose core processes are not linked together, are not structured or controlled, generating a low efficiency in performance causing discomfort or customer dissatisfaction; of course this affects the profitability of the company.

This study designed a process management model to improve the productivity and quality of operations of an assembly process of metalworking structures, which was completely unrelated to the processes by which was directly connected. This design allowed renewing the company's image and increase profitability and customer satisfaction by planning, measurement, analysis and improvement, based on key usage and application of statistical control models.

At the end of this project, it was possible to design the structure of a management model for process improvement, especially the assembly process which was not linked to the management system of the company, it was established toughest schedules in real time , using the method of Holt, which is a statistical tool for predicting and created a documentary and management structure that enables continuous process improvement.

1. Introducción

El sector de la construcción supone aproximadamente el 40% de la inversión total de un país [1]. Una parte importante de la infraestructura que se construye corresponde a la ejecución y ampliación de industrias.

En el Ecuador el sector de la construcción registró en los tres primeros meses del 2011 su mayor incremento en ese periodo desde el 2002. Este se expandió 17,45%, encabezando así el crecimiento de los sectores que conforman el Producto Interno Bruto (PIB) [1].

Según el estudio mensual de opinión empresarial realizado por el Banco Central del Ecuador, para el año 2012 esta tendencia va en aumento, tal como muestra la figura 1.1.



Figura 1.1. Índice de confianza empresarial sector de la construcción.
Fuente: Banco Central del Ecuador
Autor: Banco Central del Ecuador

Más de un 50% de esta infraestructura se proyecta con estructuras metálicas. La estructura metálica es un ejemplo típico de construcción prefabricada. Se fabrican en el taller diferentes conjuntos, elementos y piezas que son unidos y ensamblados en obra mediante tornillos y/o soldadura. El montaje de estructuras metálicas constituye pues, una actividad importante dentro del sector de la construcción.

En este estudio se analiza el proceso de montaje de estructuras metálicas y la búsqueda de mejoras que hagan el proceso más eficiente.

2. Metodología

2.1 Estructura del Proceso

En la compañía objeto de nuestro estudio, se cuenta con una estructura de procesos que inicia con la obtención de los requisitos del cliente y termina con la entrega de la obra.

Esta compañía cuenta con un sistema de gestión implementado y controlado, sin embargo se ha excluido al proceso de montaje, esto con el fin de simplificar las auditorías ya que las obras donde se realiza el montaje no quedan en un mismo lugar. Actualmente el proceso está totalmente desligado del resto de procesos, ocultando problemas que son cada vez más difíciles de controlar.

Proceso de Montaje

El proceso de montaje se puede definir como un conjunto de elementos y piezas que deben ser ensambladas entre sí para obtener estructuras metálicas, las cuales pueden ser galpones, edificios, entre otros.

El proceso de montaje actual de la empresa en estudio, se lo puede dividir en nueve pasos los cuales se describen a continuación:

1. Estudio de las características del proyecto
2. Plan de seguridad
3. Estudio de las condiciones geográficas
4. Verificación de maquinarias y herramientas
5. Transporte, descarga y almacenamiento de materiales
6. Presentación y fijaciones provisionales
7. Fijación definitiva
8. Limpieza y pintura
9. Entrega de la obra

Identificar los procesos con los que se relaciona el proceso de montaje ayudará para realizar la especificación del proceso de montaje y poder ubicarlo dentro del macroproceso. Es así como se ha identificado que el proceso de montaje tiene relación directa con los procesos: Comercial, Producción, Logística y Calidad; teniendo con el proceso de Logística mayor relación, esto se debe a que este proceso provee al proceso de montaje las maquinarias,

herramientas, insumos, material y permisos legales y reglamentarios.

Se define una estructura documental para estandarizar el proceso de montaje, esta estructura consta de un procedimiento general en el cual se describe objetivos, políticas, responsables del proceso y procedimiento general; además de instructivos de trabajo, especificaciones y formatos para recolección de información.

2.2 Recolección y Validación de la información

En la recolección de los datos se midió el avance que se hacía a diario en las obras de montaje. Se realizó el mismo análisis en todos los proyectos para verificar el cumplimiento y establecer controles, el objetivo fue identificar los problemas que causan el retraso en las entregas de las obras.

A continuación se presentan los datos de un proyecto el cual consistía en la fabricación y montaje de unas puertas corredizas con acero galvanizado e inoxidable, estas estructuras debían ser instaladas en una industria ubicada en la ciudad de Posorja (Costa del Ecuador).

Ejecución del proyecto

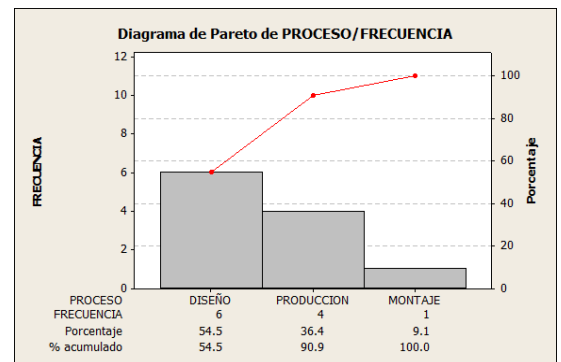
Durante la ejecución de este proyecto surgieron inconvenientes, que en su mayoría no fueron contemplados desde un principio, debido a la falta de coordinación entre los diferentes procesos, falta de un procedimiento claro de lo que se tiene que hacer antes de iniciar un proyecto y faltas de control para la toma de decisiones basados en hechos reales.

Se observó además, que el tiempo de entrega real supera en 6 días el tiempo presupuestado, es decir, el tiempo que el área comercial le dice al cliente que el proyecto

estará terminado. Este proyecto terminó con un retraso de 50% y los costos que sobrepasaron lo cotizado y planificado en un 13%.

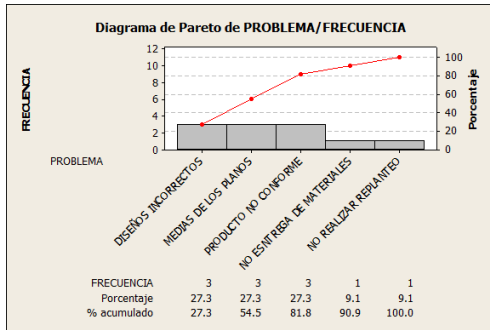
En la tabla mostrada a continuación se muestran las causas identificadas que incidieron en el retraso de este proyecto, además se muestran los costos relacionados a estas causas.

PROCESO	PROBLEMA	FRECUENCIA (#)	COSTOS (\$)
DISEÑO	MEDIDAS DE LOS PLANOS	3	600
DISEÑO	DISEÑOS INCORRECTOS	3	400
MONTAJE	NO REALIZAR REPLANTEO	1	900
PRODUCCIÓN	NO ENTREGA DE MATERIALES	1	3100
PRODUCCIÓN	PRODUCTO NO CONFORME	3	300
TOTAL		11	5300



En el diagrama anterior se puede observar que las causas ocasionadas por los procesos de Diseño y Producción, representan el 90.9% del retraso del proyecto; siendo los errores en el diseño las más significativas con el 55% de causas.

Segmentando aún más las fallas del proceso de diseño, se observa que los tres tipos de fallas que más impactaron el proyecto fueron diseños incorrectos, medidas incorrectas en los planos y productos no conformes con las especificaciones entregados por producción y que tuvieron que ser corregidas en sitio; cada una con 27.3% de representación.



3. Análisis de Datos

Son evidentes los problemas que atraviesa el proceso de montaje de esta compañía; si bien todos los procesos involucrados son importantes y necesarios, es el proceso de Montaje el que tiene comunicación directa con el cliente y es el que en esencia va a ayudar a conseguir unos de los objetivos de la compañía, que es el de mejorar su imagen en el mercado.

Después de observar los datos presentados, surgen las siguientes preguntas:

1. ¿Se pudo haber evitado que el proyecto terminase sin retrasos y problemas?
2. ¿Se pudo haber predicho que el final del proyecto sería el presentado?

La respuesta es SÍ para las dos preguntas; si se pudo haber predicho, pero no se cuenta con ningún método de control que brinde información para tomar oportunas y acertadas decisiones basadas en métodos estadísticos, a continuación se hace un análisis del proyecto utilizando el MÉTODO DE HOLT.

Se simulará el proyecto como si recién se iniciaran y con los datos que se tienen se sacará información y se analizará para conocer qué decisiones se hubiesen podido tomar para terminar el proyecto con éxito.

Datos y método de Holt del proyecto

AVANCE PRESUPUESTADO	AVANCE PLANIFICADO	AVANCE REAL	ESTIMACION DEL NIVEL	PENDIENTE (m)	ESTIMACION DE CULMINACION (DIAS)	AVANCE PRONOSTICADO	PENDIENTE PRONOSTICADA	TERMINACION PRONOSTICADA (DIAS)	ERRORES CUMULATIVOS	ESTIMACION N (LS)	ESTIMACION N (LS)	TERMINACION ESTIMADA (LS)
18%	18%	18%	18%	0.04%	12.21	18%	6.86%	12.21	0.03	6.86%	6.86%	12.21
35%	35%	35%	24.86%	6.86%	11.58	35%	6.86%	11.58	0.03	6.76%	6.86%	12.47
52%	52%	52%	30.65%	6.80%	11.58	52%	6.76%	11.58	0.07	6.68%	6.86%	13.15
68%	68%	68%	35%	6.76%	11.58	68%	6.76%	11.58	0.06	6.68%	6.86%	13.82
83%	83%	83%	40%	6.76%	11.58	83%	6.76%	11.58	0.06	6.70%	6.86%	14.49
95%	95%	95%	46%	6.76%	11.58	95%	6.76%	11.58	0.06	6.70%	6.86%	15.16
100%	100%	100%	53%	6.76%	11.58	100%	6.76%	11.58	0.06	6.70%	6.86%	15.83
			61%	6.76%	11.58		6.76%	11.58	0.05	6.70%	6.86%	16.50
			69%	6.76%	11.58		6.76%	11.58	0.05	6.70%	6.86%	17.17
			77%	6.76%	11.58		6.76%	11.58	0.04	6.70%	6.86%	17.84
			85%	6.76%	11.58		6.76%	11.58	0.04	6.70%	6.86%	18.51
			100%	6.76%	11.58		6.76%	11.58	0.04	6.70%	6.86%	19.18
				6.76%	11.58		6.76%	11.58	0.04	6.70%	6.86%	19.85
				0.04%					134			

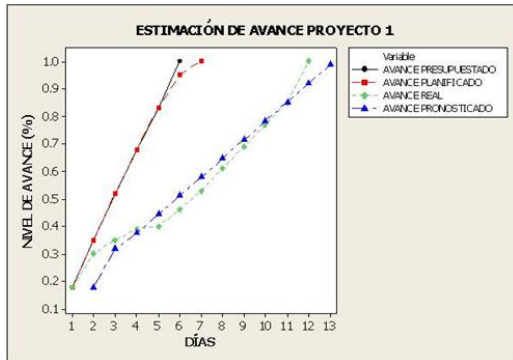
En la tabla se aprecia las cuatro primeras columnas que representan los datos que se tomaron en sitio durante la ejecución del proyecto, en el cual se encuentra el número de días empleados, el avance presupuestado, el avance planificado, el avance real. En las siguientes tres columnas se detallan las estimaciones usando el método de HOLT, para lo cual se toman los datos del avance real del proyecto durante los 3 primeros días y se estiman los niveles de avance de estos días con sus respectivas pendientes para determinar la fecha en que se terminaría el proyecto de seguir con la misma tasa de avance diario. Como se observa, ya al tercer día es claro que el proyecto se estaría terminando en el día 12 aproximadamente contra los 7 días en los que se panificó culminar inicialmente.

Estimación del Día de Finalización del Proyecto

DIAS EJECUCION DE PROYECTO	AVANCE PRESUPUESTADO	AVANCE PLANIFICADO	AVANCE REAL	ESTIMACION DEL NIVEL	PENDIENTE (m)	ESTIMACION DE CULMINACION (DIAS)	AVANCE PRONOSTICADO
1	18%	18%	18%	18%	0.04%	12.21	18%
2	35%	35%	30%	24.86%	6.86%	11.58	31.71%
3	52%	52%	35%	30.65%	6.80%	11.58	37.46%
4	68%	68%	39%				44.26%
5	83%	83%	40%				51.06%
6	100%	95%	46%				57.87%
7		100%	53%				64.67%
8			61%				71.47%
9			69%				78.28%
10			77%				85.08%
11			85%				91.88%
12			100%				98.69%
13				DESVT (m)	0.04%		

Una vez estimado el día de la culminación del proyecto, interesa conocer cuáles serían los posibles avances en los futuros días, así como poder estimar con mayor precisión el día real de la culminación del proyecto y como se podrá

observar, los avances pronosticados a partir del día 3 son bastante cercanos a los reales.



En el gráfico, se observa la tendencia de los avances pronosticados a través del tiempo versus el avance real del progreso del proyecto. Es decir que con el método de Holt, se obtiene con mayor precisión la fecha real de la culminación de los proyectos, luego lo que se espera es que al tener un proceso más estructurado y controlado estos tiempos mejoren, pero para ello hay que implementar una estructura de gestión, lo cual se desarrolla en el punto 4.

4. Aplicación del Proceso de Gestión

Una vez identificados los problemas de los retrasos del proceso de montaje y sus causas, se desarrolla la estructura que ayudará a incluir este proceso al resto de los procesos del sistema de gestión de la empresa en estudio, lo que permitirá mantener un proceso estandarizado y estructurado.

4.1 Desarrollo de la Estructura Documental

Tal y como se mostró anteriormente, hay procesos que tienen relación directa con el proceso de montaje, estos procesos otorgan entradas documentales que servirán de arranque para la realización de los proyectos. A continuación se detallan los procesos junto con las entradas documentales que se requieren.

- **Comercial.** Este proceso le provee al proceso de montaje las siguientes estradas documentales: contrato u oferta del proyecto, planos del proyecto y los requerimientos técnicos. Además antes de iniciar el proyecto, el área comercial está encargada de hacer una presentación formal del proyecto, siendo esta la reunión inicial la cual también queda registrada.
- **Logística.** Esta área se encarga de realizar los permisos legales que se requieren para cada proyecto, esto es: permisos para tránsito de maquinarias y/o equipos, permiso de bomberos, entre otros.
- **Seguridad Industrial.** El proceso de apoyo denominado Seguridad Industrial otorga al proyecto el análisis de riesgo, el cual debe ser comunicado a todas las partes involucradas en el mismo.

Una vez concedidas todas las entradas documentales se puede iniciar con el proyecto y una de las primeras actividades a realizar es el cronograma de trabajo el cual se realiza en función de los componentes del proyecto y los requisitos definidos para el mismo.

De estas actividades, se definen las salidas documentales las que son entregadas en diferentes etapas del proyecto descritas a continuación:

Etapas Inicial. Una vez analizado el proyecto se entregan los siguientes documentos:

- Listado de equipos, herramientas e insumos; el cual es entregado a los departamentos de mantenimiento y logística.
- Listado de requerimientos del personal, el cual se entrega al área de Recursos Humanos para la contratación del personal que laborará en la obra.

- Planificación de la producción de elementos a usar en el proyecto, esta planificación se la entrega al proceso de producción para que elabore las piezas que serán colocadas en el proyecto. El cumplimiento de las especificaciones de las piezas así como las fechas planteadas en la planificación, es la clave para que el proyecto termine en el tiempo especificado al cliente.
- Cronogramas y planes de trabajo, la planificación general es entregada al área comercial para que ellos a su vez se la entreguen al cliente y él esté en pleno conocimiento del desarrollo de la obra.

Etapa Intermedia. La etapa intermedia es durante el desarrollo del proyecto, y básicamente los documentos que intervienen son las actas de reuniones realizadas con el cliente o con los trabajadores de la obra.

Etapa Final. En la etapa final se realizan las actas de entrega y recepción del proyecto, en donde queda constancia que todas las partes interesadas están de acuerdo con el resultado final.

Controles del Proceso de Montaje

Los documentos que definen los lineamientos del proceso de montaje son dos, los cuales se describen a continuación:

- **Procedimiento de Montaje.** Dentro del procedimiento se definen las políticas establecidas para cada proyecto, se plantean los objetivos a alcanzar, se definen los responsables del proceso con sus funciones, responsabilidades y autoridades, la descripción del proceso de montaje y los registros que se generan.
- **Instructivo de inspección inicial del proyecto.** Este único instructivo del proceso de montaje, define la revisión obligatoria antes de que se realice el trabajo de montaje en sí. Con este instructivo se verifica que

estén listos todos los requerimientos técnicos del proyecto (planos, permisos, insumos, personal), se verifica el estado del terreno donde se realizará el montaje, que estén las maquinarias de elevación, herramientas y equipos; y todas las medidas de seguridad.

Recursos del Proceso de Montaje

Los recursos definidos para este proceso son los siguientes:

- **Recursos de personal.** Para cada proyecto se ha definido que debe existir un ingeniero residente el cual está encargado de toda la obra, un supervisor de obra, un supervisor de seguridad, armadores, soldadores y mecánicos.
- **Recursos de infraestructura.** En toda obra se requiere de maquinaria, equipos y herramientas, la cantidad de las mismas depende de la magnitud del proyecto.
- **Recursos informáticos.** Se requiere un computador para reportes y una cámara fotográfica para registrar los avances.
- **Recursos económicos.** Se define en el presupuesto del proyecto.

Indicadores del Proceso de Montaje

Los indicadores son valores que sirven para medir el desempeño de un proceso, en nuestro caso el proceso de montaje.

Los indicadores definidos para el proyecto de montaje se nombran a continuación.

- **Cumplimiento del cronograma.** Este es un indicador de resultado, el cual permite conocer el estado final del tiempo de entrega de los diferentes proyectos. Se lo obtiene midiendo la diferencia porcentual que existe entre la fecha de entrega del proyecto y la fecha planificada del mismo. Este desfase entre la fecha real y la planificada no debe ser mayor al 5% del total de días planificados para la ejecución del proyecto.

- **Cumplimiento del presupuesto del proyecto.** Este es un indicador de resultado, el cual permite conocer el estado financiero del proyecto, es decir si se cumplió con los costos presupuestados. Se obtiene midiendo la variación del presupuesto respecto al presupuesto planificado, la meta para este indicador es cumplir con el presupuesto, es decir, que el índice no supere la unidad.
- **Fallas por proyecto.** Este es un indicador de proceso, que permitirá conocer cuál ha sido el número de fallas durante la ejecución del proyecto y el proceso responsable del mismo. Se lo obtiene registrando el número de fallas por cada proyecto cuyo objetivo es tener 0 errores mayores y 3 errores menores por proyectos, con una tolerancias de hasta 6 errores por proyecto. Su medición se la realiza semanalmente.
- **Costos por fallas.** Es un indicador de proceso el cual permitirá conocer cuáles son los costos incurridos en cada proyecto debido a errores o fallas del proceso. Se lo obtiene midiendo la relación que existe entre los costos de las fallas por proyectos versus el costo total del proyecto y cuyo objetivo es tener no más del 5% del valor del proyecto.

Identificar las Restricciones del proceso

Todos los procesos que pertenecen a un sistema tienden a presentar restricciones, esto se debe a que existen procesos que dependen de otros. Estas restricciones generalmente se reflejan en atrasos en el resultado final.

Los procesos que se han identificado que causan restricciones al proceso de montaje, son:

- **Diseño:** Rectificaciones en los planos, diseños incorrectos, mala medición, rediseños.

- **Producción:** Retrasos en la elaboración de materiales, productos mal fabricados, fabricaciones incompletas.
- **Logística:** Retrasos en los envíos de materiales, insumos y herramientas, falta en la obtención de permisos.
- **Montaje:** fallas internas o inobservancias de actividades del proceso.

De estos procesos, los que más causan retrasos son Diseño y Producción por lo que hay que plantear mejoras para que estos procesos no afecten al proceso de montaje y a su vez al resultado final del proyecto.

Plantear acciones de mejora

Para poder plantear mejoras, se deben analizar las causas de los problemas encontrado en cada uno de los procesos. En base a este análisis e identificadas las restricciones del proceso, las mejoras planteadas por área son:

DISEÑO

- Designar un responsable de diseño para cada proyecto, el cual se encargará de ir al sitio de montaje para tomar los datos (medidas) necesarios, previo al diseño de planos y piezas a usar.
- Deben existir canales de comunicación entre el responsable de diseño, el responsable de producción y el ingeniero residente de la obra, así cualquier inquietud referente al diseño, será resuelta de inmediato antes de iniciar el proyecto.
- Firmas de aprobación, verificación y validación de los planos; por parte del cliente y del ingeniero residente o el coordinador de montaje.
- Identificar y mantener los registros de los cambios y modificaciones realizados a los planos.

PRODUCCIÓN

- Cumplir con el cronograma expedido por el proceso de montaje. Antes de la aprobación final del cronograma, producción deberá validar los tiempos colocados en el mismo para garantizar el cumplimiento.
- Definir métodos y procedimientos para validar in situ, que los materiales sean los adecuados para la obra.
- Coordinar con anticipación el envío del material a la obra.

Trabajando en estas mejoras, se podrán reducir los retrasos y cumplir con la planificación del proyecto.

5. Bibliografía

[1] Banco Central del Ecuador (Marzo 2012), Estudio Mensual De Opinión Empresarial, Ecuador.

[En línea] Disponible en:
<<http://www.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/>

Catalogo/Encuestas/EOE/eoe201203.pdf>

Consultada: Abril de 2012