

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



INSTITUTO DE CIENCIAS MATEMÁTICAS

PROYECTO DE GRADUACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

“MAGÍSTER EN GESTIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD
Y LA CALIDAD”

TEMA

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.

AUTORES

HUBER VÍCTOR SALAZAR MACÍAS

MARCELA VERÓNICA HUAYAMAVE CÓRDOVA

Guayaquil – Ecuador

AÑO

2012

DEDICATORIA

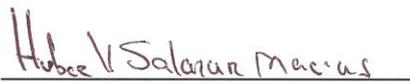
DEDICAMOS ESTE
TRABAJO A
NUESTRAS FAMILIAS.

AGRADECIMIENTO

Damos las gracias a Dios por regalarnos la fortaleza y la tenacidad necesaria para culminar con éxitos esta etapa profesional y a nuestras familias que han sido un apoyo constante para ser mejores personas día a día.

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por los hechos y doctrinas expuestas en este Proyecto de Graduación nos corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo, corresponde exclusivamente al **ICM (Instituto de Ciencias Matemáticas)** de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.



Ing. Huber Salazar M.



Ing. Marcela Huayamave C.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



MSIG. Pablo Alvarez Zamora
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

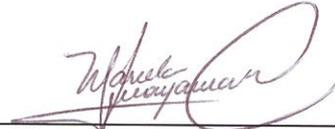


MPC. Diana Montalvo Barrera
DIRECTOR DEL PROYECTO

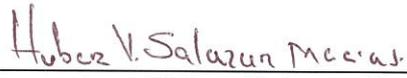


M.Sc. Dalton Noboa Macías
VOCAL DEL TRIBUNAL

AUTORES



Ing. Marcela Huayamave C.



Ing. Huber Salazar M.

CONTENIDO

| | Pág. |
|--|------|
| ÍNDICE GENERAL | vi |
| ÍNDICE DE FIGURAS | viii |
| ÍNDICE DE TABLAS | ix |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS | x |
| ÍNDICE DE FÓRMULAS | xi |
| NOMENCLATURA DE ANEXOS | xii |
| | |
| CAPÍTULO I | |
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1 Antecedentes | 1 |
| 1.2 Planteamiento del Problema | 2 |
| 1.3 Objetivo General | 5 |
| 1.4 Objetivos Específicos | 5 |
| 1.5 Justificación | 6 |
| | |
| CAPÍTULO II | |
| 2. MARCO TEÓRICO | 7 |
| 2.1 Gestión por Procesos | 7 |
| 2.2 Método de Holt | 8 |
| 2.3 Costos de no Calidad | 10 |
| | |
| CAPÍTULO III | |
| 3. METODOLOGÍA | 14 |
| 3.1 Estructura de Procesos | 14 |
| 3.2 Recolección y Validación de la Información | 18 |
| 3.3 Datos | 22 |

| | |
|--|----|
| 3.4 Análisis de Datos | 35 |
| CAPÍTULO IV | |
| 4. APLICACIÓN DEL PROCESO DE GESTIÓN | 45 |
| 4.1 Desarrollo de la Estructura Documental. | 45 |
| 4.2 Diseño de Indicadores en Base al Control Estadístico | 50 |
| 4.3 Identificar las Restricciones del Proceso | 53 |
| 4.4 Identificación de Costos de no Calidad | 54 |
| 4.5 Plantear Acciones de Mejora | 58 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 60 |
| BIBLIOGRAFÍA | |
| ANEXOS | 62 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|------|
| Figura 1.1 Índice de confianza empresarial sector de la construcción. | 1 |
| Figura 1.2 Problemas detectados por procesos | 4 |
| Figura 2.1 Iceberg de los Costos | 11 |
| Figura 2.2 Porcentajes por costos de no calidad | 12 |
| Figura 3.1 Actividades del proceso de montaje | 16 |
| Figura 3.2 Relación de las actividades del proceso de montaje con los procesos del SGC | 17 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | Pág. |
|---|------|
| Tabla 3.1 Recolección de datos proyecto 1 | 19 |
| Tabla 3.2 Recolección de datos proyecto 2 | 20 |
| Tabla 3.3 Recolección de datos proyecto 3 | 21 |
| Tabla 3.4 Causas identificadas en el retraso del proyecto # 1 | 24 |
| Tabla 3.5 Causas identificadas en el retraso del proyecto # 2 | 28 |
| Tabla 3.6 Causas identificadas en el retraso del proyecto # 3 | 33 |
| Tabla 3.7 Datos y método de Holt del proyecto #1 | 36 |
| Tabla 3.8 Estimación del día de finalización del proyecto # 1 | 37 |
| Tabla 3.9 Datos y método de Holt del proyecto # 2 | 39 |
| Tabla 3.10 Estimación del día de finalización del proyecto # 2 | 40 |
| Tabla 3.11 Datos y método de Holt del proyecto # 3 | 42 |
| Tabla 3.12 Estimación del día de finalización del proyecto # 3 | 43 |
| Tabla 4.1 Ficha del indicador: “% Cumplimiento del cronograma” | 51 |
| Tabla 4.2 Ficha del indicador: “% Cumplimiento del presupuesto” | 52 |
| Tabla 4.3 Ficha del indicador: “# de Fallas por proyecto” | 53 |
| Tabla 4.4 Ficha del indicador: “% Costo de fallas por proyecto” | 54 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | Pág. | |
|--------------|---|----|
| Gráfico 3.1 | Comparación entre el proyecto 1 presupuestado, planificado y real | 23 |
| Gráfico 3.2 | Diagrama de Pareto de las causas para el retraso del proyecto # 1 | 24 |
| Gráfico 3.3 | Diagrama de Pareto de las fallas del proceso de diseño – Proyecto # 1 | 25 |
| Gráfico 3.4 | Comparación entre proyecto 2 presupuestado, planificado y real | 27 |
| Gráfico 3.5 | Diagrama de Pareto de las causas para el retraso del proyecto # 2 | 29 |
| Gráfico 3.6 | Diagrama de Pareto de las fallas del proceso de diseño – Proyecto # 2 | 30 |
| Gráfico 3.7 | Comparación entre proyecto 3 presupuestado, planificado y real | 32 |
| Gráfico 3.8 | Diagrama de Pareto de las causas para el retraso del proyecto # 3 | 33 |
| Gráfico 3.9 | Diagrama de Pareto de las fallas del proceso de diseño – Proyecto # 3 | 34 |
| Gráfico 3.10 | Curvas del proyecto pronosticado contra real Proyecto 1 | 38 |
| Gráfico 3.11 | Curvas del proyecto pronosticado contra real Proyecto 2 | 41 |
| Gráfico 3.12 | Curvas del proyecto pronosticado contra real Proyecto 3 | 44 |
| Gráfico 4.1 | Costos del proyecto 1 | 55 |
| Gráfico 4.2 | Diagrama de Pareto de los Problemas vs. Costos del proyecto 1 | 56 |

| | | |
|-------------|---|----|
| Gráfico 4.3 | Costo estimado por reproceso de producción – Proyecto 1 | 57 |
| Gráfico 4.4 | Proceso de montaje mejorado | 45 |

ÍNDICE DE FÓRMULAS

| | | Pág. |
|---------|--|------|
| Ec. 2.1 | Valor atenuado A_t | 9 |
| Ec. 2.2 | Estimación de la tendencia | 9 |
| Ec. 2.3 | Proyección futura a periodos definidos | 9 |

NOMENCLATURA DE ANEXOS

| ANEXO | TÍTULO |
|--------------|---|
| A | Macroproceso |
| B | Especificación del proceso de Montaje |
| C | Procedimiento de Montaje |
| D | Instructivo de Inspección Inicial |
| E | Macroproceso incluyendo el proceso de montaje |

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

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.

IV. INDICE DE CONFIANZA EMPRESARIAL (ICE) CONSTRUCCION

En marzo de 2012, el ICE de la Construcción creció 12.3 puntos, para ubicarse en 834.3. El ciclo del ICE de la Construcción se encuentra 9.9% sobre su tendencia de crecimiento.



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.

1.2. Planteamiento del Problema

La compañía de diseño, fabricación y montaje de estructuras metálicas tomada como objeto de estudio en este proyecto, incluye:

- Diseño fabricación y montaje de todo tipo de estructuras metálicas soldadas y empernadas.
- Mantenimiento y montaje de equipos mecánico para la industria.

El enfoque de este proyecto se enmarca dentro del ámbito de la Productividad y Calidad, y con él se resolverán problemas de optimización de recursos, tiempos de entrega de las obras contratadas, problemas de calidad, tales como: retrasos en los tiempos de entrega, incremento en las horas-hombre planificadas, incrementos en los costos planificados, daños a la propiedad del cliente y de la empresa, control de herramientas y materiales, insatisfacción del cliente, cambios de diseños y la coordinación entre sus procesos internos.

Esta compañía posee un sistema de gestión basado en la norma ISO 9001 para todos los procesos relacionados con la fabricación de estructuras metálicas, sin embargo no cuenta integrado su proceso de montaje de estructuras metálicas a ningún sistema de gestión.

Adicional a esto el proceso de montaje como tal, no está definido dentro de la organización por tal motivo todos los procesos ya establecidos no tienen claro como es la interacción con el mismo, no cuenta con ningún tipo de procedimiento ni estructura establecida.

De no tomar acciones la empresa se verá seriamente afectada debido a la mala coordinación en el proceso de montaje, la empresa reducirá su imagen y rentabilidad, producto de los reproceso, malas estimaciones de los costos y tiempos de entrega, quedando mal ante el cliente y su posterior pérdida de mercado con la competencia y baja calidad en su servicio.

Tomando en cuenta la situación actual de la compañía y su proceso de montaje se propone realizar un sistema de gestión de procesos para el montaje de las estructuras metálicas que ayude a garantizar el correcto desarrollo de sus actividades de montaje llevando a mejorar el rendimiento de su proceso, la imagen de la compañía y por consiguiente y su rentabilidad.

La compañía de diseño, fabricación y montaje de estructuras metálicas debe formalizar su proceso de montaje e integrarlo a los demás procesos si pretende reducir las pérdidas por proyectos que actualmente ascienden de alrededor del 10%, es así que los problemas detectados por procesos, se los detalla en la figura 1.2.

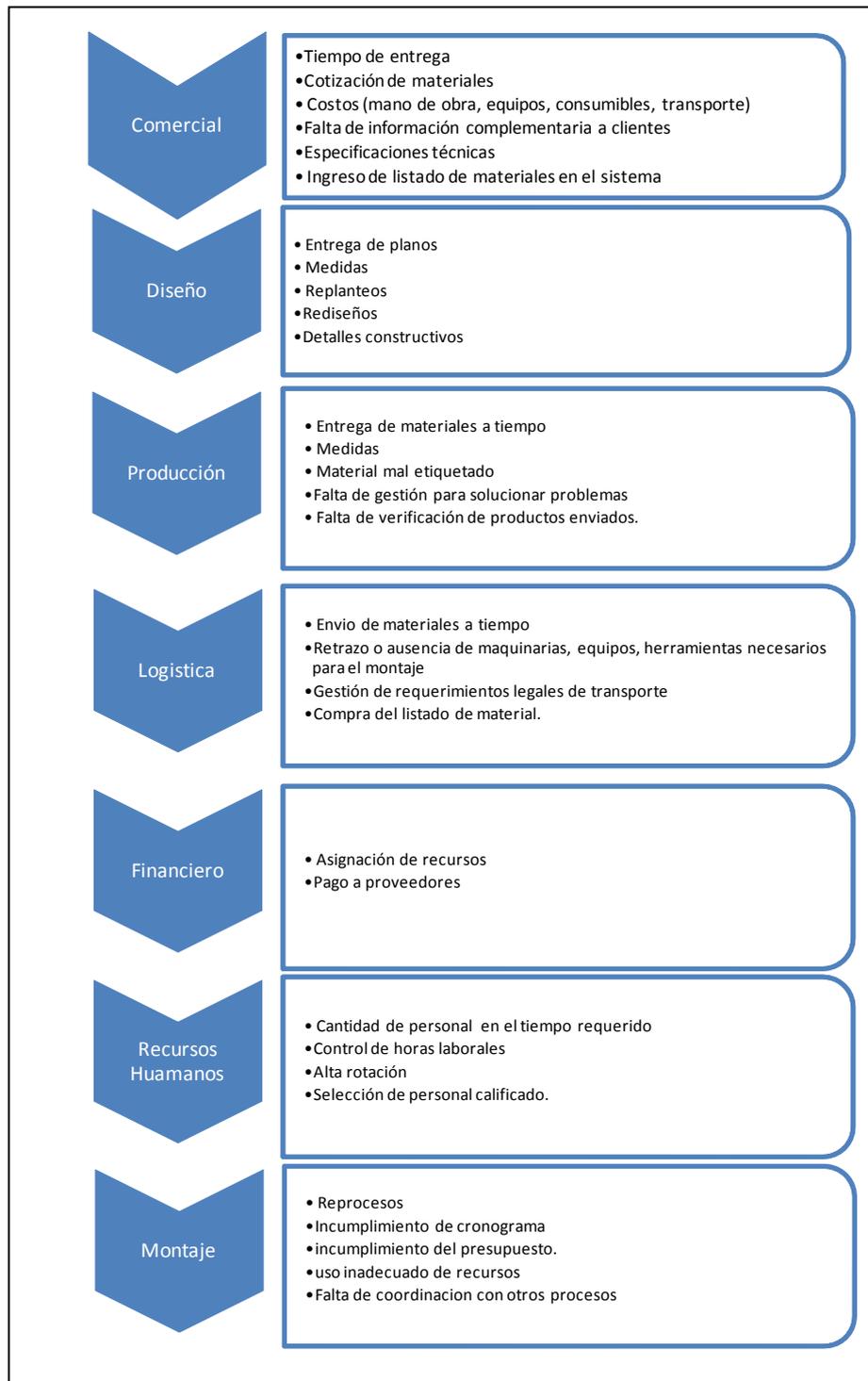


Figura 1.2. Problemas detectados por procesos

Fuente: Información otorgada por la empresa en estudio

1.3. Objetivo General

Diseñar un modelo de gestión de procesos mejorando la Productividad y Calidad de sus operaciones, que permita renovar la imagen de la empresa y aumentar su rentabilidad, así como la satisfacción al cliente, mediante la planeación, medición, análisis y mejora de su proceso de montaje de estructuras metalmecánicas, teniendo como base fundamental el uso y aplicación de modelos de control estadísticos.

1.4. Objetivos Específicos

Para lograr el objetivo general se han planteado objetivos específicos, los cuales se detallan a continuación:

- ✓ Establecer lineamientos que permitan la interacción de procesos de una forma ordenada y estructurada.
- ✓ Establecer tiempos más reales en la planificación inicial, en base a comportamientos analizados en proyectos realizados.
- ✓ Definir roles y responsabilidades de cada proceso relacionado directamente con el proceso de montaje
- ✓ Establecer una metodología que permita identificar rápidamente desviaciones del plan establecido para el proyecto de montaje, de tal manera que consienta la pronta toma de acciones.

1.5. Justificación

Este diseño permitirá a la empresa objeto de nuestro estudio, mejorar sus operaciones, basándose en el análisis y planeación del proceso de montaje de estructuras metalmecánicas; así como también, establecer modelos de control y mejorar la calidad con técnicas de control estadístico para lograr así, la mejora continua de su proceso, el cumplimiento en el tiempo de entrega de obras y la reducción de costos relacionados a proyectos de montaje.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

Para el desarrollo de este proyecto se aplicarán herramientas de calidad y de estadística. Este proyecto se basa en desarrollar la gestión por procesos e incluir el proceso de montaje, ya que actualmente se encuentra desalineado del resto de procesos.

Uno de los objetivos a alcanzar con este proyecto es definir el tiempo real en que se va a finalizar una obra, para ello se hará uso de técnicas de predicción, en donde se usará el método de Holt.

Finalmente se analizarán los costos de no calidad incurridos por inobservancias, retrasos, reprocesos, entre otros que impiden la reducción de costos.

2.1. Gestión por procesos

La palabra procesos viene del latín “*processus*” que significa avance y progreso, por lo que se puede definir el concepto de procesos como el conjunto de actividades de trabajo interrelacionadas que se caracterizan por requerir ciertos insumos (inputs: productos o servicios obtenidos de otros proveedores) y tareas particulares que implican valor añadido, con miras a obtener ciertos resultados [2].

Para poder realizar una eficiente gestión por procesos, se planifica y analiza los procesos actuales, empleando un proceso sistemático para estudiar todos los factores que afectan el método con que se realiza la

operación de montaje actualmente, de esta manera se identificarán las entradas, actividades de transformación o que agregan valor al proceso y finalmente la salida. Para facilidad del análisis de esta información se utilizarán herramientas como diagramas de flujo y mapas de proceso.

Todo proceso debe ser medido para que pueda mejorar, una forma de hacerlo es mediante el control estadístico. Comenzando con la aportación de Shewhart, estadístico estadounidense y conocido como el *padre del control estadístico de la calidad*, quien reconoce que en todo proceso de producción existe variación, él puntualiza que no podían producirse dos partes con las mismas especificaciones, pues era evidente que las diferencias en la materia prima e insumos y los distintos grados de habilidad de los operadores provocaban variabilidad. Shewhart no proponía suprimir las variaciones, sino determinar cuál era el rango tolerable de variación que evite que se originen problemas. En nuestro proyecto se aplicarán Control Estadístico de la Calidad (Statistical Quality Control, SQC) para la medición del proceso, usando hojas de control, diagramas de Pareto, diagramas causa – efecto y gráficas de control.

2.2. Método de Holt [3]

El objetivo de las técnicas de predicción no causal (TPNC) es obtener estimaciones o pronósticos de valores futuros de una serie temporal a partir de la información histórica contenida en la serie observada hasta el momento actual. Estas técnicas no requieren la especificación de los factores que determinan el comportamiento de la variable, sino que se basan únicamente en la modelización del comportamiento sistemático de la serie.

Suavización Exponencial Ajustada a la Tendencia por el Método de Holt.

Esta técnica también conocida como el método de los dos parámetros de Holt atenúa en forma directa la tendencia y la pendiente al utilizar una constante de atenuación diferente para cada una de ellas.

$$A_t = \alpha X_t + (1 - \alpha)(A_{t-1} + T_{t-1}) \quad [\text{Ec. 2.1}]$$

Con esta ecuación se atenúa la serie en forma exponencial de manera similar a como se hace en el caso de la suavización exponencial simple, la diferencia radica en que se agrega un término para tomar en cuenta la tendencia.

La ecuación con la cual se estima la tendencia es la que sigue.

$$T_t = \beta(A_t - A_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad [\text{Ec. 2.2}]$$

La estimación de la tendencia es calculada al obtener la diferencia entre los valores sucesivos de la atenuación exponencial ($A_t - A_{t-1}$), ya que estos se atenuaron con fines de aleatoriedad, su diferencia constituye una estimación de la tendencia de los datos.

Y al final se obtiene el pronóstico para m periodos hacia el futuro por medio de la posterior expresión matemática.

$$P_{t+m} = A_t + mT_t \quad [\text{Ec. 2.3}]$$

Para las anteriores expresiones, se define que:

A_t : Es el valor atenuado.

α : Es la constante de atenuación de los datos de la serie de tiempo.

X_t : Es el valor real de la serie de tiempo en el periodo t .

β : Es la constante de atenuación utilizada para estimar la tendencia.

T_t : Estimación de la tendencia.

m : Es el número de periodos a pronosticar en el futuro.

P_{t+m} : Es el pronóstico de m periodos hacia el futuro.

2.3. Costos de No Calidad

La calidad afecta a la economía de los proveedores de dos maneras: sobre los costos y sobre los ingresos [4]. En la primera, la palabra “calidad” se utiliza en el sentido de ausencia de deficiencias, o del grado de conformidad con las normas, con los objetivos, con las especificaciones, etc. En este sentido “alta calidad” significa mayor ausencia de deficiencias y, en consecuencia, también menores costes.

En el efecto sobre los ingresos, el término “ingresos”, se refiere a cosas tales como las ventas de una empresa. La palabra “calidad” la se emplea en el sentido de las características del producto que responden a las necesidades del cliente. Esas características hacen al producto vendible y dan “satisfacción del producto” a los clientes. Es así que en base a la disminución de las deficiencias y en el nivel de conformidad del producto con el cliente, este estudio se enfocará en mejorar la calidad en la operación de montaje.

La calidad debe lograr en una organización tres cosas:

- Disminución del Costo Operativo.
- Mejora en los Procesos.
- Mejora en el Posicionamiento de la Empresa.

Sin embargo hay muchos administradores de empresas que piensan que certificar sus procesos de calidad es una actividad costosa y que demanda mucho tiempo, pero no perciben que al tener reclamos de clientes, atrasos en las entregas, falta de mantenimientos preventivos también están aumentando los costos.

De manera muy simple, se puede decir que el costo de calidad es el costo en el que se incurre por no hacer el trabajo bien desde la primera vez, es decir el costo de la no calidad.

En la figura 2.1 se muestra el Iceberg de los costos en donde se puede apreciar que las empresas generalmente invierten tiempo y recursos en reducir costos de materiales y de fabricación, pero dejan de observar aquellos costos que aunque mínimos, en grandes volúmenes representan grandes pérdidas; tales como ajustes, reprocesos, reparaciones, atrasos en la entregas, entre otros.



Figura 2.1. Iceberg de los Costos

Fuente: <http://www.uddeholm.com.ar/1709.htm>

Los costos de no calidad se dividen en costos de incumplimiento y de cumplimiento, a continuación se detalla cada concepto:

- Costos de incumplimiento
 - Fallas Internas: Desperdicios, retrabajos, reinspecciones, repetición de pruebas.
 - Fallas Externas: Quejas y reclamos

- Costos de Cumplimiento
 - Evaluación: Inspecciones con el proveedor, pruebas e inspecciones en el proceso y en el producto terminado, auditorias, calibraciones de equipos para medición.
 - Prevención: Planeación de la Calidad (Manuales o procedimientos), proyectos de mejora continua, educación y entrenamiento

En la figura 2.2 se muestra cómo cada causa afecta de manera porcentual en la empresa en los costos de no calidad dentro de la misma.

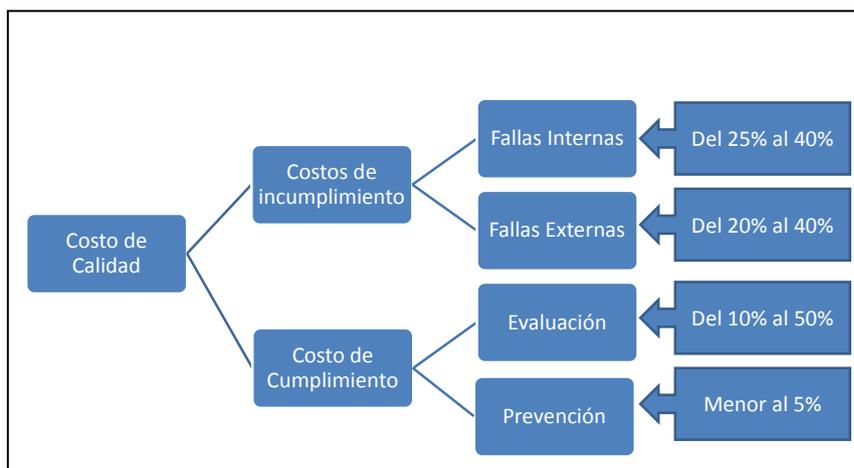


Figura 2.2. Porcentajes por costos de no calidad

Fuente: Manual de Control de Calidad. J.M.Jurán. 4ta. Edición

En la figura 2.2 se puede apreciar que los costos por incumplimiento, fallas internas, son los costos de no calidad más significativos.

Las fallas internas son derivados de corregir errores antes de que el producto o servicio salga de la planta o que sea entregado por una persona o departamento. Las fallas internas se pueden dar por: Diseño, abastecimiento, control y ejecución.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1. Estructura de Procesos

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.

A pesar de que la empresa cuenta con un mapa de procesos definido, por estar certificada con norma de gestión de calidad, este no incluye el proceso de montaje, tal como se muestra en el anexo A.

La exclusión de este proceso, se la realizó para simplificar las auditorías, ya que las obras donde se realiza el montaje no quedan en un mismo lugar, sin embargo actualmente el proceso está totalmente desligado del resto de procesos, ocultando problemas que son cada vez más difíciles de controlar.

El proceso de estructura no cuenta con ningún documento que estandarice sus actividades, ni tampoco cuenta con ningún sistema de medición.

En esta parte del estudio se define la estructura del proceso de montaje y se lo adapta al macroproceso.

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

Cada uno de estos pasos tiene sub-actividades las mismas que se describen en la figura 3.1. Cada una de estas actividades están, directa o indirectamente, relacionadas con los demás procesos, sin embargo no se ha definido formalmente.

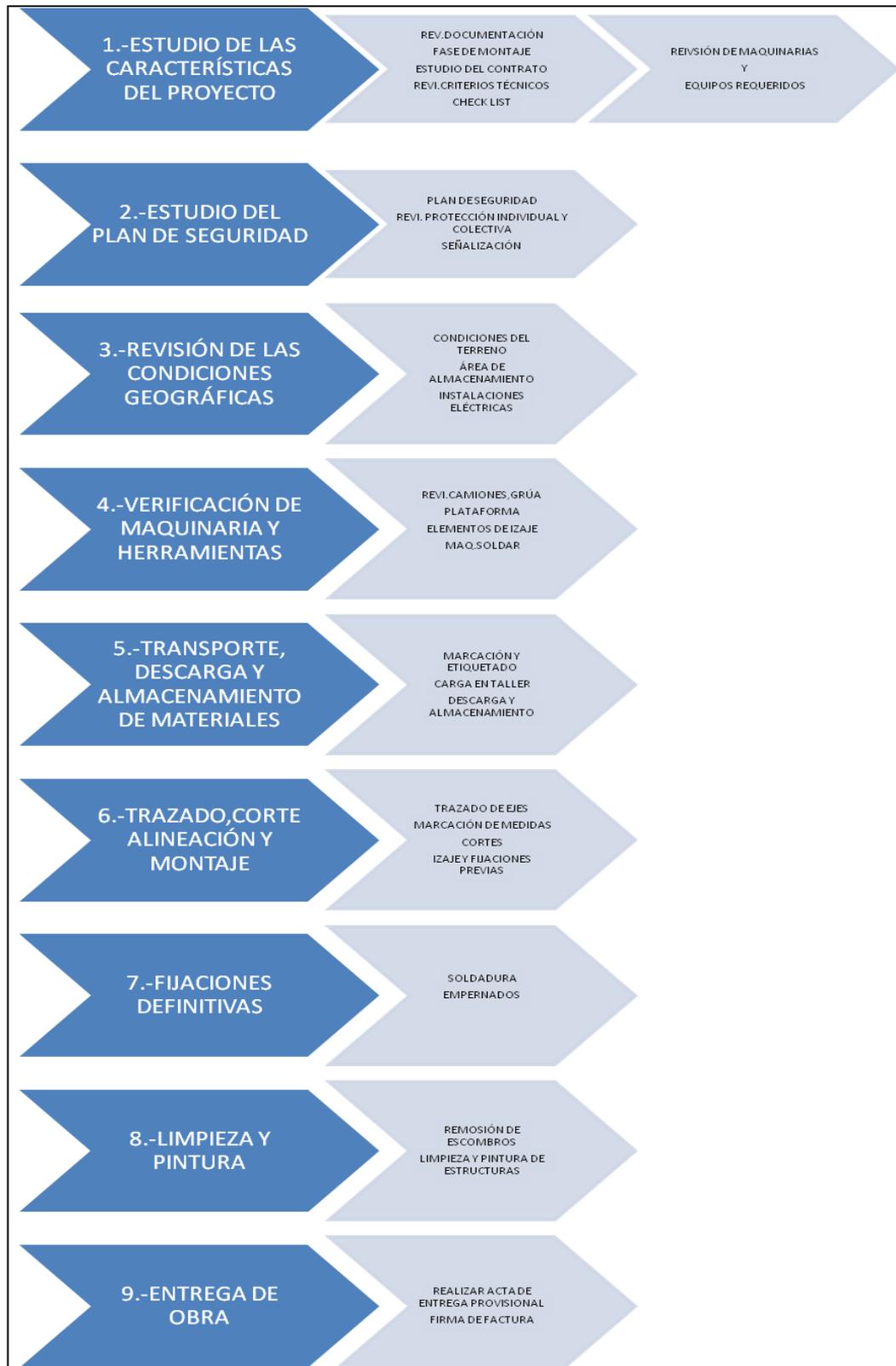


Figura 3.1 Actividades del proceso de montaje

Fuente: Información otorgada por la empresa en estudio

En la figura 3.2 se muestra la relación entre las actividades del proceso de montaje y los procesos definidos en el sistema de gestión de calidad de la empresa.

Se puede observar que los procesos que tienen relación directa (D) con las actividades del proceso de montaje son: 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.

| | COMERCIAL | DISEÑO | PRODUCCIÓN | LOGÍSTICA | FINANCIERO | RR-HH | SEGURIDAD INDUSTRIAL | MANTENIMIENTO | CALIDAD |
|---|-----------|--------|------------|-----------|------------|-------|----------------------|---------------|---------|
| ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO | D | D | I | I | D | D | | | I |
| ESTUDIO PLAN DE SEGURIDAD | | | | I | | D | D | | |
| REVISIÓN DE CONDICIONES GEOGRÁFICAS | D | D | | | | | D | I | |
| VERIFICACIÓN DE MAQUINARIA Y HERRAMIENTA | | | I | D | D | | | D | |
| CARGA TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE MATERIALES | I | | | D | D | | D | | |
| TRAZADO, CORTE, ALINEACIÓN Y MONTAJE | | | I | I | | | D | I | D |
| FIJACIÓN DEFINITIVA | | I | I | D | | | | | D |
| LIMPIEZA Y PINTURA | I | | D | D | | | | I | D |
| ENTREGA DE OBRA | D | | | | D | | | | I |

Figura 3.2 Relación de las actividades del proceso de montaje con los procesos del SGC
Autores: Huber Salazar / Marcela Huayamave

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.

La especificación del proceso resume de forma gráfica, las entradas y salidas que tiene el proceso de montaje, los procesos con los que se relaciona y las medidas de control.

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.

En el punto 3.4 de este capítulo, se analiza la información recopilada hasta el momento para definir los indicadores a medir.

Al finalizar este capítulo se obtendrá la especificación del proceso de montaje y el macroproceso general.

3.2 Recolección y Validación de la información

Los datos corresponden a tres proyectos realizados y entregados desde inicios del 2011 hasta la actualidad.

La recolección de los datos se la realizó a diario para los tres proyectos, y básicamente se midió el avance que se hacía en cada día. Los datos recopilados fueron compatibles, es decir, se realizó el mismo análisis en todos los proyectos para verificar el cumplimiento y establecer controles.

Más adelante en este capítulo se analizan las causas que ocasionaron esos retrasos en los montajes.

Datos tomados en sitio del avance el Proyecto1

TABLA 3.1

| RECOLECCION DE DATOS PROYECTO 1 | | | |
|---------------------------------|----------------------|--------------------|-------------|
| DÍAS | AVANCE PRESUPUESTADO | AVANCE PLANIFICADO | AVANCE REAL |
| 1 | 18% | 18% | 18% |
| 2 | 35% | 35% | 30% |
| 3 | 52% | 52% | 35% |
| 4 | 68% | 68% | 39% |
| 5 | 83% | 83% | 40% |
| 6 | 100% | 95% | 46% |
| 7 | | 100% | 53% |
| 8 | | | 61% |
| 9 | | | 69% |
| 10 | | | 77% |
| 11 | | | 85% |
| 12 | | | 100% |

Autores: Huber Salazar / Marcela Huayamave.

En la tabla 3.1 se observan los datos tomados diariamente durante la ejecución del proyecto 1, en ella constan los días de ejecución, avance presupuestado, avance planificado y finalmente el avance real del mismo.

Se puede observar 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, por lo que se justifica que el cliente se haga una imagen de irresponsabilidad de la empresa.

Datos tomados en sitio del avance el Proyecto 2

TABLA 3.2

| RECOLECCIÓN DE DATOS PROYECTO 2 | | | |
|--|-----------------------------|---------------------------|--------------------|
| DÍAS | AVANCE PRESUPUESTADO | AVANCE PLANIFICADO | AVANCE REAL |
| 1 | 3% | 3% | 3% |
| 2 | 9% | 9% | 9% |
| 3 | 15% | 15% | 15% |
| 4 | 18% | 18% | 17% |
| 5 | 23% | 23% | 20% |
| 6 | 26% | 26% | 23% |
| 7 | 31% | 31% | 31% |
| 8 | 36% | 36% | 36% |
| 9 | 41% | 41% | 41% |
| 10 | 44% | 44% | 44% |
| 11 | 47% | 47% | 47% |
| 12 | 52% | 52% | 52% |
| 13 | 56% | 56% | 56% |
| 14 | 63% | 63% | 63% |
| 15 | 70% | 70% | 70% |
| 16 | 75% | 75% | 75% |
| 17 | 82% | 82% | 82% |
| 18 | 88% | 88% | 82% |
| 19 | 93% | 93% | 82% |
| 20 | 100% | 98% | 86% |
| 21 | | 100% | 90% |
| 22 | | | 90% |
| 23 | | | 90% |
| 24 | | | 92% |
| 25 | | | 92% |
| 26 | | | 92% |
| 27 | | | 92% |
| 28 | | | 100% |

Autores: Huber Salazar / Marcela Huayamave.

En la tabla 3.2 se observa que el proyecto 2 ejecutado fue más largo, y el tiempo indicado al cliente versus el tiempo real difiere en 8 días.

Datos tomados en sitio del avance el Proyecto 3

Tabla 3.3

| RECOLECCIÓN DE DATOS PROYECTO 3 | | | |
|--|-----------------------------|---------------------------|--------------------|
| DIAS | AVANCE PRESUPUESTADO | AVANCE PLANIFICADO | AVANCE REAL |
| 1 | 0% | 0% | 0% |
| 2 | 7% | 7% | 7% |
| 3 | 14% | 14% | 14% |
| 4 | 21% | 21% | 18% |
| 5 | 28% | 28% | 25% |
| 6 | 30% | 30% | 30% |
| 7 | 32% | 32% | 30% |
| 8 | 34% | 34% | 32% |
| 9 | 40% | 40% | 37% |
| 10 | 45% | 45% | 40% |
| 11 | 48% | 48% | 45% |
| 12 | 52% | 52% | 45% |
| 13 | 56% | 56% | 45% |
| 14 | 62% | 62% | 50% |
| 15 | 69% | 69% | 55% |
| 16 | 83% | 75% | 60% |
| 17 | 90% | 83% | 65% |
| 18 | 95% | 90% | 70% |
| 19 | 100% | 95% | 75% |
| 20 | | 100% | 80% |
| 21 | | | 85% |
| 22 | | | 90% |
| 23 | | | 95% |
| 24 | | | 100% |

Autores: Huber Salazar / Marcela Huayamave.

En la tabla 3.3, muestra el avance del proyecto 3, tal como se mostró en las dos tablas anteriores los tiempos: presupuestado y planificado, difieren en varios días del tiempo real. Para este caso el retraso fue de 5 días.

A continuación se analizan las causas por las que se dieron los atrasos de los proyectos antes presentados, para poder luego, plantear la metodología que se usará para pronosticar el tiempo real de finalización de los proyectos.

3.3. Datos

Se analizaron los datos de tres proyectos realizados por el área de montaje. A continuación se detalla la información conseguida por proyecto.

Proyecto 1

Antecedentes

Este proyecto consistía 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.

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

En el gráfico 3.1 se puede observar que el avance presupuestado y el planificado en la oferta están claramente muy alejados de la curva real de ejecución del proceso.

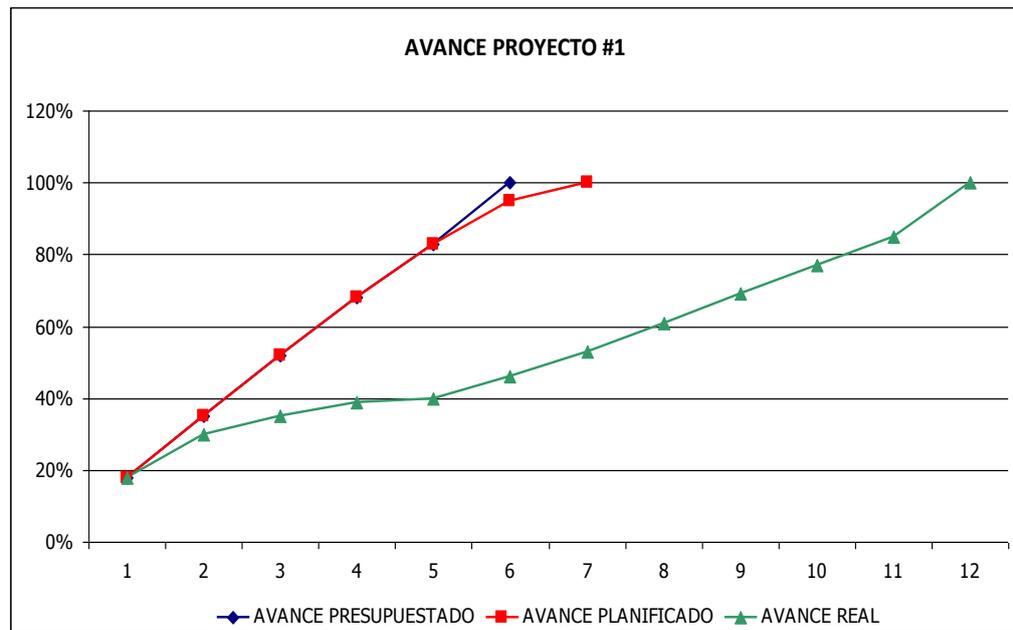


Gráfico 3.1 Comparación entre el proyecto presupuestado, planificado y real

Fuente: Huber Salazar / Marcela Huayamave

La desviación evidente entre lo real y lo planificado ocurre debido a fallas internas y externas que no se previnieron a tiempo, sumado a la falta de comunicación entre procesos directos.

En la tabla 3.4 se detallan las causas identificadas que incidieron en el retraso de este proyecto, además se muestran los costos relacionados a estas causas.

TABLA 3.4

CAUSAS IDENTIFICADAS EN EL RETRASO DEL PROYECTO

| 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 |

Autores: Huber Salazar / Marcela Huayamave.

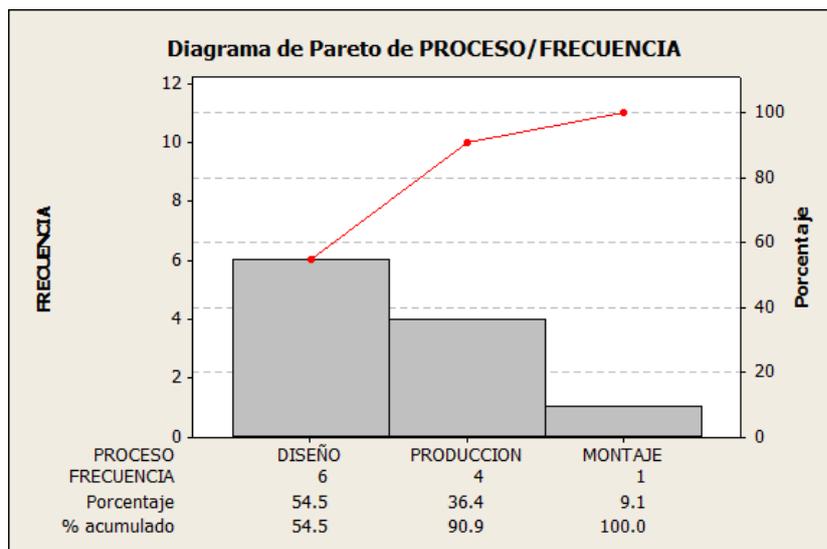


Gráfico 3.2 Diagrama de Pareto de las causas para el retraso del proyecto 2
Autores: Huber Salazar / Marcela Huayamave.

Se puede observar en el gráfico 3.2 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.

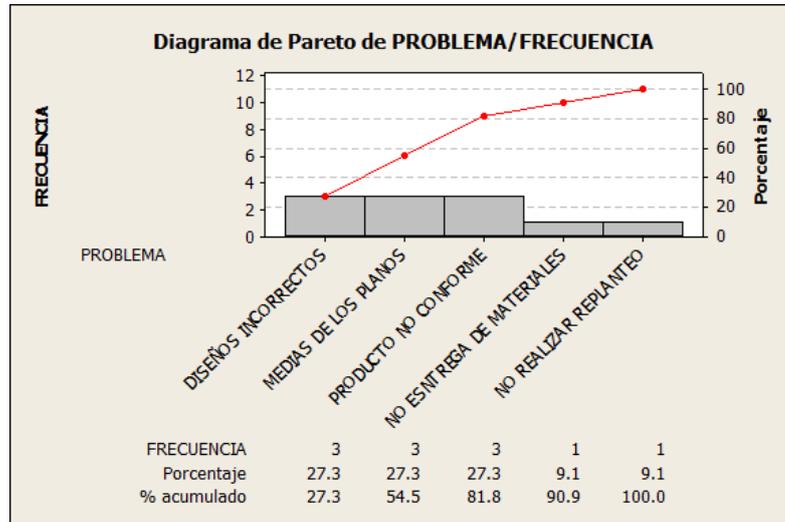


Gráfico 3.3 Diagrama de Pareto de las fallas del proceso de diseño – Proyecto 1

Autores: Huber Salazar / Marcela Huayamave.

Segmentando aún más las fallas del proceso de diseño, se obtiene en el gráfico 3.3, otro análisis de Pareto en donde 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.

Proyecto 2

Antecedentes:

Este fue un proyecto que consistía en la fabricación y montaje de un galpón de 750m² en una industria de la ciudad de Guayaquil con estructura de acero perfilado. Como premisa en este proyecto se tenía un requerimiento estricto por parte del cliente en entregar la obra en los 20 días ofrecido en la oferta, debido al inicio del periodo invernal.

Ejecución del proyecto

Durante la ejecución de este proyecto se presentaron inconvenientes desde el inicio por no haber realizado un replanteo topográfico y no haber coordinado con la parte civil respecto a las características de concreto, cambio de diseños y medidas incorrectas en los planos.

Estos problemas llevaron a culminar el proyecto con un retraso de 9 días y cuyos costos por reproceso y retrasos ascendieron a un 10% del valor del contrato. En el gráfico 3.4 se observa la curva de lo planificado, presupuestado y real.

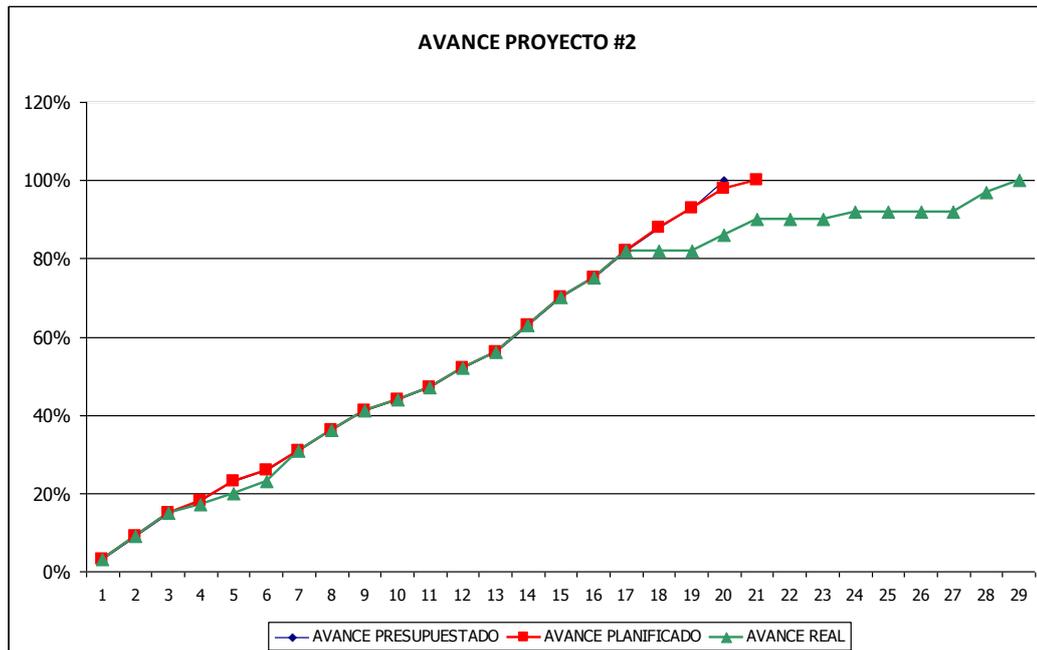


Gráfico 3.4 Comparación entre proyecto 2 presupuestado, planificado y real
Autores: Huber Salazar / Marcela Huayamave.

Se puede observar que se encuentra el avance presupuestado y el planificado en la oferta, también se encuentra el avance real del proyecto, el mismo que sirve a la compañía para objeto de análisis y en el cual se observa claramente el desfase en los últimos días, si bien se puede ver en el gráfico la mayor parte del tiempo se estuvo dentro de lo planificado pero esto se debe a que se incrementó el personal y la horas de trabajo para lograr compensar el retraso.

TABLA 3.5

CAUSAS IDENTIFICADAS EN EL RETRASO DEL PROYECTO # 2

| PROCESO | PROBLEMA | FRECUENCIA (#) | COSTOS (\$) |
|----------------|--|---------------------------|------------------------|
| DISEÑO | NIVELES DE PLACA DE ANCLAJE | 1 | 1152 |
| DISEÑO | NIVELES DE PARED FRONTAL | 1 | 1152 |
| DISEÑO | NIVEL TERMINADO DE COLUMNAS | 1 | 2000 |
| DISEÑO | FABRICACIÓN DE CERCHA DE AMARRE ADICIONAL | 1 | 2000 |
| DISEÑO | NIVEL TERMINADO DE ÁREA DE OFICINAS | 1 | 1500 |
| COMERCIAL | NO SE CONSIDERÓ FACHADA LATERAL EXISTENTE | 1 | 2500 |
| MONTAJE | DAÑO DE VEHÍCULOS POR PINTURA | 1 | 0 |
| PRODUCCIÓN | FABRICACIÓN INCOMPLETA DE CONECTORES DE LOSA | 1 | 384 |
| COMERCIAL | MODIFICACIÓN DE PLANOS DE LOUVERS | 1 | 640 |
| GERENCIA | PAGO A PROVEEDORES | 1 | 1920 |
| COMERCIAL | SUSPENSIÓN DE TRABAJO | 1 | 2991.45 |
| | TOTAL | 11 | 16239.45 |

Autores: Huber Salazar / Marcela Huayamave.

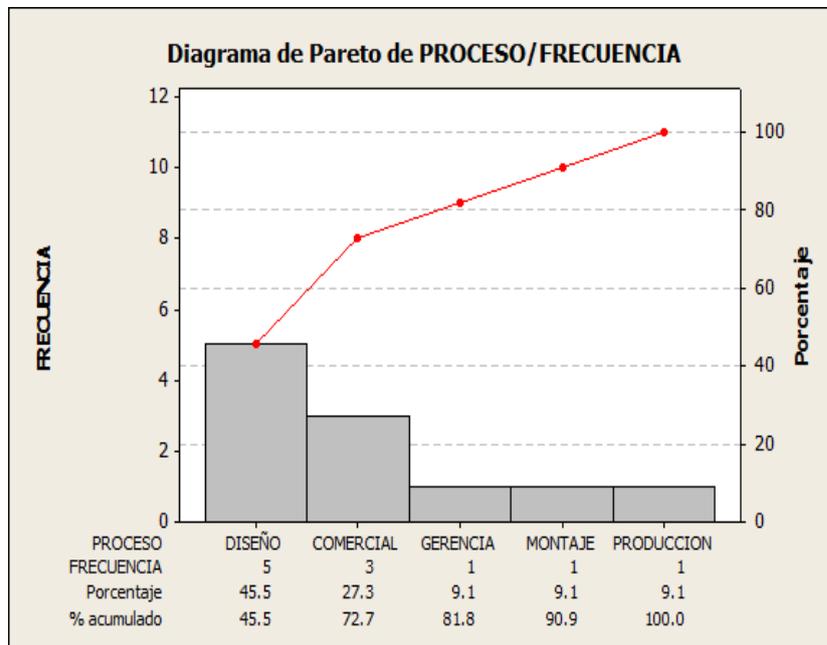


Gráfico 3.5 Diagrama de Pareto de las causas para el retraso del proyecto # 2

Autores: Huber Salazar / Marcela Huayamave

En el gráfico 3.5, se evidencia que el proceso con mayor frecuencia de errores es diseño con 5 errores que representa un 45.5%, seguido de comerciales con 3 errores que representan un 27.3%.

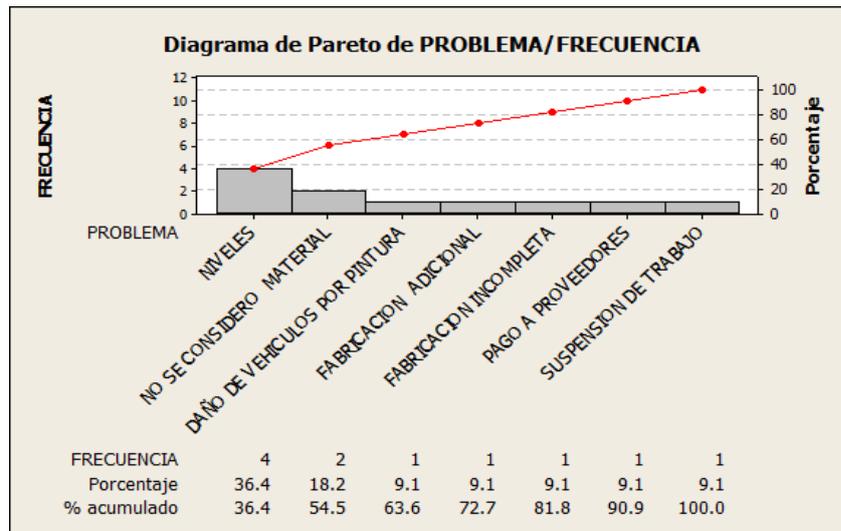


Grafico 3.6 Diagrama de Pareto de las fallas del proceso de diseño – Proyecto # 2

Autores: Huber Salazar / Marcela Huayamave

Se puede apreciar en el gráfico 3.6 que el problema más frecuente fue el de niveles marcados en los planos versus los referenciales de la estructuras existente, en este caso con un 36.4% y la no consideración de todos los materiales por parte del departamento de comerciales con un 18.2 %.

Proyecto3

Antecedentes:

Este fue un proyecto que consistía en la fabricación y montaje de una estructura metálica para un Santuario con vigas fabricadas a partir de flejes y cuya área era aproximada de 700m² y una altura de 22 m, en la ciudad de Guayaquil. Como referencia en este proyecto sólo se costearon los materiales y la mano de obra, la compañía no consideró tener ganancia alguna ya que esta obra era para una institución religiosa, no obstante, el hecho de no ganar una utilidad, significaba que tampoco se podía exceder en los costos presupuestados ya que de lo contrario la compañía se vería afectada.

Ejecución del proyecto

Desde el inicio de la ejecución de este proyecto se presentaron varios inconvenientes que retrasaron el avance, como se mencionó anteriormente, esta obra era para una institución religiosa por lo que la mayor parte de los recursos habían sido donados y no estuvieron listos para el momento de la ejecución. Por otra parte al no haber una fiscalización, la obra quedó a criterio de las diferentes personas que intervinieron, por ejemplo en el diseño, ya que cuando el cliente lo vio estructurado físicamente no estuvo de acuerdo con algunos detalles e hizo cambios en sitio los mismos que no fueron comunicados a las personas indicadas, por lo que al consultarlos con el calculista, este no los aprobaba y se tenía que corregir nuevamente.

Estos problemas llevaron a culminar el proyecto con un retraso de 5 días, cuyos costos por reproceso y retrasos ascendieron a un 16% del valor del contrato. En el gráfico 3.7 se observa la curva de lo planificado, presupuestado y real.

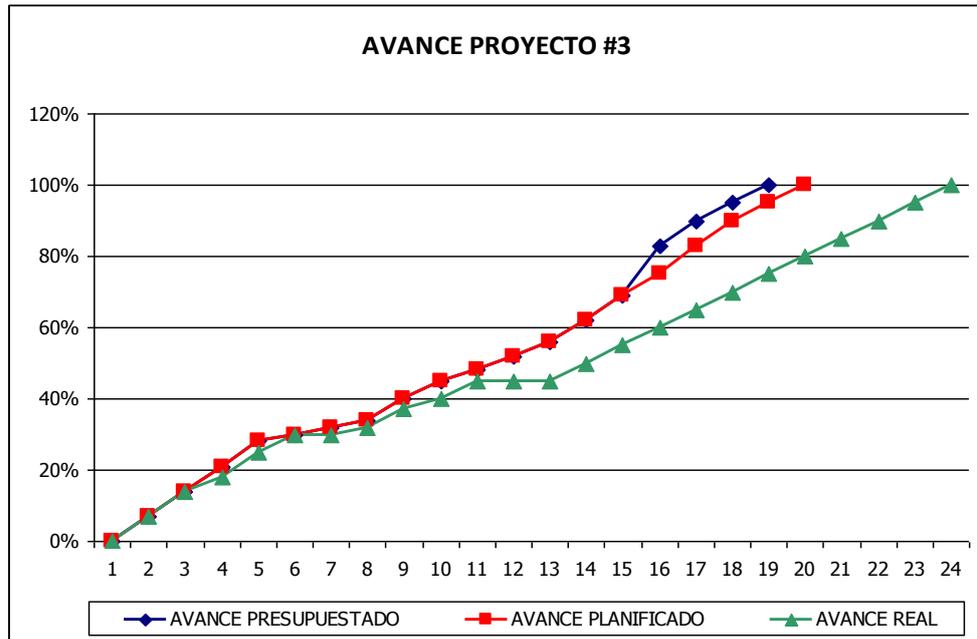


Gráfico 3.7. Comparación entre proyecto 3 presupuestado, planificado y real
Autores: Huber Salazar / Marcela Huayamave

Se observa además, que se encuentra el avance presupuestado y el planificado en la oferta, también se encuentra el avance real del proyecto, el mismo que sirve a la compañía para objeto de análisis y en el cual se ve claramente el desfase desde el cuarto día del proyecto, también que cuando el proyecto estaba por el 50 % de avance el retraso se acentúa aún más y esto es debido a que la estructura ya estaba tomando forma y es ahí cuando surgen los cambios del cliente.

TABLA 3.6

CAUSAS IDENTIFICADAS EN EL RETRASO DEL PROYECTO # 3

| PROCESO | PROBLEMA | FRECUENCIA (#) | COSTOS (\$) |
|-------------|---|----------------|---------------|
| DISEÑO | MEDIDAS EN SITIO NO COINCIDEN CON LOS PLANOS | 1 | 450 |
| LOGÍSTICA | EL MATERIAL NO LLEGÓ A LA HORA INDICADA | 1 | 600 |
| DD-HH | AUSENCIAS DEL PERSONAL | 1 | 450 |
| PROVEEDORES | LAS GRÚAS NO LLEGARON A TIEMPO | 1 | 1000 |
| MONTAJE | NO REALIZAR REPLANTEO ANTES DE INICIAR LA OBRA | 1 | 2500 |
| MONTAJE | NO INFORMAR RESPECTO A CAMBIOS DE DISEÑO | 1 | 2000 |
| MONTAJE | INICIO DE OBRA SIN CERTIFICACIÓN TÉCNICA DEL HORMIGÓN | 1 | 0 |
| | TOTAL | 7 | \$7000 |

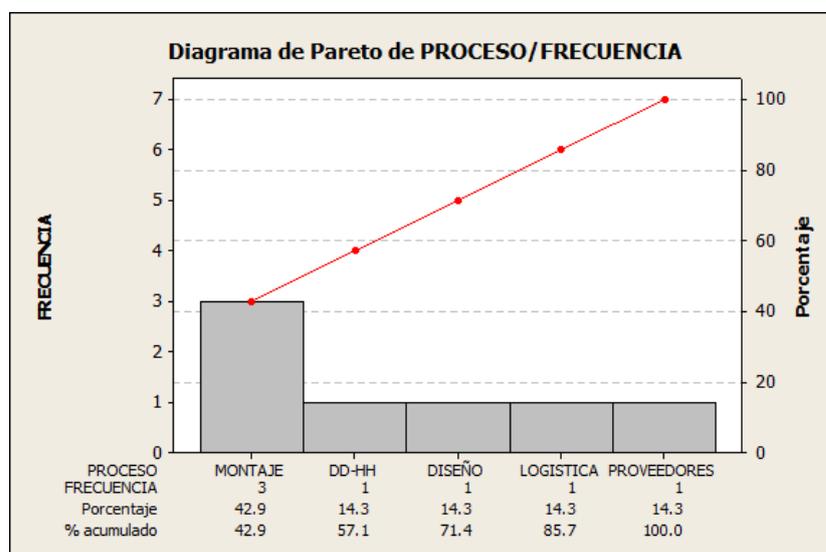


Gráfico 3.8 Diagrama de Pareto de las causas para el retraso del proyecto # 3

Autores: Huber Salazar / Marcela Huayamave

Como se observa en el gráfico 3.8, se evidencia que el proceso con mayor frecuencia de errores fue montaje con 3 errores que representa un 42.9%, seguido de Recursos Humanos (DD-HH) con 1 error que representan un 14.3% y diseño con 1 error que representa un 14.3%.

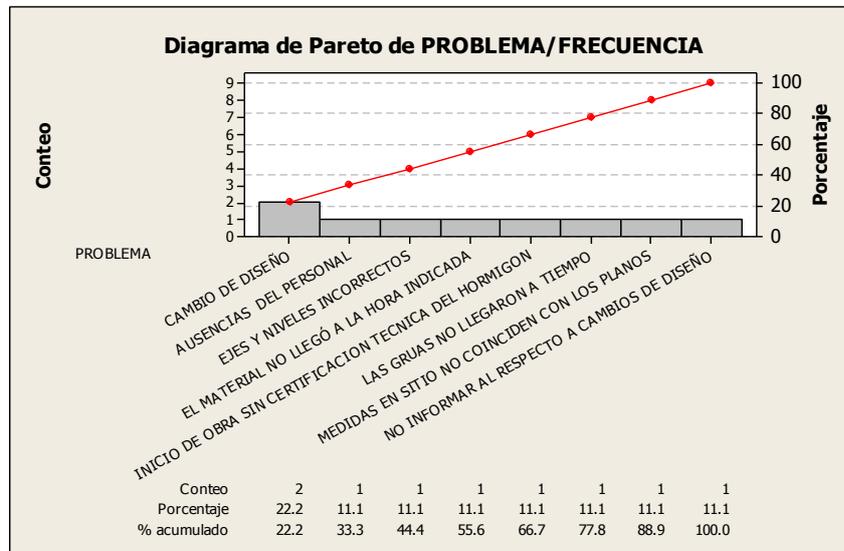


Grafico 3.9 Diagrama de Pareto de las fallas del proceso de diseño – Proyecto # 3

Autores: Huber Salazar / Marcela Huayamave

Se puede apreciar en el gráfico 3.9 que el problema más frecuente fue el cambio de diseño realizado que se llevó a cabo cuando ya estaba construida toda la estructura, que representa un 22% de los errores, también hubieron errores como medidas incorrectas, falta de material y ausencia del personal que representan un 11.1 % respectivamente.

3.4. 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 en este proyecto, 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 simularán los proyectos 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.

Análisis de Datos del Proyecto 1

TABLA 3.7

DATOS Y MÉTODO DE HOLT DEL PROYECTO #1

| ALFA | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------|--------------------|-------------|----------------------|---------------|----------------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------------------|------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|--|
| BETA | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0.57 | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0.05 | | | | | | | | | | | | | |
| DIAS EJECUCION DE PROYECTO | AVANCE PRESUPUESTADO | AVANCE PLANIFICADO | AVANCE REAL | ESTIMACION DEL NIVEL | PENDIENTE (m) | ESTIMACION DE CULMINACION (DIAS) | AVANCE PRONOSTICADO | PENDIENTE PRONOSTICADA | TERMINACION PRONOSTICADA (DIAS) | ERROR CUADRATICO | ESTIMACION PENDIENTE (L) | ESTIMACION PENDIENTE (LS) | TERMINACION ESTIMADA (L) | TERMINACION ESTIMADA (LS) | |
| 1 | 18% | 18% | 18% | 18% | | | | | | | | | | | |
| 2 | 35% | 35% | 30% | 24.86% | 6.86% | 12.21 | 18% | 6.86% | 12.21 | 0.63 | 6.80% | 6.91% | 12.12 | 12.30 | |
| 3 | 52% | 52% | 35% | 30.65% | 6.80% | 12.55 | 31.71% | 6.80% | 12.55 | 0.20 | 6.75% | 6.86% | 12.47 | 12.64 | |
| 4 | 68% | 68% | 39% | | | | 37.46% | 6.75% | 13.27 | 0.07 | 6.69% | 6.81% | 13.19 | 13.12 | |
| 5 | 83% | 83% | 40% | | | | 44.26% | 6.75% | 13.25 | 0.06 | 6.69% | 6.81% | 13.81 | 13.96 | |
| 6 | 100% | 95% | 46% | | | | 51.06% | 6.76% | 13.24 | 0.06 | 6.70% | 6.81% | 13.18 | 13.31 | |
| 7 | | 100% | 53% | | | | 57.87% | 6.76% | 13.23 | 0.06 | 6.70% | 6.82% | 13.18 | 13.29 | |
| 8 | | | 61% | | | | 64.67% | 6.76% | 13.23 | 0.05 | 6.70% | 6.82% | 13.18 | 13.27 | |
| 9 | | | 69% | | | | 71.47% | 6.76% | 13.22 | 0.05 | 6.70% | 6.82% | 13.18 | 13.26 | |
| 10 | | | 77% | | | | 78.28% | 6.76% | 13.21 | 0.04 | 6.71% | 6.82% | 13.18 | 13.24 | |
| 11 | | | 85% | | | | 85.08% | 6.77% | 13.21 | 0.04 | 6.71% | 6.82% | 13.19 | 13.22 | |
| 12 | | | 100% | | | | 91.88% | 6.77% | 13.20 | 0.04 | 6.71% | 6.83% | 13.19 | 13.21 | |
| 13 | | | | | | | 98.69% | 6.77% | 13.19 | 0.04 | 6.71% | 6.83% | 13.19 | 13.20 | |
| | | | | DESVT (m) | 0.04% | | DESVT (m ²) | 0.03% | SUMA ERROR | 1.34 | | | | | |

Autores: Huber Salazar / Marcela Huayamave

Dentro de la tabla 3.7 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, usando las fórmulas 2.1, 2.2 y 2.3 del capítulo II de este proyecto de graduación, 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.

TABLA 3.8

ESTIMACIÓN DEL DÍA DE FINALIZACIÓN DEL PROYECTO # 1

| DÍAS 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% | | | |
| 2 | 35% | 35% | 30% | 24.86% | 6.86% | 12.21 | 18% |
| 3 | 52% | 52% | 35% | 30.65% | 6.80% | 12.55 | 31.71% |
| 4 | 68% | 68% | 39% | | | | 37.46% |
| 5 | 83% | 83% | 40% | | | | 44.26% |
| 6 | 100% | 95% | 46% | | | | 51.06% |
| 7 | | 100% | 53% | | | | 57.87% |
| 8 | | | 61% | | | | 64.67% |
| 9 | | | 69% | | | | 71.47% |
| 10 | | | 77% | | | | 78.28% |
| 11 | | | 85% | | | | 85.08% |
| 12 | | | 100% | | | | 91.88% |
| 13 | | | | | | | 98.69% |
| | | | | DESVT (m) | 0.04% | | |

Autores: Huber Salazar / Marcela Huayamave

Una vez estimado el día de la culminación del proyecto, tal como se muestra en la tabla 3.8, 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.

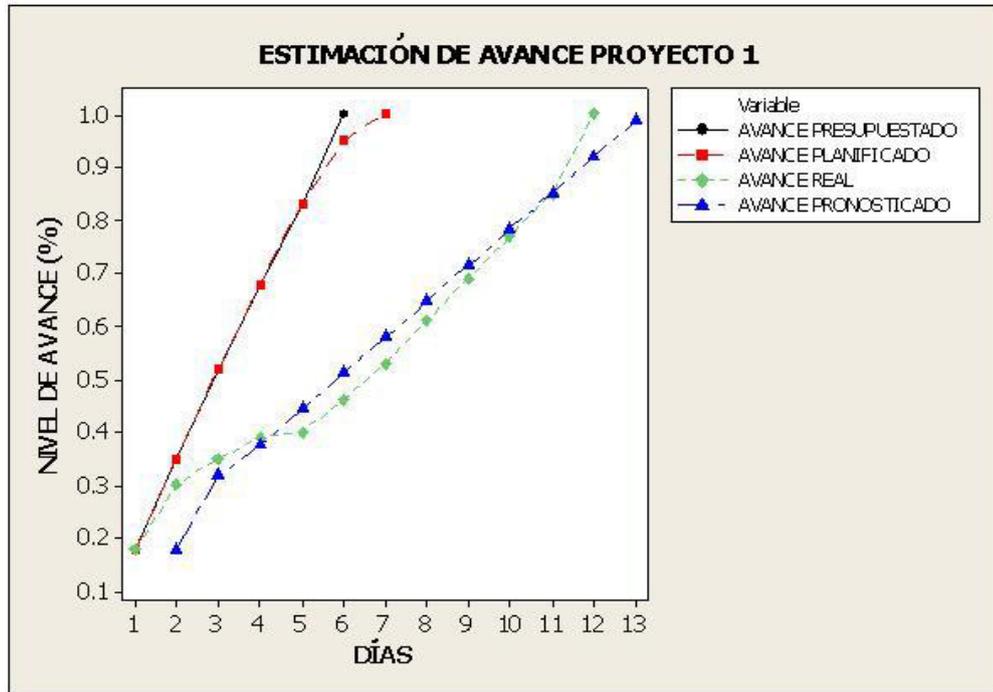


Gráfico 3.10 Curvas del proyecto pronosticado contra real Proyecto 1
Autores: Huber Salazar / Marcela Huayamave

En el gráfico 3.10, se observa la tendencia de los avances pronosticados a través del tiempo versus el avance real del progreso del proyecto.

Análisis de datos del proyecto # 2

**TABLA 3.9
DATOS Y MÉTODO DE HOLT DEL PROYECTO #2**

| ALFA | | | | | | | | | | | | | | | 0.55 | |
|----------------------------|----------------------|--------------------|-------------|----------------------|---------------|----------------------------------|---------------------|------------------------|---------------------------------|------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|------|--|
| BETA | | | | | | | | | | | | | | | 0.05 | |
| DÍAS EJECUCION DE PROYECTO | AVANCE PRESUPUESTADO | AVANCE PLANIFICADO | AVANCE REAL | ESTIMACION DEL NIVEL | PENDIENTE (m) | ESTIMACION DE CULMINACION (DIAS) | AVANCE PRONOSTICADO | PENDIENTE PRONOSTICADA | TERMINACION PRONOSTICADA (DIAS) | ERROR CUADRATICO | ESTIMACION PENDIENTE (LJ) | ESTIMACION N PENDIENTE (LS) | TERMINACION ESTIMADA (LJ) | TERMINACION ESTIMADA (LS) | | |
| 1 | 3% | 3% | 3% | 3% | | 29.58 | 3% | 3.30% | 29.58 | 2.48 | 3.18% | 3.42% | 28.61 | 30.62 | | |
| 2 | 9% | 9% | 9% | 6.30% | 3.30% | 27.65 | 9.60% | 3.45% | 27.65 | 0.12 | 3.33% | 3.57% | 26.82 | 28.54 | | |
| 3 | 15% | 15% | 15% | 12.57% | 3.45% | 27.88 | 16.02% | 3.60% | 27.35 | 0.43 | 3.48% | 3.72% | 26.59 | 27.87 | | |
| 4 | 18% | 18% | 17% | 16.56% | 3.48% | 28.02 | 20.03% | 3.62% | 27.10 | 0.80 | 3.50% | 3.74% | 26.40 | 27.87 | | |
| 5 | 23% | 23% | 20% | 20.02% | 3.47% | | | | | | | | | | | |
| 6 | 26% | 26% | 23% | | | | 23.49% | 3.61% | 27.20 | 0.65 | 3.49% | 3.73% | 26.51 | 27.92 | | |
| 7 | 31% | 31% | 31% | | | | 26.96% | 3.60% | 27.27 | 0.53 | 3.48% | 3.72% | 26.62 | 27.97 | | |
| 8 | 36% | 36% | 36% | | | | 30.44% | 3.60% | 27.34 | 0.43 | 3.48% | 3.72% | 26.72 | 28.01 | | |
| 9 | 41% | 41% | 41% | | | | 33.91% | 3.59% | 27.41 | 0.35 | 3.47% | 3.71% | 26.81 | 28.04 | | |
| 10 | 44% | 44% | 44% | | | | 37.39% | 3.58% | 27.47 | 0.28 | 3.46% | 3.70% | 26.90 | 28.07 | | |
| 11 | 47% | 47% | 47% | | | | 40.86% | 3.58% | 27.52 | 0.23 | 3.46% | 3.70% | 26.99 | 28.10 | | |
| 12 | 52% | 52% | 52% | | | | 44.34% | 3.57% | 27.57 | 0.18 | 3.45% | 3.69% | 27.07 | 28.12 | | |
| 13 | 56% | 56% | 56% | | | | 47.81% | 3.57% | 27.62 | 0.14 | 3.45% | 3.69% | 27.15 | 28.13 | | |
| 14 | 63% | 63% | 63% | | | | 51.29% | 3.56% | 27.67 | 0.11 | 3.44% | 3.68% | 27.22 | 28.14 | | |
| 15 | 70% | 70% | 70% | | | | 54.76% | 3.56% | 27.71 | 0.09 | 3.44% | 3.68% | 27.29 | 28.15 | | |
| 16 | 75% | 75% | 75% | | | | 58.24% | 3.56% | 27.75 | 0.06 | 3.44% | 3.68% | 27.36 | 28.16 | | |
| 17 | 82% | 82% | 82% | | | | 61.71% | 3.55% | 27.78 | 0.05 | 3.43% | 3.67% | 27.43 | 28.16 | | |
| 18 | 88% | 88% | 82% | | | | 65.18% | 3.55% | 27.81 | 0.03 | 3.43% | 3.67% | 27.49 | 28.16 | | |
| 19 | 93% | 93% | 82% | | | | 68.66% | 3.54% | 27.84 | 0.02 | 3.42% | 3.66% | 27.55 | 28.15 | | |
| 20 | 100% | 98% | 86% | | | | 72.13% | 3.54% | 27.87 | 0.02 | 3.42% | 3.66% | 27.61 | 28.15 | | |
| 21 | | 100% | 90% | | | | 75.61% | 3.54% | 27.90 | 0.01 | 3.42% | 3.66% | 27.67 | 28.14 | | |
| 22 | | | 90% | | | | 79.08% | 3.53% | 27.92 | 0.01 | 3.41% | 3.65% | 27.72 | 28.13 | | |
| 23 | | | 90% | | | | 82.56% | 3.53% | 27.94 | 0.00 | 3.41% | 3.65% | 27.78 | 28.11 | | |
| 24 | | | 92% | | | | 86.03% | 3.53% | 27.96 | 0.00 | 3.41% | 3.65% | 27.83 | 28.10 | | |
| 25 | | | 92% | | | | 89.51% | 3.53% | 27.98 | 0.00 | 3.41% | 3.65% | 27.88 | 28.08 | | |
| 26 | | | 92% | | | | 92.98% | 3.52% | 27.99 | 0.00 | 3.40% | 3.64% | 27.93 | 28.06 | | |
| 27 | | | 92% | | | | 96.46% | 3.52% | 28.01 | 0.00 | 3.40% | 3.64% | 27.97 | 28.04 | | |
| 28 | | | 100% | | | | 99.93% | 3.52% | 28.02 | 0.00 | 3.40% | 3.64% | 28.02 | 28.02 | | |
| 29 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 31 | | | | DESVT (m) | 0.08% | | DESVT (m*) | 0.06% | SUMA ERROR | 7.05 | | | | | | |

Autores: Huber Salazar / Marcela Huayamave

En la tabla 3.9 se muestra que las cuatro primeras columnas 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 están las estimaciones usando el método de HOLT de suavización exponencial doble, usando las fórmulas 2.1, 2.2 y 2.3 del capítulo II de este proyecto, para lo cual se toman los datos del avance real del proyecto durante los 5 primeros días y se estiman los niveles de avance de estos días con sus respectivas pendientes para

determinar la fecha tentativa en que se terminaría el proyecto de seguir con la misma tasa de avance diario.

Ya al quinto día se observa que el proyecto se estaría terminando en el día 28 aproximadamente versus los 20 días en los que se planificó culminar este proyecto.

TABLA 3.10
ESTIMACIÓN DEL DÍA DE FINALIZACIÓN DEL PROYECTO # 2

| DÍAS EJECUCION DE PROYECTO | AVANCE PRESUPUESTADO | AVANCE PLANIFICADO | AVANCE REAL | ESTIMACION DEL NIVEL | PENDIENTE (m) | ESTIMACION DE CULMINACION (DIAS) | AVANCE PRONOSTICADO |
|----------------------------|----------------------|--------------------|-------------|----------------------|---------------|----------------------------------|---------------------|
| 1 | 3% | 3% | 3% | 3% | | | |
| 2 | 9% | 9% | 9% | 6.30% | 3.30% | 29.58 | 3% |
| 3 | 15% | 15% | 15% | 12.57% | 3.45% | 27.65 | 9.60% |
| 4 | 18% | 18% | 17% | 16.56% | 3.48% | 27.88 | 16.02% |
| 5 | 23% | 23% | 20% | 20.02% | 3.47% | 28.02 | 20.03% |
| 6 | 26% | 26% | 23% | | | | 23.49% |
| 7 | 31% | 31% | 31% | | | | 26.96% |
| 8 | 36% | 36% | 36% | | | | 30.44% |
| 9 | 41% | 41% | 41% | | | | 33.91% |
| 10 | 44% | 44% | 44% | | | | 37.39% |
| 11 | 47% | 47% | 47% | | | | 40.86% |
| 12 | 52% | 52% | 52% | | | | 44.34% |
| 13 | 56% | 56% | 56% | | | | 47.81% |
| 14 | 63% | 63% | 63% | | | | 51.29% |
| 15 | 70% | 70% | 70% | | | | 54.76% |
| 16 | 75% | 75% | 75% | | | | 58.24% |
| 17 | 82% | 82% | 82% | | | | 61.71% |
| 18 | 88% | 88% | 82% | | | | 65.18% |
| 19 | 93% | 93% | 82% | | | | 68.66% |
| 20 | 100% | 98% | 86% | | | | 72.13% |
| 21 | | 100% | 90% | | | | 75.61% |
| 22 | | | 90% | | | | 79.08% |
| 23 | | | 90% | | | | 82.56% |
| 24 | | | 92% | | | | 86.03% |
| 25 | | | 92% | | | | 89.51% |
| 26 | | | 92% | | | | 92.98% |
| 27 | | | 92% | | | | 96.46% |
| 28 | | | 100% | | | | 99.93% |
| 29 | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | |

Autores: Huber Salazar / Marcela Huayamave

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 5 dan también como resultado que se que se terminará el proyecto en el día 28 si se mantienen al mismo ritmo de trabajo.

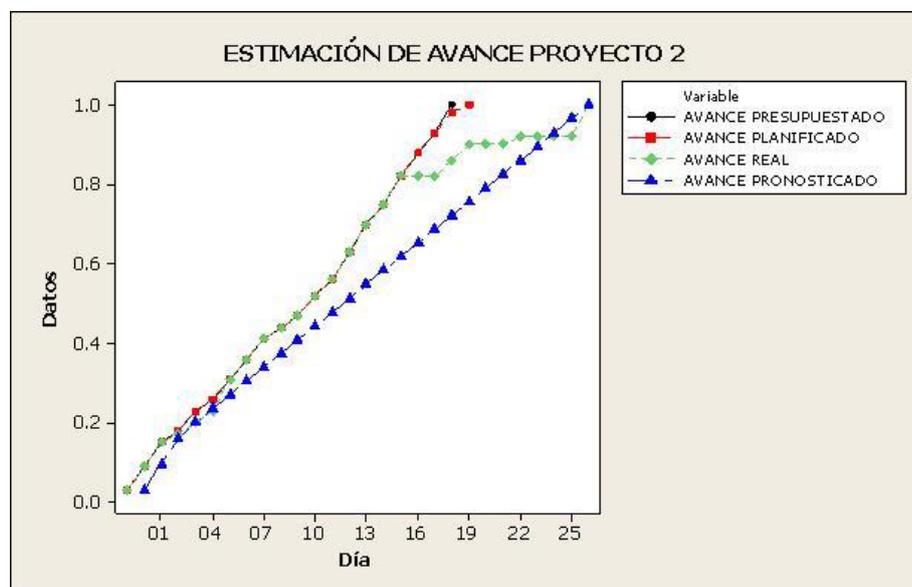


Gráfico 3.11 Curvas del proyecto pronosticado contra real Proyecto 2
Autores: Huber Salazar / Marcela Huayamave

Después de analizar los datos y hacer las proyecciones del avance de obra por medio del método de HOLT, se observa en el gráfico 3.11 que la tendencia de los avances pronosticados a través del tiempo versus la línea de tendencia del avance real tienen una intersección entre los días 22 y 25, lo que hace suponer que el pronóstico se iguala a la realidad.

Análisis de datos del proyecto #3

TABLA 3.11

DATOS Y MÉTODO DE HOLT DEL PROYECTO #3

| ALFA | | 0.52 | | | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------|--------------------|-------------|----------------------|---------------|----------------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------------------|------------------|--|
| BETA | | 0.05 | | | | | | | | | |
| DIAS EJECUCION DE PROYECTO | AVANCE PRESUPUESTADO | AVANCE PLANIFICADO | AVANCE REAL | ESTIMACION DEL NIVEL | PENDIENTE (m) | ESTIMACION DE CULMINACION (DIAS) | AVANCE PRONOSTICADO | PENDIENTE PRONOSTICADA | TERMINACION PRONOSTICADA (DIAS) | ERROR CUADRATICO | |
| | | 1 | 0% | 0% | 0% | 0% | | | | | |
| 2 | 7% | 7% | 7% | 3.64% | 3.64% | 27.55 | 0% | 3.64% | 27.55 | 0.20 | |
| 3 | 14% | 14% | 14% | 10.77% | 3.81% | 25.54 | 7.28% | 3.81% | 25.54 | 6.03 | |
| 4 | 21% | 21% | 18% | 16.36% | 3.90% | 25.01 | 14.59% | 3.99% | 25.41 | 6.71 | |
| 5 | 28% | 28% | 25% | 22.73% | 4.03% | 23.63 | 20.27% | 4.07% | 24.57 | 11.75 | |
| 6 | 30% | 30% | 30% | | | | 26.75% | 4.19% | 23.46 | 20.59 | |
| 7 | 32% | 32% | 30% | | | | 30.78% | 4.19% | 23.54 | 19.93 | |
| 8 | 34% | 34% | 32% | | | | 34.81% | 4.18% | 23.60 | 19.33 | |
| 9 | 40% | 40% | 37% | | | | 38.83% | 4.17% | 23.67 | 18.78 | |
| 10 | 45% | 45% | 40% | | | | 42.86% | 4.16% | 23.72 | 18.28 | |
| 11 | 48% | 48% | 45% | | | | 46.89% | 4.16% | 23.78 | 17.82 | |
| 12 | 52% | 52% | 45% | | | | 50.91% | 4.15% | 23.83 | 17.40 | |
| 13 | 56% | 56% | 45% | | | | 54.94% | 4.14% | 23.87 | 17.02 | |
| 14 | 62% | 62% | 50% | | | | 58.97% | 4.14% | 23.92 | 16.68 | |
| 15 | 69% | 69% | 55% | | | | 62.99% | 4.13% | 23.96 | 16.36 | |
| 16 | 83% | 75% | 60% | | | | 67.02% | 4.13% | 23.99 | 16.07 | |
| 17 | 90% | 83% | 65% | | | | 71.05% | 4.12% | 24.02 | 15.81 | |
| 18 | 95% | 90% | 70% | | | | 75.07% | 4.12% | 24.05 | 15.57 | |
| 19 | 100% | 95% | 75% | | | | 79.10% | 4.11% | 24.08 | 15.35 | |
| 20 | | 100% | 80% | | | | 83.12% | 4.11% | 24.11 | 15.15 | |
| 21 | | | 85% | | | | 87.15% | 4.10% | 24.13 | 14.97 | |
| 22 | | | 90% | | | | 91.18% | 4.10% | 24.15 | 14.81 | |
| 23 | | | 95% | | | | 95.20% | 4.10% | 24.17 | 14.66 | |
| 24 | | | 100% | | | | 99.23% | 4.09% | 24.19 | 14.53 | |
| 25 | | | | DESVT (m) | 0.16% | | DESVT (m ²) | 0.13% | SUMA ERROR | 343.82 | |

Autores: Huber Salazar / Marcela Huayamave

Dentro de la tabla 3.11 se aprecian 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 empleado, el avance presupuestado, el avance planificado, el avance real. En las siguientes tres columnas se muestran las estimaciones usando el método de HOLT de suavización exponencial doble, usando las fórmulas 2.1, 2.2 y 2.3 del capítulo II de este proyecto, para lo cual se toman los datos del avance real del proyecto durante los 5 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. Al quinto día se observa que el proyecto estaría terminando en el día 24 aproximadamente versus los 20 días en los que se panificó culminar este proyecto.

TABLA 3.12

ESTIMACIÓN DEL DÍA DE FINALIZACIÓN DEL PROYECTO 3

| DÍAS EJECUCION DE PROYECTO | AVANCE PRESUPUESTADO | AVANCE PLANIFICADO | AVANCE REAL | ESTIMACION DEL NIVEL | PENDIENTE (m) | ESTIMACION DE CULMINACION (DIAS) | AVANCE PRONOSTICADO |
|----------------------------|----------------------|--------------------|-------------|----------------------|---------------|----------------------------------|---------------------|
| 1 | 0% | 0% | 0% | 0% | | | |
| 2 | 7% | 7% | 7% | 3.64% | 3.64% | 27.55 | 0% |
| 3 | 14% | 14% | 14% | 10.77% | 3.81% | 25.54 | 7.28% |
| 4 | 21% | 21% | 18% | 16.36% | 3.90% | 25.01 | 14.59% |
| 5 | 28% | 28% | 25% | 22.73% | 4.03% | 23.63 | 20.27% |
| 6 | 30% | 30% | 30% | | | | 26.75% |
| 7 | 32% | 32% | 30% | | | | 30.78% |
| 8 | 34% | 34% | 32% | | | | 34.81% |
| 9 | 40% | 40% | 37% | | | | 38.83% |
| 10 | 45% | 45% | 40% | | | | 42.86% |
| 11 | 48% | 48% | 45% | | | | 46.89% |
| 12 | 52% | 52% | 45% | | | | 50.91% |
| 13 | 56% | 56% | 45% | | | | 54.94% |
| 14 | 62% | 62% | 50% | | | | 58.97% |
| 15 | 69% | 69% | 55% | | | | 62.99% |
| 16 | 83% | 75% | 60% | | | | 67.02% |
| 17 | 90% | 83% | 65% | | | | 71.05% |
| 18 | 95% | 90% | 70% | | | | 75.07% |
| 19 | 100% | 95% | 75% | | | | 79.10% |
| 20 | | 100% | 80% | | | | 83.12% |
| 21 | | | 85% | | | | 87.15% |
| 22 | | | 90% | | | | 91.18% |
| 23 | | | 95% | | | | 95.20% |
| 24 | | | 100% | | | | 99.23% |
| 25 | | | | | | | |

Autores: Huber Salazar / Marcela Huayamave

Una vez estimado el día de la culminación del proyecto, tal como se aprecia en la tabla 3.12, interesa conocer cuáles serán 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 5 son bastante cercanos a los reales.

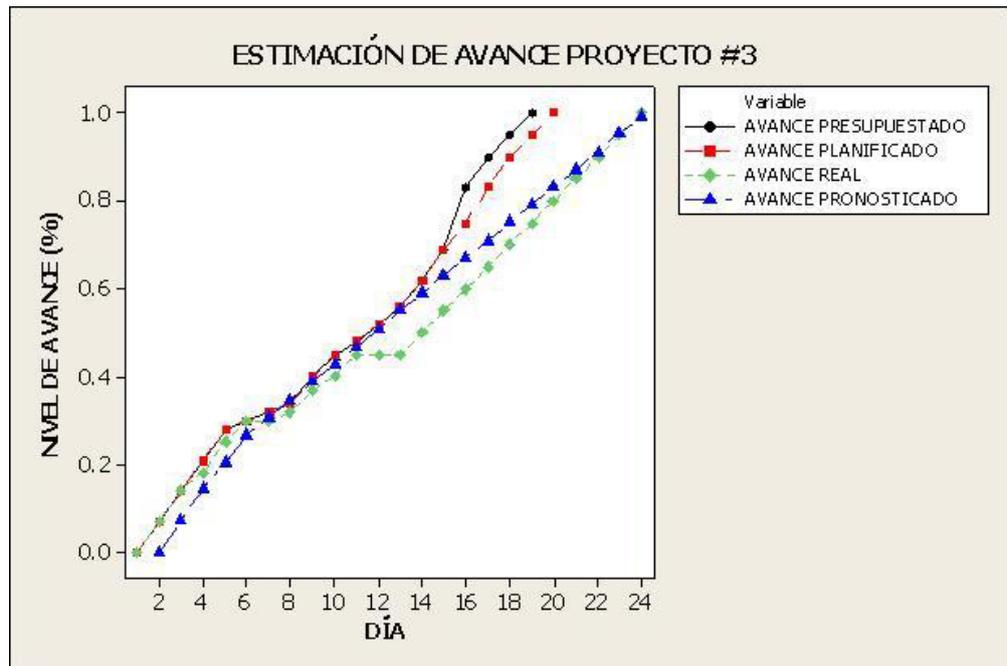


Gráfico 3.12 Curvas del proyecto pronosticado contra real Proyecto 3
Autores: Huber Salazar / Marcela Huayamave

En el gráfico 3.12, se observa la tendencia de los avances pronosticados a través del tiempo versus la línea de tendencia de los avances reales del progreso del proyecto.

De esta forma se ha realizado el análisis de tres proyectos los cuales dan buenos resultados de pronóstico versus el tiempo real avanzado. En el capítulo IV se desarrollará la estructura documental y se definirán estándares de calidad para el proceso de montaje.

CAPÍTULO IV

4. APLICACIÓN DEL PROCESO DE GESTIÓN

Una vez identificados los problemas de los retrasos del proceso de montaje y sus causas, en este capítulo 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

En el capítulo III de este proyecto, se describe la estructura del proceso de montaje, y se muestra en el anexo A, el macroproceso de la empresa, en el cual no se incluye al proceso de montaje.

A continuación se describe la especificación del proceso de montaje, identificando las entradas, salidas, actividades, recursos, control y medición.

Entradas, Actividades y Salidas del Proceso de Montaje

En el anexo B se puede apreciar que los procesos que dan entradas al proceso de montaje son los siguientes:

- **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.

El proceso de montaje se describe al inicio del capítulo III de este proyecto, a continuación se las recuerda:

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

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

Etapa 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 de este 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. Ver Anexo C.

Este procedimiento se apega al control de documentos definido en el sistema de gestión de la empresa y es difundido entre el personal directa e indirectamente relacionado con el proceso de montaje.

- **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. Ver Anexo D.

Recursos del Proceso de Montaje

Los recursos definidos para cada 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.

Se definen dos tipos de indicadores, aquellos que tienen naturaleza positiva y los de naturaleza negativa. Los de naturaleza positiva son aquellos cuyo objetivo está por encima de la tolerancia, esto se debe a que conviene que sea lo más alto posible; por ejemplo: Cumplimientos de cronogramas, planes, productividad, eficiencia.

Los indicadores de naturaleza negativa son aquellos en donde el objetivo está por debajo de la tolerancia, porque se desea que su medición sea la más baja posible; por ejemplo: Costos, índice de accidente, % de desperdicio de material.

Los indicadores definidos para el proyecto de montaje se nombran a continuación y se detallan en el siguiente punto de este proyecto.

- Cumplimiento del cronograma
- Cumplimiento del presupuesto del proyecto
- Fallas por proyecto
- Costos por fallas

Definida la especificación del proceso de montaje, se puede incluir este proceso en el macroproceso de la empresa objeto de nuestro estudio, el cual se presenta en el Anexo E. En él se relacionan los demás procesos de la empresa de acuerdo con la estructura definida en la norma ISO 9001:2008.

4.2. Diseño de indicadores en base al control estadístico

La toma de decisiones, la calidad y el mejoramiento continuo, se fundamentan en la toma de datos e información antes, durante y posterior a la ejecución de los planes, por tal motivo es necesario estar evaluando constantemente las actividades y resultados del proceso para señalar el nivel de desempeño del mismo.

Estos controles permiten chequear cómo se están desempeñando y qué está sucediendo con las actividades en cada etapa del proyecto.

Se han definido cuatro indicadores para la medición del desempeño del proceso de montaje, los mismos que se describen a continuación.

4.2.1. Indicador # 1: “% Cumplimiento del cronograma”.

Este es un indicador de resultado, el cual permite conocer el estado final del tiempo de entrega de los diferentes proyectos.

Este indicador 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.

Su función principal es dar a conocer en el porcentaje de cumplimiento con los tiempos de entrega de cada proyecto, es decir, en él se podrá observar si ha habido retrasos en la entrega de la obra.

Este es un indicador ligado directamente a los objetivos corporativos de aumentar la rentabilidad y mejorar la imagen de la compañía ya que si se cumple con los plazos establecidos el cliente está satisfecho y los costos planificados se cumplen. A continuación, en la tabla 4.1 se muestra la ficha del indicador.

Tabla 4.1

FICHA DEL INDICADOR: % CUMPLIMIENTO DEL CRONOGRAMA

| |
|--|
| Indicador: “% Cumplimiento del cronograma” |
| <i>Naturaleza:</i> Positiva |
| <i>Fórmula:</i> $(\text{Tareas cumplidas} / \text{Tareas planificadas}) * 100$ |
| <i>Unidad:</i> % (porcentaje) |
| <i>Frecuencia de medición:</i> Semanal |
| <i>Fuente de información:</i> Cronograma de ejecución de proyecto |
| <i>Niveles:</i> Objetivo: 100% |

Tolerancia: 95%

Autores: Huber Salazar / Marcela Huayamave

4.2.2. Indicador # 2: “% de Cumplimiento del presupuesto”.

Este es un indicador de resultado, el cual permite conocer el estado financiero del proyecto, es decir si se cumplió con los costos presupuestados.

Este indicador 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.

Su función principal es dar a conocer con cuánto se está cumpliendo con el presupuesto asignado a cada proyecto, es decir, se podrá observar el ahorro o el desfase en el presupuesto de cada obra. En la tabla 4.2 se muestra la ficha del indicador

Tabla 4.2

FICHA DEL INDICADOR: % CUMPLIMIENTO DEL PRESUPUESTO

| |
|--|
| Indicador: “% Cumplimiento del presupuesto” |
| <i>Naturaleza:</i> Negativo |
| <i>Fórmula:</i> (Presupuesto actual / Presupuesto planificado) |
| <i>Unidad:</i> - |

| |
|---|
| <p><i>Frecuencia de medición:</i> Semanal</p> <p><i>Fuente de información:</i> Reporte de gastos del proyecto</p> <p><i>Niveles:</i></p> <p>Objetivo: 1</p> <p>Tolerancia: 1,10</p> |
|---|

Autores: Huber Salazar / Marcela Huayamave

4.2.3. Indicador # 3: “# de fallas por proyectos”.

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.

Este indicador 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.

La función principal de este indicador es hacer un seguimiento y análisis de todos los errores cometidos en cada proyecto para tomarlos como lecciones aprendidas para futuras obras.

Tabla 4.3

FICHA DEL INDICADOR: # DE FALLAS POR PROYECTO

| |
|---|
| <p>Indicador: “# de fallas por proyecto”</p> |
| <p><i>Naturaleza:</i> Negativo</p> |
| <p><i>Fórmula:</i> Número de fallas por proyecto</p> |
| <p><i>Unidad:</i> numérica (enteros)</p> |
| <p><i>Frecuencia de medición:</i> Semanal</p> |
| <p><i>Fuente de información:</i> Reporte de fallas por proyecto</p> |

Niveles:

Objetivo: 3

Tolerancia: 6

Autores: Huber Salazar / Marcela Huayamave

4.2.4. Indicador # 4: “% Costos por fallas por proyecto”.

Este es un indicador de proceso el cual permitirá conocer cuáles son los costos incurridos en cada proyecto debido a errores o fallas del proceso.

Este indicador 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.

Su función principal es dar a conocer cuál es el porcentaje del costo que representan las fallas en cada proyecto. La frecuencia de medición es semanal.

Tabla 4.4

FICHA DEL INDICADOR: % COSTOS POR FALLAS POR PROYECTO

| |
|--|
| Indicador: % Costos por fallas por proyecto |
| <i>Naturaleza:</i> Negativo |
| <i>Fórmula:</i> (Costos incurridos por fallas en el proyecto / Costo total del proyecto)*100 |

Unidad: %

Frecuencia de medición: Semanal

Fuente de información: Reporte de fallas por proyecto

Niveles:

Objetivo: 5 %

Tolerancia: 10 %

Autores: Huber Salazar / Marcela Huayamave

4.3. 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.

4.4. Identificación de costos de no calidad

El análisis de tendencias es una herramienta que permite comparar los niveles de costos presentes con los de períodos anteriores, normalmente se deja transcurrir a lo menos un año antes para obtener conclusiones a partir de los datos. Mediante el análisis de tendencias se obtiene información para la planeación de largo plazo y permite instaurar y evaluar los programas de mejoramiento de la calidad. Los datos utilizados en el análisis de tendencias se toman del informe de costos de la calidad mensual y de las operaciones detalladas.

Ejemplos de costos de no calidad.

En la compañía que es objeto de nuestro estudio, no existe un programa de detección, análisis y mejora de los costos de no calidad, sin embargo dentro del estudio se ha detectado que la misma tiene grandes posibilidades de mejorar su rentabilidad mejorando sus procesos, analizando y eliminando las fallas que hacen que los costos sobrepasen el presupuesto y mermen la utilidad de la empresa.

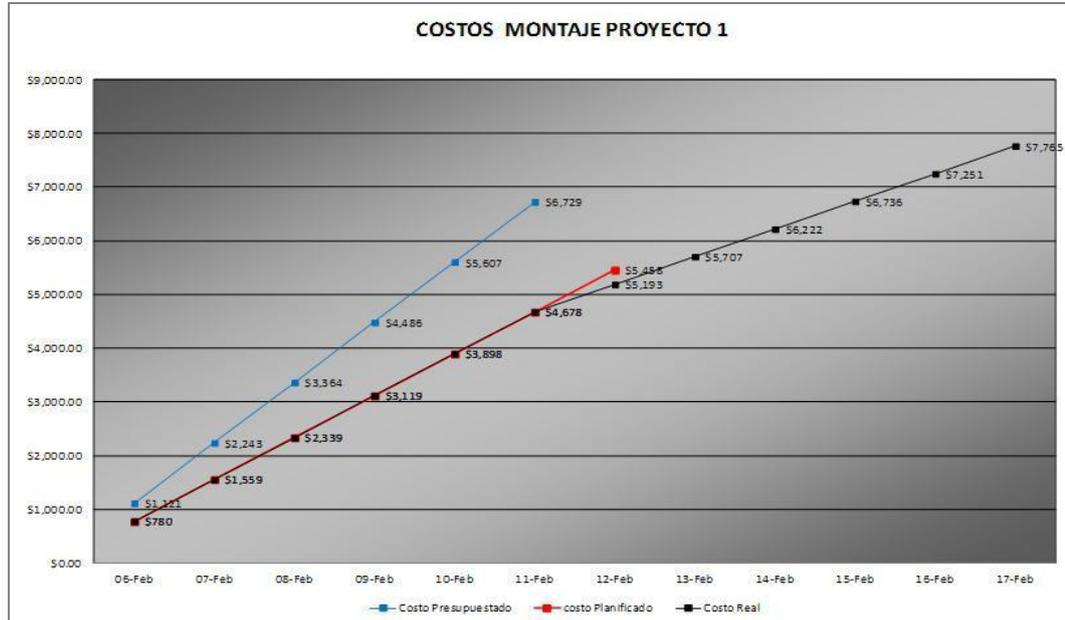


Gráfico 4.1. Costos del proyecto 1

Autores: Huber Salazar / Marcela Huayamave

Como se aprecia en el gráfico 4.1 se encuentran señalados los costos presupuestados, planificados y costos reales en un proyecto de montaje y en él se observa cómo los costos reales superan a los dos anteriores, debido a un cambio en la planificación, diseños incorrectos, productos no conformes, falta de recursos, retrasos en la entrega de los elementos para el montaje de las estructuras metálica, etc.

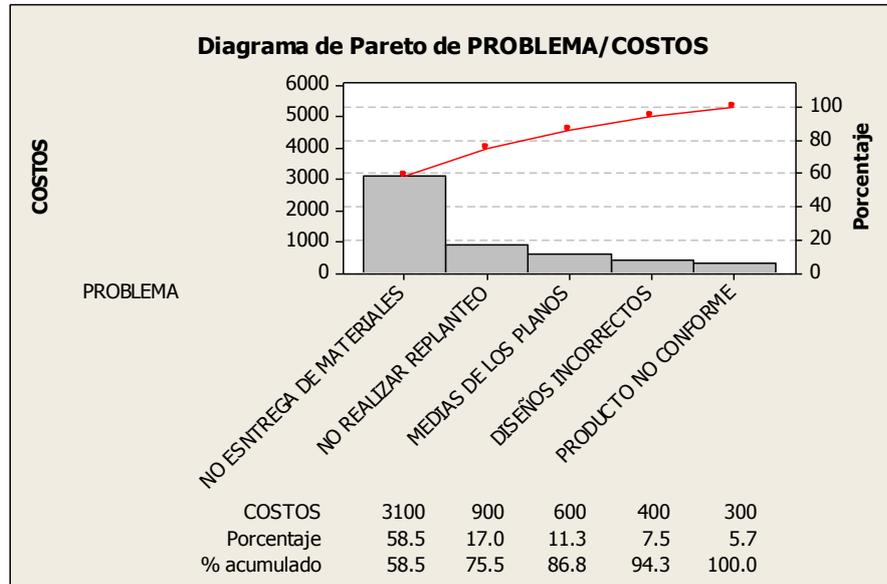


Gráfico 4.2. Diagrama de Pareto de los Problemas vs. Costos del proyecto 1

Autores: Huber Salazar / Marcela Huayamave

En el gráfico 4.2 se pueden observar cuáles han sido las fallas internas más comunes durante la ejecución de este proyecto.

Si bien es cierto la empresa no tuvo pérdidas, es decir cubrió todos los costos y le quedó su margen de utilidad, esta compañía dejó de ganar alrededor de un 10% del valor del contrato debido a que no supo responder ante los cambios inesperados por parte del cliente con lo que su planificación inicial se desprogramó y por ende toda su logística en la ejecución de dicho proyecto.

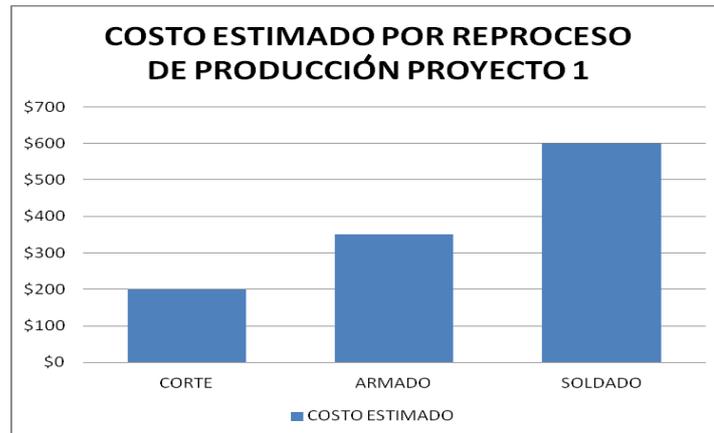


Gráfico 4.3. Costo estimado por reproceso de producción – Proyecto 1

Autores: Huber Salazar / Marcela Huayamave

También se puede observar en este gráfico que en los subprocesos de producción se han generado fallas internas generando así también costos por mala calidad.

El análisis de los costos implicados en contra de los procesos productivos que permitirán la más alta disponibilidad, fiabilidad y calidad, está en una herramienta que ayudará detectar nuestras fallas, implementar las correcciones y optimizar el presupuesto institucional, permitiendo cumplir con nuestra misión.

No hay que olvidar que el beneficio de cuantificar los costos de la calidad en los procesos, permitirá ofrecer productos a un bajo costo y alta productividad, logrando ser más competitivos y eficientes. Los factores antes mencionados permitirán que la institución logre con menor esfuerzo los objetivos propuestos, permitiendo que todos los miembros sean autores del éxito logrado.

Por último la calidad no debe ser considerada como de responsabilidad de una sola persona o repartición determinada, sino más bien como una tarea que todos deben compartir. Se inicia en el momento en que se definen los requerimientos de alto nivel de nuestras fuerzas operativas y continúa hasta que los sistemas que los cumplen plenamente se encuentran implementados en cada unidad.

4.5. Plantear acciones de mejora

Para poder plantear mejoras, se deben analizar las causas de los problemas encontrado en cada uno de los procesos, esto ya se realizó en el capítulo III de este proyecto.

En base a este análisis e identificadas las restricciones del proceso en el punto 4.3, 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.

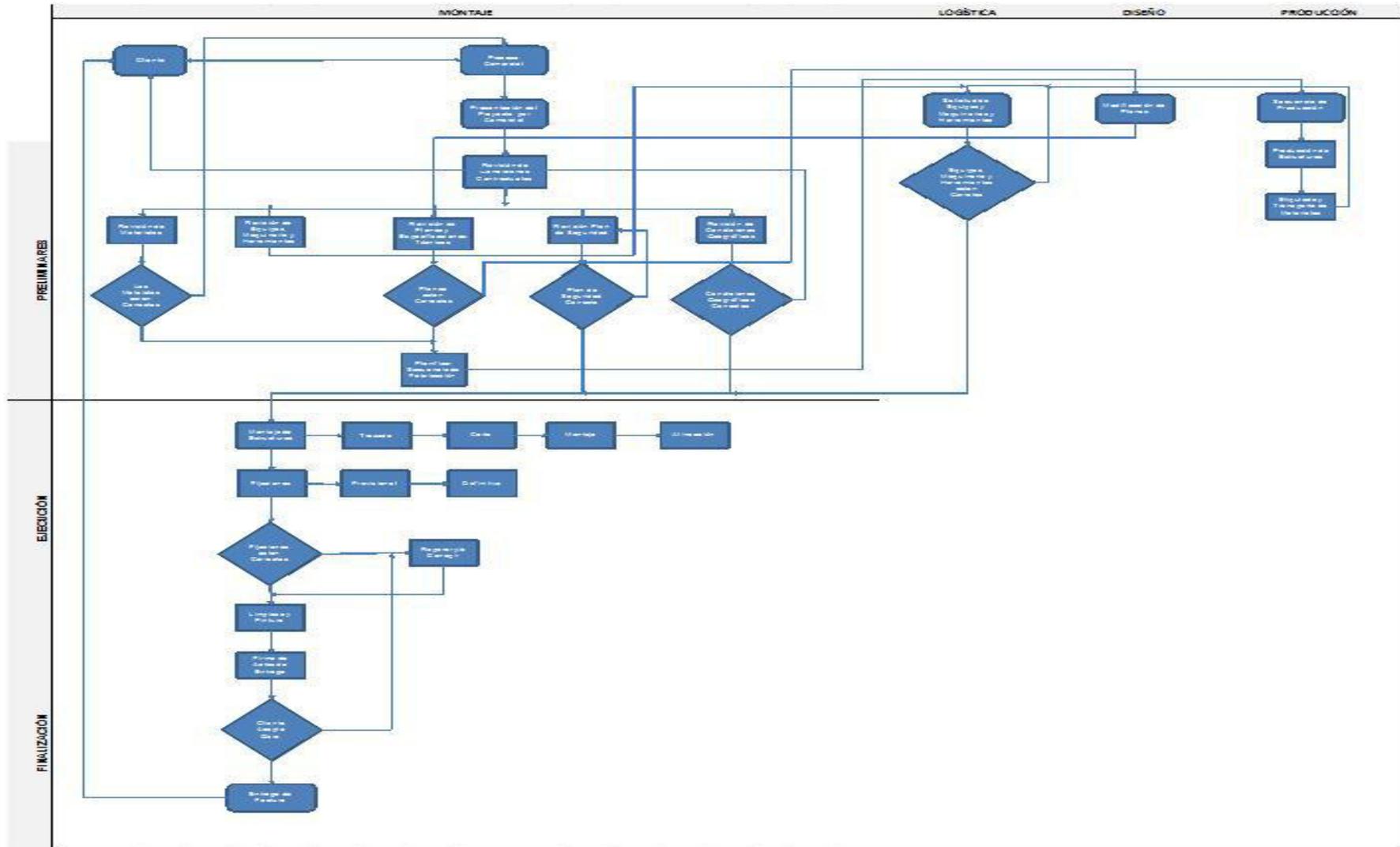
- Identificar y mantener los registros de los cambios y modificaciones realizados a los planos.

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.

Adicionalmente se ha modificado el proceso de montaje, el cual se ha mejorado colocando las actividades que agregan valor. En el gráfico 4.4 se muestra el diagrama de procesos mencionado.



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

[2] Sescam, Servicio de Salud de Castilla-La Mancha (Octubre 2002), **Gestión Por Procesos**, España.

[En línea] Disponible en: <<http://www.chospab.es/calidad/archivos/Documentos/Gestiondeprocesos.pdf>>

[3] Universidad de Barcelona, **Método De Holt**, España.

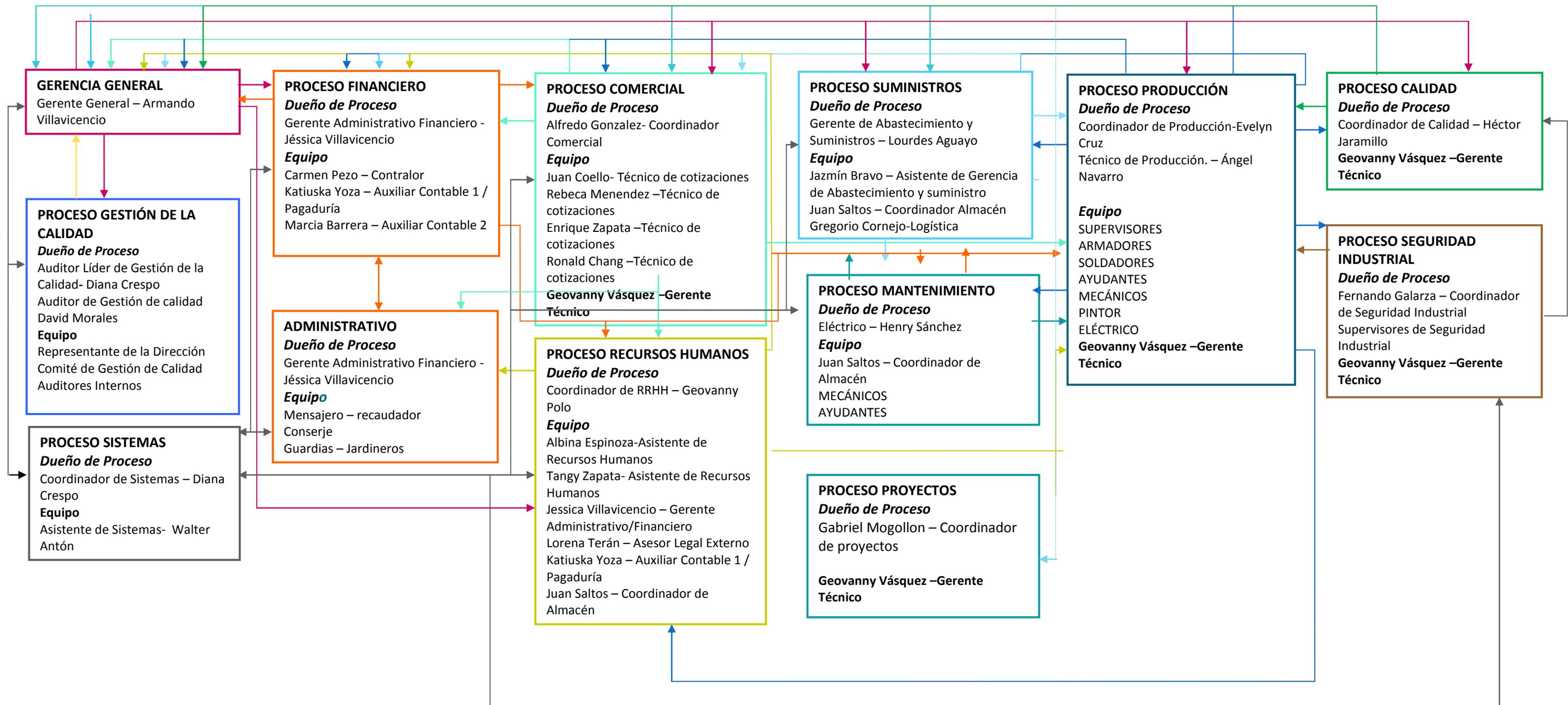
[En línea] Disponible en: <http://www.ub.edu/aplica_infor/spss/cap8-5.htm>

[4] Jurán, J., Gryna F. (1993), **Manual De Control De Calidad**, Vol. 1, 4ta. Edición.

ANEXOS

ANEXO A

MAPA DE PROCESOS ORGANIZACIONAL

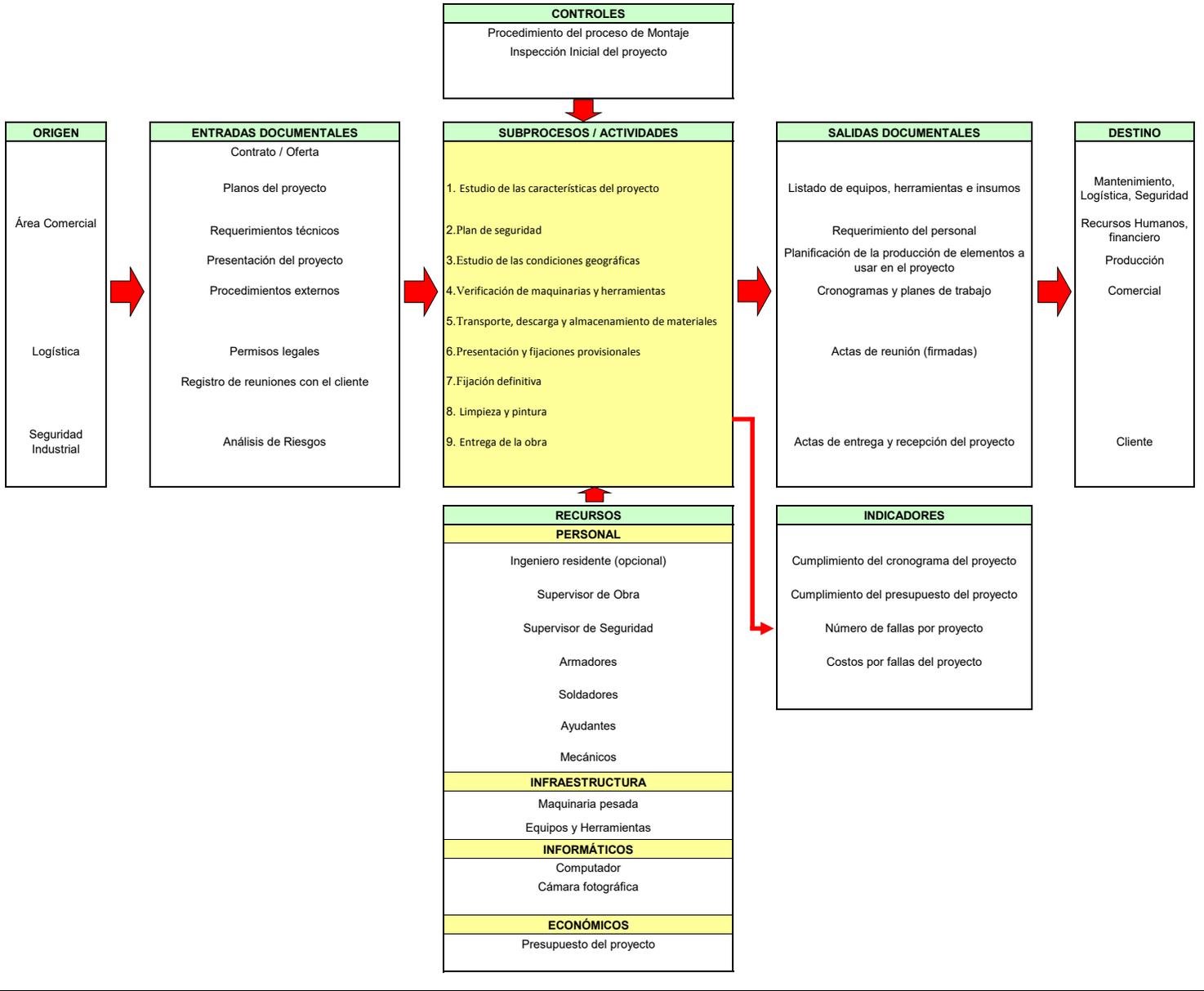


**ANEXO B
ESPECIFICACIÓN DEL PROCESO**

Nombre Proceso: Montaje

Área: Montaje

Nivel: 2



RESPONSABLE DEL PROCESO:

Coordinador de Montaje y Obras

AUTORIDAD SOBRE EL PROCESO

Contrataciones, permisos, compras

| | | |
|----------------|---|--|
| ANEXO C | PROCEDIMIENTO Montaje de Estructuras Metálicas | Código: MTJ PRO 01 Fecha: 16 04 12 Página 1/ 5 |
|----------------|---|--|

1. OBJETIVO

Marcar los lineamientos para el proceso de montaje, de tal manera que se cumpla con las expectativas del cliente (satisfacción del cliente), con el presupuesto por proyecto y aumentar la rentabilidad de la empresa.

2. POLITICAS

Para este proceso, es necesario cumplir con las siguientes políticas:

- Al iniciar un proyecto, verificar que exista toda la documentación de entrada para iniciar el proyecto, esto es; contrato, planos, permisos, presupuesto, requerimientos técnicos, entre otros.
- Comunicar al cliente toda anomalía que ocurra durante la ejecución del proyecto.
- No dañar la propiedad del cliente.
- Realizar reuniones de trabajo al inicio del proyecto, durante la ejecución del proyecto y al finalizar el proyecto. Todas estas reuniones deben quedar registradas.

3. ALCANCE Y DEFINICIONES

Este proceso está definido para todos los proyectos de montaje de estructura que se desarrollen, sea dentro o fuera de la ciudad de Guayaquil.

A continuación se describen las definiciones básicas que se debe conocer del proceso:

Montaje: Colocación o ajuste de piezas de una estructura, en el lugar que corresponde.

4. RESPONSABILIDADES

Los responsables del proceso de montaje son los siguientes:

| | | |
|----------------|---|--|
| ANEXO C | PROCEDIMIENTO Montaje de Estructuras Metálicas | Código: MTJ PRO 01 Fecha: 16 04 12 Página 2/ 5 |
|----------------|---|--|

Coordinador de Montaje y Obras

- Encargado de la gestión de cada proyecto de montaje que desarrolla la empresa.
- Realiza contrataciones de personal de obra.
- Supervisa a los ingenieros residentes
- Otorga permisos a los trabajadores bajo su dirección.
- Gestiona la adquisición de insumos.
- Organizar las actividades según los requerimientos del proyecto, previendo la seguridad propia y de terceros, optimizando el tiempo y los recursos involucrados.

Ingeniero Residente

- Encargado por proyecto, de haber hasta 3 proyectos en el mismo sector, será responsable de todos los proyectos.
- Recepción e interpretación de documentación técnica.
- Coordina las actividades del equipo de trabajo a su cargo de acuerdo a los objetivos de producción vinculados a cantidad, calidad y productividad.
- Organiza la producción del día de acuerdo a la orden de trabajo distribuyendo las actividades entre el personal.
- Coordinar reuniones de avance del proyecto con el cliente.

Supervisor de Obra

- Encargado de velar por el buen desempeño del proyecto realizado.
- Comunicar al Ingeniero Residente o al Coordinador de Montaje, cualquier novedad ocurrida durante las jornadas laborales.
- Organización de espacios de trabajo, materiales, insumos, herramientas, elementos de seguridad e instrumentos de medición
- Asignación y supervisión de actividades del personal operativo a su cargo.
- Comunicar al personal a cargo (ayudantes) las características del trabajo instruyéndolo sobre posibles contingencias y la prevención de riesgos.
- Verificar máquinas y herramientas disponibles, comprobando su estado y funcionamiento según el trabajo derivado.

| | | |
|----------------|---|--|
| ANEXO C | PROCEDIMIENTO Montaje de Estructuras Metálicas | Código: MTJ PRO 01 Fecha: 16 04 12 Página 3/ 5 |
|----------------|---|--|

Supervisor de Seguridad

- Realizar el análisis de riesgo de cada proyecto.
- Precautelar la seguridad de los trabajadores de cada proyecto.
- Gestionar la compra y entrega de equipos de protección.
- Realizar Inspecciones de seguridad en obra.

Personal Operativo

Armadores. Personal encargado de colocar las piezas correspondientes a la estructura metálica según los requerimientos técnicos. Realizan el prearmado y armado de la estructura

Soldadores. Personal que por medio de la actividad de soldadura une o forma piezas para la instalación en la estructura metálica. Encargado de preservar el buen funcionamiento de los equipos de suelda.

Ayudantes. Personal que asiste a las demás funciones, además se encarga de ordenar y limpiar los espacios de trabajo.

Mecánicos. Personal encargado de que las piezas y elementos sean funcionales y estén acorde a los requisitos técnicos.

5. REFERENCIAS

Instructivo de inspección inicial del proyecto

MTJ INS 01

6. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

El procedimiento de montaje es el proceso principal de la empresa, ya que es donde se realiza en forma real el proyecto que ha estado en la mente del cliente y en requisitos técnicos.

Mantener una buena comunicación con el cliente es primordial para este proceso ya que de eso dependerá el resultado final del mismo.

Hay tres etapas principales en el proceso de montaje las cuales se describen a continuación:

| | | |
|----------------|---|--|
| ANEXO C | PROCEDIMIENTO Montaje de Estructuras Metálicas | Código: MTJ PRO 01 Fecha: 16 04 12 Página 4/ 5 |
|----------------|---|--|

- **ETAPA INICIAL:** En esta etapa se realiza una vez haya sido aprobado el contrato del cliente. Inicia con una inspección realizada en el formato MTJ FOR 01, con esta inspección se verifica que existan toda la información necesaria para el proyecto, el estado del terreno, puntos de abastecimiento de energía, maquinarias, equipos y herramientas a usar; y medidas de seguridad. Se puede revisar el detalle de esta inspección en el instructivo MTJ INS 01.

Otro aspecto por revisar en la etapa inicial es el plan de seguridad o plan de riesgos, el cual se hace por proyecto.

De los nueve pasos de los que consta el proceso de montaje, en la etapa inicial tenemos los siguientes:

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

- **ETAPA DE DESARROLLO:** En la etapa de desarrollo se lleva a cabo el montaje en sí, el cual consiste en la fijación y trazado, prearmado y armado definitivo. Además una vez que se haya finalizado con el montaje, se pinta la estructura y se deja limpia el área.

Durante toda esta etapa, se planifican reuniones de avance entre el cliente y el ingeniero residente.

De los nueve pasos del proceso de montaje, en la etapa de desarrollo tenemos tres, los que son:

6. Presentación y fijaciones provisionales
7. Fijación definitiva
8. Limpieza y pintura

- **ETAPA FINAL:** En la etapa final, se realiza la entrega formal de la obra. Para ello se realiza un acta de entrega y recepción, en donde consta el común acuerdo entre la empresa y el cliente.

De los nueve pasos del proceso de montaje en la etapa final solo consta uno:

9. Entrega de la obra

| | | |
|----------------|---|--|
| ANEXO C | PROCEDIMIENTO Montaje de Estructuras Metálicas | Código: MTJ PRO 01 Fecha: 16 04 12 Página 5/ 5 |
|----------------|---|--|

7. REGISTRO

Inspección inicial del montaje MTJ FOR 01

Acta de reuniones de avance

Acta de entrega y recepción

ANEXO D

INSTRUCTIVO DE INSPECCIÓN INICIAL

MTJ INS 01 VER 23 04 12

Página: 1 de 1

La inspección inicial del proceso de montaje se la desarrolla mediante el formato de inspección MTJ FOR 01.

En el formato es simple de contestar, consta del encabezado en donde se coloca la fecha, el nombre del proyecto y el nombre de la persona que realiza la inspección.

Seguido del encabezado se describe lo que se necesita evaluar, dividido en cinco temas generales que son:

1. Organización previa
2. Estado de la obra
3. Maquinaria de elevación: grúas y camión grúa
4. Equipos y herramientas
5. Medidas de seguridad

Para verificar el cumplimiento se establecen cuatro columnas para contestar, las cuales son: SI, NO, N/A, OBSERVACIONES.

Se coloca "SI" cuando se cumple completamente con ese punto, "NO" cuando se incumple total o parcialmente con ese punto, si es un incumplimiento parcial se describe lo que falta en la columna de observaciones, se marca la celda "N/A" cuando el punto no aplica al proyecto, finalmente la columna de "OBSERVACIONES" se colocará cualquier información adicional que ayude al cumplimiento de la inspección.

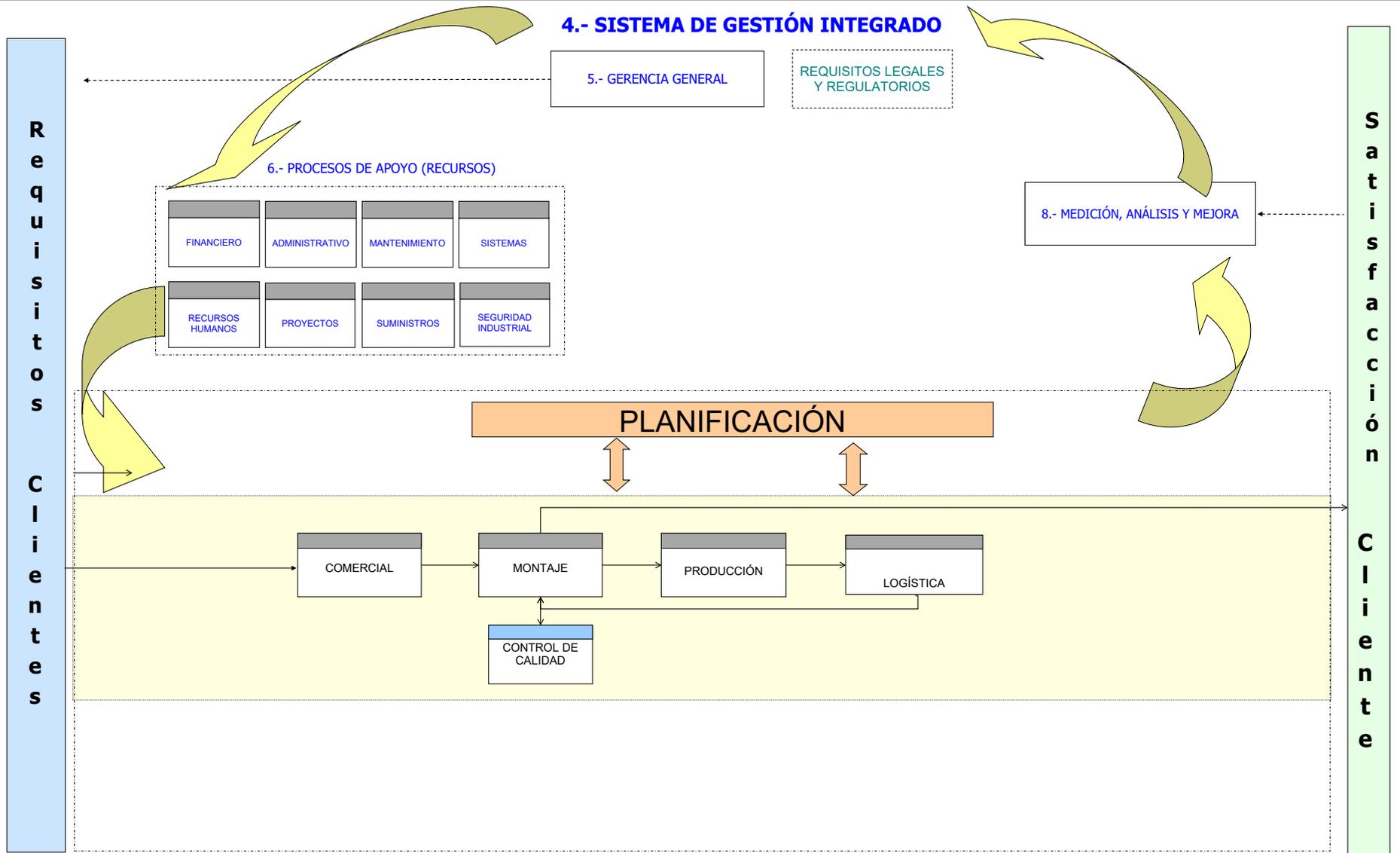
Finalmente quedará constancia de la inspección con la firma del evaluador y del cliente.

De no cumplir con al menos el 80% de la inspección no se podrá iniciar con el montaje.

ANEXO E
MACROPROCESO INCLUIDO EL PROCESO DE MONTAJE

Nombre Proceso : EMPRESA DE MONTAJE

Area: GESTIÓN INTEGRADA
Nivel: 0



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., Diana Montalvo MPC
Instituto de Ciencias Matemáticas
Escuela Superior Politécnica del Litoral
Campus Gustavo Galindo Velasco Km. 30.5 Vía Perimetral Apartado: 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador.
hubervic@hotmail.com, mvhc82@gmail.com, dmontalv@espol.edu.ec

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



Figura 1. Índice de confianza empresarial sector construcción

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 1 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 |
| | NO ENTREGA DE | | |
| PRODUCCIÓN | MATERIALES | 1 | 3100 |
| PRODUCCIÓN | PRODUCTO NO CONFORME | 3 | 300 |
| TOTAL | | 11 | 5300 |

Tabla 1. Causas del retraso del proyecto

En el gráfico 1 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.

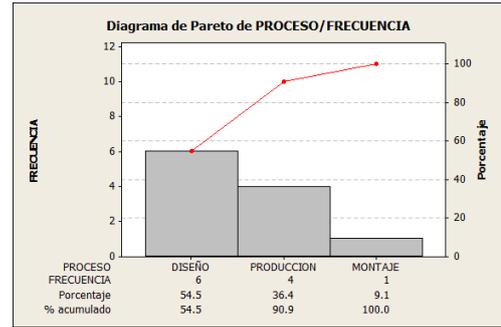


Gráfico 1. Diagrama de Pareto de las causas para el retraso del proyecto

Segmentando aún más las fallas del proceso de diseño, se observa en el gráfico 2, 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.

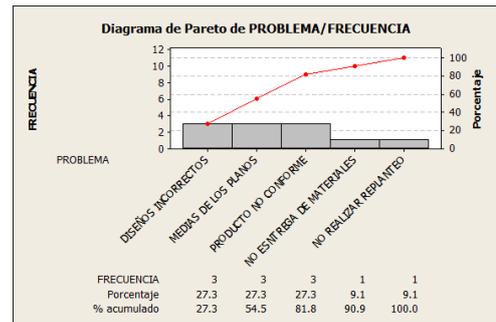


Gráfico 2. Diagrama de Pareto de las fallas del proceso de diseño

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

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

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. Tabla 2 y 3.

| AVANCE REAL | AVANCE PLANIFICADO | AVANCE REAL | ESTIMACION DEL NIVEL | PENDIENTE (m) | ESTIMACION DE CULMINACION (DIAS) | AVANCE PRONOSTICADO | PENDIENTE PRONOSTICADA | TERMINACION PRONOSTICADA (DIAS) | ERROR CUADRATICO | ESTIMACION EN PENDIENTE (L) | ESTIMACION EN PENDIENTE (LS) | TERMINACION ESTIMADA (LS) |
|-------------|--------------------|-------------|----------------------|---------------|----------------------------------|---------------------|------------------------|---------------------------------|------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------------------|
| 18% | 18% | 18% | 18% | 0% | 12.21 | 18% | 6.88% | 12.21 | 0.03 | 6.88% | 6.88% | 12.21 |
| 35% | 35% | 35% | 24.86% | 6.88% | 7.21 | 35% | 6.88% | 12.55 | 0.20 | 6.76% | 6.88% | 12.47 |
| 52% | 52% | 52% | 30.65% | 6.80% | 7.21 | 52% | 6.78% | 13.27 | 0.07 | 6.69% | 6.85% | 13.15 |
| 68% | 68% | 68% | 39% | | | 68% | 6.78% | 13.25 | 0.05 | 6.69% | 6.85% | 13.12 |
| 83% | 83% | 83% | 46% | | | 83% | 6.78% | 13.24 | 0.05 | 6.70% | 6.85% | 13.12 |
| 95% | 95% | 95% | 53% | | | 95% | 6.78% | 13.23 | 0.05 | 6.70% | 6.85% | 13.12 |
| 100% | 100% | 100% | 59% | | | 100% | 6.78% | 13.23 | 0.05 | 6.70% | 6.85% | 13.12 |
| | | | 61% | | | | 6.78% | 13.23 | 0.05 | 6.70% | 6.85% | 13.12 |
| | | | 69% | | | | 6.78% | 13.22 | 0.05 | 6.70% | 6.85% | 13.12 |
| | | | 77% | | | | 6.78% | 13.21 | 0.04 | 6.70% | 6.85% | 13.12 |
| | | | 85% | | | | 6.78% | 13.21 | 0.04 | 6.70% | 6.85% | 13.12 |
| | | | 91.88% | | | | 6.78% | 13.20 | 0.04 | 6.70% | 6.85% | 13.12 |
| | | | 98.69% | | | | 6.78% | 13.19 | 0.04 | 6.70% | 6.85% | 13.12 |
| | | | DESVT (m) | 0.04% | | DESVT (m) | 0.02% | SUMA ERROR | 1.24 | | | |

Tabla 2. Datos y método de Holt 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% | | | 18% |
| 2 | 35% | 35% | 35% | 24.86% | 6.88% | 12.21 | 35% |
| 3 | 52% | 52% | 52% | 30.65% | 6.80% | 12.55 | 52% |
| 4 | 68% | 68% | 68% | 39% | | | 68% |
| 5 | 83% | 83% | 83% | 46% | | | 83% |
| 6 | 95% | 95% | 95% | 53% | | | 95% |
| 7 | 100% | 100% | 100% | 59% | | | 100% |
| 8 | | | | 61% | | | |
| 9 | | | | 69% | | | |
| 10 | | | | 77% | | | |
| 11 | | | | 85% | | | |
| 12 | | | | 91.88% | | | |
| 13 | | | | 98.69% | | | |
| | | | | DESVT (m) | 0.04% | | |

Tabla 3. Estimación del día de finalización del proyecto

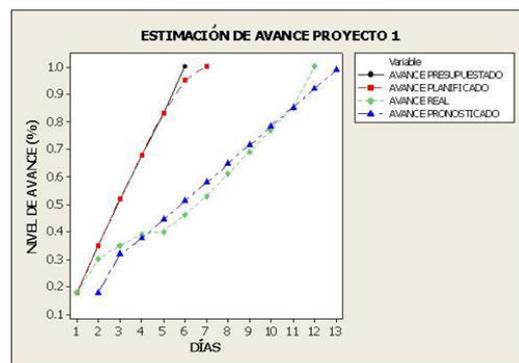


Gráfico 3. Curvas del proyecto pronosticado contra real del proyecto

En el gráfico 3, 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 entradas 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 Iniciales. 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.

Etapas Intermedias. 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.

Etapas Finales. 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. Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- Con este proyecto se ha logrado 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.
- Uno de los lineamientos que se ha logrado establecer son planificaciones más ajustadas a los tiempos reales, usando el método de Holt, el cual consiste en una herramienta estadística de predicción.
- Se diseñaron procesos y se definieron mejoras para alcanzar la satisfacción de los clientes y cumplir los objetivos planificados.
- El proceso de montaje se controla de manera eficiente, mediante el uso de procedimientos, instructivos y medición de indicadores. Estos controles se crearon con el objetivo de definir actividades que agreguen valor al proceso y además establecer los responsables para cada actividad.
- La medición de los procesos por medio de indicadores, gestionan el mejoramiento continuo,

por tal motivo no debe dejarse de realizar, ya que con la información actualizada se pueden tomar decisiones eficientes.

- La participación del cliente en el desarrollo del proyecto, refuerza los vínculos entre ellos y la empresa. De esa forma ayudan y contribuyen a la identificación de medidas de prevención.

Recomendaciones

- Este proyecto muestra la estructura inicial de un modelo de gestión, el cual se debe mejorar constantemente, mediante la medición de indicadores, además incentiva a futuros estudios de mejora tales como estudios de tiempo, uso de gráficas de control, implementaciones de normas gestión, TPM, entre otros.
- Se recomienda que los jefes y la alta dirección se involucren en la implementación de las mejoras de los procesos porque ellos influyen directamente en la actitud que el trabajador tome con respecto al Sistema de Gestión.
- Es importante que cada vez que se inicie un proyecto de montaje, se tenga una inducción con el equipo de trabajo para plantearles los objetivos y metas a alcanzar.
- Trabajar pensando siempre en el mejoramiento continuo, ya que de esa forma se aumenta la implementación de las acciones preventivas y disminuyen los costos de no calidad.
- Actualmente por medio del método de Holt se obtiene un pronóstico del tiempo de finalización del proyecto bastante cercano a la realidad, se recomienda que una vez implementadas las mejoras, se vuelva a usar el método para ajustar los tiempos.

6. Bibliografía

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

[En línea] Disponible en:

<<http://www.bce.fin.ec/documentos/Publicaciones/Notas/Catalogo/Encuestas/EOE/eoe201203.pdf>>

Consultada: Abril de 2012

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

[2] Sescam, Servicio de Salud de Castilla-La Mancha (Octubre 2002), **Gestión Por Procesos**, España.

[En línea] Disponible en: <<http://www.chospab.es/calidad/archivos/Documentos/Gestiondeprocesos.pdf>>

[3] Universidad de Barcelona, **Método De Holt**, España.

[En línea] Disponible en: <http://www.ub.edu/aplica_infor/spss/cap8-5.htm>

[4] Jurán, J., Gryna F. (1993), **Manual De Control De Calidad**, Vol. 1, 4ta. Edición.