

IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN CONSTRUCTION PARA
ACTIVIDADES DE ESTRUCTURA DEL PROYECTO NATURA DEL CONSORCIO
CAMPO EMPRESARIAL CAMPESTRE

BRENDA MINELLY GRANADOS ORELLANOS

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARAMANGA

2011

IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN CONSTRUCTION PARA
ACTIVIDADES DE ESTRUCTURA DEL PROYECTO NATURA DEL CONSORCIO
CAMPO EMPRESARIAL CAMPESTRE

BRENDA MINELLY GRANADOS ORELLANOS

Proyecto de Grado para optar al Título de
Ingeniero Industrial

Director

Francisco Javier Mosquera Robbyn

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARAMANGA

2011

DEDICATORIA

A mis padres por su apoyo incondicional, sus consejos y perseverancia

A mis hermanos por las experiencias vividas, su comprensión y su cariño

A mi familia por la confianza depositada y ser la luz en medio de la oscuridad

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a Dios por la fortaleza, la salud y brindarme la oportunidad de vivir.

A la Universidad Industrial de Santander, la Escuela de Estudios Industriales y todos los excelentes profesionales que enseñaron sus conocimientos y compartieron sus experiencias en las aulas.

Agradezco a los Directores de proyecto e Ingenieras residentes del proyecto Natura Ecoparque Empresarial por la comprensión, confianza, enseñanzas y el acompañamiento durante el desarrollo de mi práctica empresarial; al personal administrativo, contratistas y trabajadores por su tiempo para orientar, enseñar y corregir en cada una de las etapas de este proceso de aprendizaje. Al equipo de Gestión Integrada y la gerencia de MARVAL S.A. por comprometerse con el mejoramiento continuo y brindarme la oportunidad de cumplir con los objetivos planteados.

De la misma manera, agradezco al Dr. Francisco Mosquera Robbyn, director de proyecto, por su disposición, orientación y los conocimientos compartidos durante el proceso de implementación.

Por último agradecer a todas aquellas personas que me acogieron, acompañaron y cuidaron de mí durante este proceso de formación personal y profesional.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	16
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.1. JUSTIFICACIÓN.....	17
1.2. OBJETIVOS.....	18
1.2.1. Objetivo general.....	18
1.2.2. Objetivos específicos.....	18
1.3. ALCANCE.....	19
1.4. ENTIDADES INTERESADAS	20
2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA.....	22
2.1 DESCRIPCIÓN DE MARVAL S.A.	22
2.2. DIRECCIONAMIENTO ESTRATÉGICO.....	22
2.2.1. Misión.....	22
2.2.2. Visión	23
2.3. DESCRIPCIÓN NATURA ECOPARQUE EMPRESARIAL	23
2.3.1. Características del proyecto.....	23
2.5.1 Estructura Organizacional	23
3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	25
3.1. PRODUCTIVIDAD EN EL SECTOR CONSTRUCCIÓN.....	25
3.2. FILOSOFIA “LEAN MANUFACTURING”	26
3.3. FILOSOFIA LEAN CONSTRUCTION.....	28
3.2.1 Orígenes del concepto.....	28
3.2.2 Concepto de pérdida en la construcción.....	33

3.2.3	Identificación y reducción de pérdidas.....	34
3.2.4	Sistema de planificación “Last Planner”.....	39
3.2.5	Desarrollo de la investigación en Colombia.....	44
4.	DIAGNÓSTICO DE NATURA ECOPARQUE EMPRESARIAL.....	48
4.1.	CARACTERISTICAS DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO.....	48
4.2.	CADENA DE VALOR.....	49
4.3.	SISTEMA DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL.....	57
4.4.	INDICADORES CONTENIDO DE TRABAJO Y CAUSAS DE PÉRDIDA.....	59
4.5.	CULTURA 5S	63
4.6.	COMUNICACIÓN DE RESULTADOS A LA GERENCIA.....	65
5.	IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE PLANIFICACIÓN	66
5.1.	CAPACITACION METODOLOGÍA “LAST PLANNER”	66
5.2.	REUNION “LAST PLANNER”	66
5.3.	REUNION DE PLANIFICACIÓN “LOOK AHEAD”.	71
5.4.	AVANCE DE LA PLANIFICACIÓN	73
6.	GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	78
6.1.	ANÁLISIS DE MÉTODOS Y LUGAR DE TRABAJO.....	78
6.1.1	Diagrama de operaciones.....	78
6.1.2	Diagrama de recorrido.....	80
6.2.	LAYOUT DE OBRA.....	80
6.3.	ANÁLISIS DE PÉRDIDAS.....	83
6.4.	MEDICIÓN DE RENDIMIENTOS Y CONSUMOS DE MANO DE OBRA ..	88
6.5.	ESTUDIO DE TIEMPOS PARA LAS ACTIVIDADES DE CONVERSIÓN.....	92
6.5.1.	Establecimiento de la técnica para el estudio de tiempos	93

6.5.2.	Seleccionar el trabajo para el estudio	96
6.5.3.	Seleccionar el trabajador calificado	97
6.5.4.	Muestreo del trabajo	97
6.6.	CARTA BALANCE CUADRILLA.....	99
7.	GESTIÓN DE PLANES DE MEJORAMIENTO.....	103
7.1.	DISEÑO DEL PROGRAMA 5S.....	103
7.2.	DISEÑO DE PLANES DE MEJORAMIENTO	105
7.3.	ESTABLECIMIENTO DEL PLAN MAESTRO	106
7.3.1.	Planificación de materiales	107
7.3.2.	Programación de capacidades	112
7.3.3.	Restricciones del sistema estructural	114
7.3.4.	Secuencias de construcción	116
7.3.5.	Controles del sistema	118
8.	IMPLEMENTACIÓN PLANES DE MEJORAMIENTO.	120
8.1.	IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA 5S.	120
8.2.	IMPLEMENTACION DE PLANES DE MEJORAMIENTO.....	122
8.2.1.	Socialización e implementación del <i>Layout</i> de obra	122
8.2.2.	Planes de mejora implementados.....	125
8.2.3.	Plataforma GICO	126
8.3.	GUÍA LEAN CONSTRUCTION.....	128
9.	RETROALIMENTACIÓN Y BENCHMARKING.....	129
9.1.	EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROGRAMA 5S	129
9.2.	CUANTIFICACION E IMPACTO DE LAS MEJORAS.....	130
9.3.	BENCHMARKING.....	132

9.3.1.	Benchmarking interno: comparativo mensual de obras	132
9.3.2.	BechColombia: sistema de referenciación para la construcción	133
10.	CONCLUSIONES.....	134
11.	RECOMENDACIONES	137
	BIBLIOGRAFÍA.....	138
	ANEXOS	141

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: CFV (C: Conversión, F: Flujo, V: Valor) (Koskela 2000)	31
Tabla 2: Interacciones entre CFV. (Koskela, 2000)	31
Tabla 3: Filosofía tradicional vs. El nuevo concepto de construcción	33
Tabla 4: Tamaño de la muestra requerido para niveles de confianza del 95% y 90%.	38
Tabla 5 : Descripción de la muestra. Colombia 2003 – 2005	46
Tabla 6: Resultado estudio de pérdidas en Colombia	47
Tabla 7 : Formato Identificación de procesos y recursos	61
Tabla 8 : Características y metodología reuniones “Last Planner”	67
Tabla 9 : Características y metodología reuniones “Look Ahead”	72
Tabla 10 : Formato guía para el análisis del trabajo/lugar de trabajo.	79
Tabla 11 : Indicadores y metas del contenido del trabajo.....	85
Tabla 12: Rendimiento promedio para las actividades de placas de torre 1	91
Tabla 13 : Comparativo de rendimientos y consumos de mano de obra por placas.	91
Tabla 14 : Comparativo técnicas para estudios de tiempos de trabajo	93
Tabla 15 : Tiempos de ciclo para el proceso de encerchado.	95
Tabla 16 : Determinación tamaño de muestra para medición de tiempos por cronómetro	95
Tabla 17 : Ejemplos de ritmos de trabajo expresados según las principales escalas de valoración	98
Tabla 18 : Análisis de cuadrilla para el proceso embande de vigas.....	101
Tabla 19 : Formato para la definición de planes de acción y documentación de acciones de mejora	106
Tabla 20 : Matriz de recursos para procesos estructurales	109
Tabla 21 : Cantidades de materiales requeridos para la construcción de una pantalla de 2m.....	112
Tabla 22 : Determinación días de construcción	113

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Estructura organizacional de Natura Ecoparque empresarial.....	24
Figura 2: Factores que afectan la productividad	26
Figura 3: Proceso clásico de conversión de una entrada en una salida	29
Figura 4: Clasificación de las causas de pérdidas	35
Figura 5: Diagrama causa efecto de principales causas de pérdidas en la construcción .	35
Figura 6: Estructura del “Last Planner.....	45
Figura 7: Resultado estudio de pérdidas estudio realizado en Colombia (2003-2005)	46
Figura 8 : Descripción del sistema tradicional con Steel Deck	48
Figura 9: Flujo de información en la cadena de valor para actividades de construcción...	51
Figura 10 : Flujos físicos en la cadena de valor para las actividades de construcción.....	55
Figura 11: Evolución PAC Obra Natura Noviembre.....	58
Figura 12: Pareto causas de no cumplimiento del PAC - noviembre	60
Figura 13: Diagnóstico contenido de trabajo para procesos estructurales.....	62
Figura 14 : Causa de los tiempos contributivos.	62
Figura 15 : Causa de los tiempos no contributivos.	63
Figura 16 : Diagnóstico de la cultura 5S en obra	64
Figura 17: R ING 129 – Planificación Semanal.....	68
Figura 18 : R ING 129 – Calificación semanal de contratistas y administración.....	70
Figura 19 : R ING 129 – Análisis de las causas de no cumplimiento.....	71
Figura 20 : R ING 130 – Planificación Intermedia “Look Ahead”	73
Figura 21 : Evolución PAC de Natura Ecoparque	74
Figura 22 : Causas de no cumplimiento del PAC	75
Figura 23 : Causas controlables de no cumplimiento de asignaciones.....	76

Figura 24 : Causas no controlables de no cumplimiento de asignaciones.....	77
Figura 25 : Inadecuada disposición de materiales.....	82
Figura 26 : Layout inicial del proyecto Natura Ecoparque Empresarial.....	83
Figura 27 : Evolución mensual del contenido de trabajo para actividades de estructura. .	84
Figura 28 : Tiempos productivos por actividad.....	86
Figura 29 : Tiempos no contributivos por actividad.....	86
Figura 30 : Pareto tiempo no contributivo para actividades estructurales.....	87
Figura 31 : Pareto de causas de tiempos no contributivos por esperas.....	87
Figura 32 : Pareto de causas de tiempos no contributivos por transportes	88
Figura 33 : Diagrama de ensamble para producto placa Steel Deck.....	90
Figura 34 : Tasas de producción actividades de estructura Steel Deck.....	92
Figura 35 : Método actual implementado para el embande de vigas.....	101
Figura 36 : Método propuesto para el embande vigas.....	102
Figura 37 : Diagrama de modulación para una pantalla de 2m.....	111
Figura 38 : Utilización del recurso grúa	116
Figura 39 : Plan implementación del programa 5S.....	120
Figura 40 : Campaña expectativa y capacitación en el programa 5S	121
Figura 41 : Herramienta “logística de materiales” y layout de Natura Ecoparque.....	125
Figura 42 : Proyecto 2PI + GICO Integración People - Project – GICO.....	127
Figura 43 : Esquema general del sistema de gestión integrada GICO	127
Figura 44 : Estadísticas generadas en tiempo real por plataforma GICO.....	128
Figura 45 : Seguimiento cultura 5S mes de Abril.....	129
Figura 46 : Implementación 5S en patio de materiales.....	130

RESUMEN

TITULO: IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN CONSTRUCTION PARA ACTIVIDADES DE ESTRUCTURA DEL PROYECTO NATURA DEL CONSORCIO CAMPO EMPRESARIAL CAMPESTRE.*

AUTOR: GRANADOS ORELLANOS, Brenda Minelly. **

PALABRAS CLAVES: CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDAS, PRODUCTIVIDAD, ULTIMO PLANIFICADOR, MEJORAMIENTO PROCESOS

CONTENIDO: *Lean Construction* (Construcción sin pérdidas) es una metodología que busca adaptar los principios del sistema Toyota de producción y aplicarlos a la construcción. El modelo de proceso de producción consiste en la consideración de los flujos de un proceso (pérdidas), y las actividades de conversión enfocada hacia la minimización y/o eliminación de las actividades de flujo.

Controlar las actividades programadas, reducir variabilidad, aumentar confiabilidad y disminuir la incertidumbre de la planificación mediante el sistema Last Planner (Ultimo Planificador) y ejecutar un proceso de identificación de pérdidas, que generen planes de mejoramiento enfocados al aumento de la eficiencia del trabajo productivo, son los objetivos de trabajo en el proyecto Natura Ecoparque Empresarial.

La metodología se inicia con el análisis diagnóstico que incluye el conocimiento del sistema constructivo estructural, definición de la cadena de valor, sistema de planificación y control, contenido de trabajo, causas de pérdidas y análisis 5S en obra. Se procede a la implementación del sistema Last Planner, y a la gestión de la información por medio de análisis de métodos y "Layout", medición de pérdidas y rendimiento. La información obtenida es procesada para definir los planes de mejoramiento a ser implementados en pro del aumento de la productividad, para finalmente por medio del benchmarking introducir al proyecto en un proceso de mejoramiento continuo.

La aplicación de técnicas de mejoramiento, análisis de cuadrilla, logística de materiales, logró un proceso con mayor productividad, menor costos de transportes de material, tiempos de preparación bajos y reasignación de trabajadores a las cuadrillas. La integración del flujo proceso y de actividades de conversión por medio de tecnologías de información como la plataforma GICO, permite el desarrollo de un sistema integral de gestión con el que se toman decisiones en tiempo real y facilitan el proceso de medición y control del sistema constructivo.

* Proyecto de Grado

** Facultad Ingenierías Físico mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Director por Francisco Javier Mosquera Robbyn.

RESUMEN

TITULO: IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN CONSTRUCTION PARA ACTIVIDADES DE ESTRUCTURA DEL PROYECTO NATURA DEL CONSORCIO CAMPO EMPRESARIAL CAMPESTRE.*

AUTOR: GRANADOS ORELLANOS, Brenda Minelly. **

PALABRAS CLAVES: CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDAS, PRODUCTIVIDAD, ULTIMO PLANIFICADOR, MEJORAMIENTO PROCESOS

CONTENIDO: *Lean Construction* (Construcción sin pérdidas) es una metodología que busca adaptar los principios del sistema Toyota de producción y aplicarlos a la construcción. El modelo de proceso de producción consiste en la consideración de los flujos de un proceso (pérdidas), y las actividades de conversión enfocada hacia la minimización y/o eliminación de las actividades de flujo.

Controlar las actividades programadas, reducir variabilidad, aumentar confiabilidad y disminuir la incertidumbre de la planificación mediante el sistema Last Planner (Ultimo Planificador) y ejecutar un proceso de identificación de pérdidas, que generen planes de mejoramiento enfocados al aumento de la eficiencia del trabajo productivo, son los objetivos de trabajo en el proyecto Natura Ecoparque Empresarial.

La metodología se inicia con el análisis diagnóstico que incluye el conocimiento del sistema constructivo estructural, definición de la cadena de valor, sistema de planificación y control, contenido de trabajo, causas de pérdidas y análisis 5S en obra. Se procede a la implementación del sistema Last Planner, y a la gestión de la información por medio de análisis de métodos y "Layout", medición de pérdidas y rendimiento. La información obtenida es procesada para definir los planes de mejoramiento a ser implementados en pro del aumento de la productividad, para finalmente por medio del benchmarking introducir al proyecto en un proceso de mejoramiento continuo.

La aplicación de técnicas de mejoramiento, análisis de cuadrilla, logística de materiales, logró un proceso con mayor productividad, menor costos de transportes de material, tiempos de preparación bajos y reasignación de trabajadores a las cuadrillas. La integración del flujo proceso y de actividades de conversión por medio de tecnologías de información como la plataforma GICO, permite el desarrollo de un sistema integral de gestión con el que se toman decisiones en tiempo real y facilitan el proceso de medición y control del sistema constructivo.

* Proyecto de Grado

** Facultad Ingenierías Físico mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Director por Francisco Javier Mosquera Robbyn.

INTRODUCCIÓN

Las empresas constructoras se enfrentan a grandes retos al momento de ejecutar sus proyectos, los cuales acarrearán como consecuencias demoras, altos porcentajes de pérdidas y desperdicios, a causa de una inadecuada planeación de los procesos y recursos basados en mano de obra no calificada.

La filosofía “Lean Construction” se presenta como una alternativa tendiente al mejoramiento de la competitividad de las empresas en el mercado, mediante el fortalecimiento del sistema de producción y la integración de los flujos de información y conversión de los procesos. Está orientada a generar mejoras en el proceso constructivo apoyándose en la filosofía “Lean Manufacturing”, implementando un completo proceso de mejoramiento, que busca agregar el máximo valor al producto final, mediante la eliminación de desperdicios, lo que se traduce en un aumento de la productividad de los materiales, maquinarias y mano de obra utilizados.

Este trabajo presenta los resultados de la implementación “Lean Construction” en un proyecto especial de construcción, proceso que inicia con el análisis diagnóstico del sistema que incluye el conocimiento del sistema constructivo estructural, definición de la cadena de valor, sistema de planificación y control, contenido de trabajo, causas de pérdidas y análisis de la cultura 5S en obra. Con la información del diagnóstico se procede a la implementación del sistema de planificación “Last Planner” y a la gestión de la información por medio de análisis de métodos, análisis de “Layout”, medición de pérdidas y rendimientos.

La información obtenida es procesada para definir los planes de mejoramiento a ser implementados en pro del aumento de la productividad, para finalmente por medio del benchmarking introducir al proyecto en un proceso de mejoramiento continuo.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. JUSTIFICACIÓN

El sector de la construcción conserva en la actualidad procesos y métodos de edificación muy adaptados a una cultura constructora artesanal, de estas prácticas se pueden identificar factores como las demoras e incumplimiento por parte de los proveedores, la alta rotación del personal, bajos rendimientos de la mano de obra no calificada, carencia de canales de comunicación efectivos, altos porcentajes de desperdicios, cambios climáticos desfavorables, altas velocidades de producción sumado a la presión del trabajo que no permiten realizar una planeación adecuada y la falta de una metodología que facilite medir, controlar y mejorar los procesos constructivos que afectan negativamente la productividad de las obras.

La mayoría de los procesos estructurales tradicionales son realizados manualmente, lo que hace que la productividad del proceso dependa principalmente del rendimiento y experiencia de cada trabajador, convirtiendo este factor de productividad en un punto crítico. Los contratistas implementan de acuerdo a su experiencia y requerimientos impartidos por parte de la administración del proyecto, técnicas que mejoran temas puntuales de productividad, pero que no logran conformar un sistema de gestión integral eficiente.

Marval S.A. consciente de la importancia de adoptar alternativas novedosas para mejorar su posición competitiva en el mercado, fortalecer su sistema de producción e integrar las actividades de manera óptima, decide implementar la metodología "Lean Construction", utilizando inicialmente las herramientas de medición de pérdidas y de planificación "Last Planner" y "Look Ahead", en una obra piloto de vivienda.

El proyecto Natura Ecoparque Empresarial, no evidencia un sistema de planificación, medición, control y de mejoramiento continuo en su proceso constructivo. De acuerdo a lo anterior, este proyecto se plantea como una obra piloto en el cual se desarrollaran los estudios necesarios para generar una metodología de identificación de pérdidas y restricciones, medición de rendimientos de mano de obra y análisis de métodos de trabajo, enfocados hacia un mejoramiento en los procesos y por ende lograr un aumento en la productividad del proyecto.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo general

Implementar un sistema de planificación y control de proyectos integral utilizando herramientas de identificación, medición de pérdidas y análisis de rendimientos de consumo de mano de obra, bajo la metodología “Lean Construction” para las actividades de estructura en la obra Natura del Consorcio Campo Empresarial Campestre.

1.2.2. Objetivos específicos

- Controlar las actividades programadas, reducir su variabilidad, aumentar la confiabilidad y disminuir la incertidumbre de la planificación mediante la implementación del sistema de planificación “Last Planner” y planificación “Look Ahead” en la obra.
- Determinar una metodología que permita una óptima distribución de recursos en obra de acuerdo a los requerimientos del proceso, optimizando el tiempo de transporte, y el manejo de inventarios.

- Identificar y categorizar las pérdidas presentadas en las actividades de conversión del proceso de estructura en busca de la generación de planes de mejoramiento que evidencia un aumento de la eficiencia del trabajo productivo, disminución del tiempo dedicado al contributivo y reducir al mínimo el tiempo no contributivo.
- Diseñar una metodología para el análisis de rendimientos y consumo de mano de obra en las actividades de conversión del proceso estructural para la obra Natura Ecoparque Empresarial.
- Cuantificar los beneficios económicos a la alta gerencia de la implementación de los planes de mejoramientos propuestos en busca del aumento de la productividad de las actividades de Estructura.
- Integrar de forma dinámica el flujo físico y el flujo de información de las etapas de la cadena de valor del proceso de estructura, de tal manera que facilite el proceso de toma de decisiones en tiempo real tanto de proveedores como de cualquiera de las instancias de la empresa.

1.3. ALCANCE

La implementación de la metodología “Lean Construction” en el proyecto Natura Ecoparque Empresarial, como una nueva estrategia de gestión en la construcción, permitirá la eliminación de las actividades que no agregan valor y que generan desperdicios de recursos, costos y plazos para las actividades constructivas del proceso de estructura tipo tradicional con “Steel Deck” y determinará los parámetros metodológicos para proyectos futuros desarrollados por Marval S.A.

Las metodologías que se entregaran una vez finalizada la implementación son:

- Instructivo para la gestión del cambio e implementación de la planificación “Last Planner” y “Look Ahead” en los proyectos de construcción de Marval S.A.
- Metodología para el desarrollo de la medición y análisis de las causas de pérdidas en las actividades de construcción.
- Metodología para la medición de rendimientos y control del avance de obra en las actividades de construcción.
- Estandarización de las actividades de estructura tradicional con “Steel Deck”.
- Metodología para el establecimiento y actualización del “Layout” de obra.
- Metodología para la determinación del plan maestro de construcción para las actividades de estructura tipo tradicional con “Steel Deck”.
- Herramientas y metodología para lograr el aumento de la productividad en las actividades de estructura.
- Metodología para la cuantificación económica de las mejoras propuestas
- Cadena de valor para las actividades del proceso estructural: Parámetros y herramientas para la integración del flujo de información con las actividades de conversión.

1.4. ENTIDADES INTERESADAS

La ejecución de este proyecto beneficia directamente al proyecto Natura del Consorcio Campo Empresarial Campestre, ya que por medio de la implementación

del sistema de mejoramiento propuesto logrará un incremento de la productividad en las actividades del proceso de estructura. Además, constituye la etapa final del proceso de implementación del sistema “Lean Construction” en la empresa MARVAL S.A., el cual busca generar grandes aportes al Sistema de Gestión de la organización con el fin de asegurar el mejoramiento continuo y contribuir al logro de productos competitivos en el mercado, que satisfagan las expectativas y necesidades del cliente incrementando la productividad y competitividad de la empresa y su consolidación en los mercados.

Los proveedores también se ven beneficiados con el desarrollo de este proyecto, como es el caso de Corpacero, empresa dedicada a la fabricación y comercialización de productos metalmecánicos y proveedor del proyecto Natura. Se destaca entre sus productos la lámina colaborante, corpalosa, principal componente del proceso constructivo “Steel Deck”. Con el desarrollo de este proyecto Corpacero podrá profundizar en los beneficios obtenidos en rendimientos y costos del sistema “Steel Deck” en comparación con otros sistemas tradicionales desarrollados con casetón de polipropileno y de madera.

MARVAL S.A. hace parte de la cámara colombiana de la construcción, CAMACOL, entidad que realiza talleres colaborativos en donde las empresas del sector asisten para compartir los resultados obtenidos de la metodología Lean Construction en temas como: calidad del producto, tasas de producción, cumplimiento de plazos, creación de ambientes seguros, mitigación del impacto ambiental e impacto económico de la implementación..

Debido al creciente número de empresas del sector que se suman a la implementación de la metodología lean, este proyecto se convierte en un punto de referencia para proyectos futuros, favoreciendo de esta manera la generación de conocimiento en la Universidad Industrial de Santander y el sector de la construcción en Colombia.

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA

2.1 DESCRIPCIÓN DE MARVAL S.A.

Marval S.A. es una empresa comprometida con el desarrollo del país y con la vivienda de los colombianos, por lo cual desarrolla proyectos de vivienda, centros de negocios y grandes obras de ingeniería en todo el territorio colombiano. MARVAL (MARÍN VALENCIA) nace como persona Jurídica el 24 de diciembre de 1976 en Bucaramanga. Primero fue Sociedad Limitada, convertida en Anónima en 1995. La representación legal está a cargo del presidente de MARVAL S.A. el Dr. Rafael Augusto Marín Valencia, el Gerente General Dr. Sergio Marín Valencia y como Suplente la Dra. Luz Minta Díaz Ardila. MARVAL S.A. se encuentra registrada con el NIT 890.205.645-0.

La empresa maneja 3 razones sociales: MARVAL S.A., cuenta con 136 empleados en Bucaramanga, URBANIZADORA MARIN VALENCIA con 11 empleados en Bucaramanga y CONSTRUCCIONES MARVAL S.A. con 7 empleados en Bucaramanga. Estas 3 empresas están administradas por el mismo grupo de personas, usando los mismos edificios, equipos, personal de ventas, operativo y administrativo, 13 manejando los mismos proveedores y contratistas. Su diferencia radica en que cada razón social legalmente tiene inscritos determinados proyectos para el manejo contable y financiero.

2.2. DIRECCIONAMIENTO ESTRATÉGICO

2.2.1. Misión

Proporcionar a nuestros clientes comodidad y seguridad, dentro de un entorno amable, construyendo con calidad a través de una organización honesta que trabaja en equipo y está comprometida con el desarrollo de sus accionistas, clientes, colaboradores y de la comunidad.

2.2.2. Visión

"En el año 2010, seremos líderes en el mercado nacional a través de la consolidación en nuestros mercados regionales, con presencia en el mercado latinoamericano, distinguiéndonos por la calidad superior y entrega a tiempo de nuestras construcciones integrales e innovadoras, la excelencia de nuestra gente y el servicio al cliente. Nuestra organización sólida y eficiente garantizará nuestra permanencia y permitirá el progreso de sus colaboradores y de la comunidad."

2.3. DESCRIPCIÓN NATURA ECOPARQUE EMPRESARIAL

2.3.1. Características del proyecto

Ubicado en el Anillo Vial vía a Girón en el Municipio de Floridablanca, Natura Ecoparque empresarial se encuentra ubicada en un predio de 2 hectáreas colindante con los campos de golf del club campestre. El proyecto cuenta con tres torres de oficinas de 8 pisos y dos sótanos cada una.

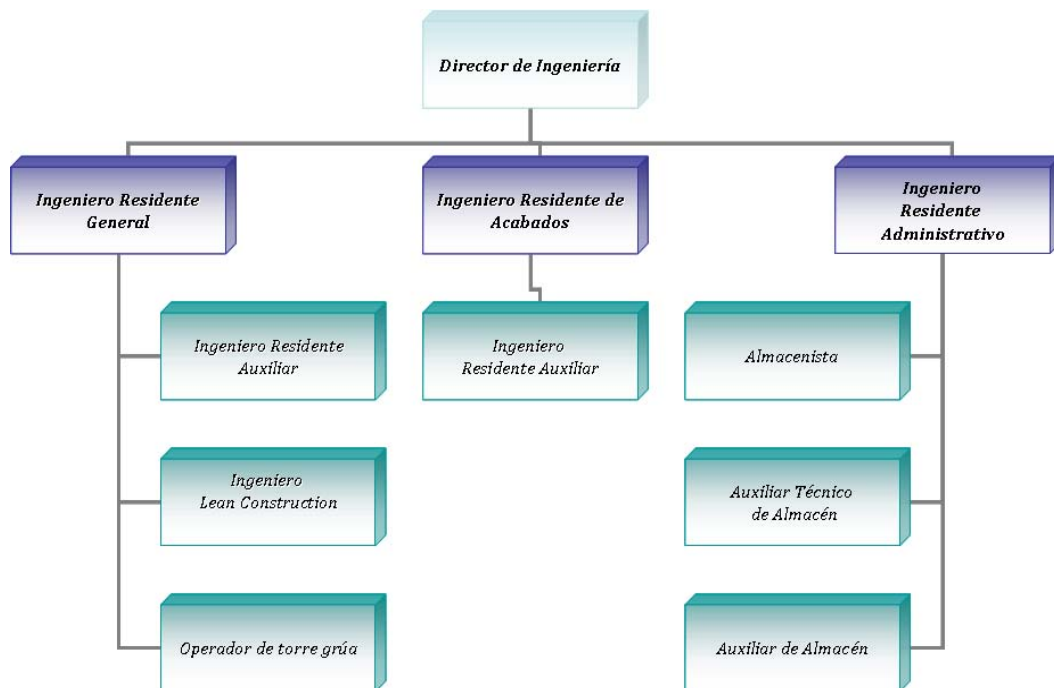
Natura Ecoparque empresarial se crea bajo el concepto de un centro empresarial responsable con el medio ambiente y se convierte en el primer proyecto en Bucaramanga en desarrollar estudios bioclimáticos cuyos resultados son implementados en sus diseños y por tanto plantea un eco desarrollo que se fundamenta en el desarrollo sostenible considerando el impacto ambiental positivo para un óptimo uso de los recursos energéticos.

2.5.1 Estructura Organizacional

El proyecto Natura Ecoparque empresarial cuenta con una estructura jerárquica encabezada por el Director de Ingeniería de MARVAL S.A. e Ingenieros Residentes que guían a Ingenieros Residentes Auxiliares e Ingeniero Lean

Construction en la parte técnica y dirigen al Almacenista, Auxiliares, Operadores de Grúa y Llaverero en la parte operativa del proyecto. Ver Figura 1.

Figura 1: Estructura organizacional de Natura Ecoparque empresarial



Fuente: Natura Ecoparque Empresarial

3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

3.1. PRODUCTIVIDAD EN EL SECTOR CONSTRUCCIÓN

La industria de la construcción presenta situaciones que explican pero no justifican el poco desarrollo que genera baja competitividad de las empresas latinoamericanas frente a mercados globalizados.

Las características presentes en la industria de la construcción son⁵:

- Curva de aprendizaje limitada, relacionada con la alta rotación del personal
- Influencia de las condiciones climáticas
- Trabajo permanente bajo presión
- Fragmentación del proyecto e incentivos negativos
- Poca capacitación, debido a la alta rotación y predominio del empirismo
- Relaciones opuestas entre quienes intervienen los proyectos
- Deficiente planificación o ausencia de la misma
- Actividad basada en la experiencia
- Falta investigación y desarrollo, tendientes a mejorar los procesos constructivos y la administración de los mismos
- Actitud mental del sector, que considera eficiente los métodos actuales

La productividad puede definirse como la medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un producto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado (Serpell, 1999).

El objetivo de todo proceso es lograr una alta productividad, lo cual involucra eficiencia y eficacia, porque no tiene sentido producir una cantidad de obra, si esta

⁵ BOTERO BOTERO, Luis Fernando. Construcción sin pérdidas: Análisis de procesos y filosofía Lean Construcción. 2 ed. Colombia: LEGIS S.A., 2006. p. 12-14

presenta problemas de calidad. Puede hablarse entonces de la productividad de los materiales, la mano de obra y de los equipos.

Existen factores que influyen de variadas formas la productividad en la construcción. Entre los factores que afectan negativa y positivamente la productividad se encuentran los descritos en la figura 2.

Figura 2: Factores que afectan la productividad⁶



3.2. FILOSOFIA “LEAN MANUFACTURING”

“Lean Manufacturing” nació en Japón y fue concebida en la década de los cincuenta, a causa de la alta necesidad de aumentar el desempeño productivo, con la ayuda de la guía efectuada por consultores estadounidenses, entre los cuales se destacan Deming y Juran. Las ideas de esta nueva filosofía se presentan en la empresa automotriz Toyota, la cual posee ideas básicas de eliminación de inventarios y otros tipos de pérdidas, incorporando la producción en pequeños grupos, reducción de tiempos de preparación, la incorporación de sistemas productivos automatizados y la cooperación de proveedores (Shingo, 1988).

⁶ Adaptado de “Construcción sin pérdidas”, Luis Fernando Botero.

En particular, Toyota se vio forzada a resolver los siguientes problemas (Ohno, 1993): el mercado era pequeño y demandaba una gran diversidad de vehículos, la guerra generada en la época produjo una caída drástica de la economía japonesa lo que se tradujo en escasez de capital y posibilidades de intercambio con extranjeros, lo cual limitaba las aspiraciones de adoptar tecnologías de producción provenientes de occidente; existían grandes compañías extranjeras con amplias posibilidades de establecerse en Japón para defenderse de las exportaciones de dicho país, la fuerza de trabajo laboral no deseaba seguir tratada como un costo variable, ni como parte intercambiable en el sistema productivo.

Dadas las anteriores condiciones, Toyota logró liderar el nuevo sistema productivo desarrollado en la época. Algunas políticas y operaciones desarrolladas fueron:

- Para integrar a sus trabajadores y resolver el descontento laboral, introdujo nuevos conceptos como: el trabajo de por vida, pago por antigüedad y bonos en dinero. Esto se tradujo en compromiso de los trabajadores hacia la empresa, los cuales tomaron una actitud innovadora y activa en cuanto a propuestas de soluciones, en post de mejorar la eficiencia de los sistemas productivos.
- La empresa se orientó hacia la calidad y eliminación de partes defectuosas que se perdían o debían repararse a altos costos. La principal fuente de error era no detener las líneas de producción, lo cual se hacía pasar por altos errores que se multiplicaban hacia el final de la línea. En este sentido introdujo a los trabajadores la conciencia de eliminar los errores básicos con la técnica de los 5 “por qué”.
- Para tener trabajadores motivados y muy especializados, los ingenieros de Toyota introdujeron el trabajo en equipo, el que contaba con un líder, de manera tal que el grupo tuviera las habilidades de mejorar colectivamente el proceso, el cual se conoce como círculo de calidad.

- La empresa, además, desarrollo una nueva forma para coordinar el flujo de insumos en el sistema de abastecimiento en base a las necesidades del día a día, denominado Kanban, conocido en la época como “Just in time”.

El desarrollo de esta nueva filosofía de producción ha derivado de la evolución de tres etapas consecutivas, (Orbeta, 1998);

- Un conjunto de herramientas como Kanban y círculos de calidad
- Un método de fabricación como “Just in time”
- Una filosofía de gestión como “Lean Production”, “World Class Manufacturing, JIT/TQC y “Time Based Competition”.

En conclusión “Lean Manufacturing” proporciona a las compañías herramientas para sobrevivir en un mercado global que exige calidad más alta, entrega más rápida a más bajo precio y en la cantidad requerida. Específicamente, Manufactura Esbelta:

- Reduce la cadena de desperdicios dramáticamente
- Reduce el inventario y el espacio en el piso de producción
- Crea sistemas de producción más robustos
- Crea sistemas de entrega de materiales apropiados
- Mejora las distribuciones de planta para aumentar la flexibilidad

3.3. FILOSOFIA LEAN CONSTRUCTION

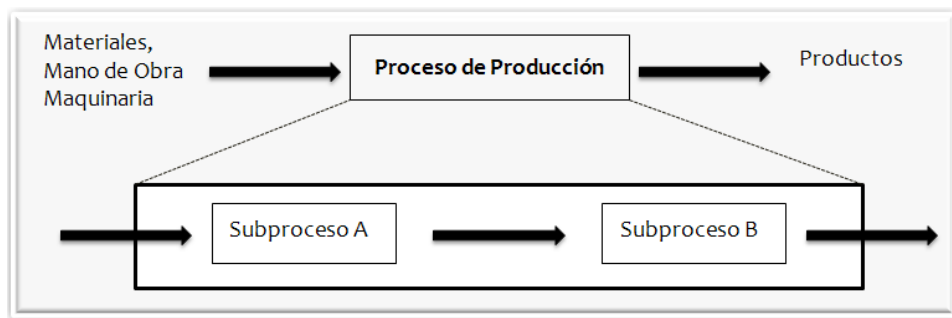
3.2.1 Orígenes del concepto

“Lean Construction” es una metodología que busca adaptar los principios del sistema Toyota de producción, desarrollado en Japón en el año 1950, y aplicarlos a la construcción. Nace como una alternativa tendiente al mejoramiento de la competitividad de las empresas en el mercado, mediante el fortalecimiento del

sistema de producción y la integración óptima de las actividades y los procesos constructivos.

La industria de la construcción ha sido entendida tradicionalmente como un proceso de producción en que materias primas (entradas) son convertidas o transformadas en productos (salidas), respondiendo a un modelo de producción conocido como “Modelo de Conversión”, el cual se muestra en la Figura 3. Este modelo también considera subprocesos, denominados genéricamente, subprocesos de conversión.

Figura 3: Proceso clásico de conversión de una entrada en una salida



Este modelo posee los siguientes errores (Lira, 1996):

- No diferencia entre las actividades de conversión, tales como hormigonado, albañilería, etc. (actividades que agregan valor) y las actividades de flujo, tales como esperas, controles, movimientos, etc. (actividades que no agregan valor). Este modelo considera que todas las actividades agregan valor.
- Una de las premisas fundamentales del modelo, estima que el costo total del proceso puede reducirse minimizando los costos de cada subproceso, ignorando los efectos producidos por la interdependencia entre subprocesos. El modelo no considera la variabilidad de los resultados y los

trabajos rehechos, pues se asume que el trabajo pasa linealmente y secuencialmente a través del sistema de producción.

- No existe preocupación por el impacto que produce en el producto final, la mala calidad de los recursos, la variabilidad y la incertidumbre.

La nueva conceptualización implica una nueva visión dual de producción que consiste en transformaciones y flujos. Todas las actividades implican costos y consumen tiempo, pero es importante distinguir aquellas actividades que agregan valor y las que no lo hacen:

- Actividades que agregan valor: aquellas actividades que transforman materiales o información hacia lo que es requerido por el cliente.
- Actividades que no agregan valor: aquellas actividades que consumen recursos, tiempo y espacio, y que no aportan a la los requerimientos del cliente.

Por lo tanto, el mejoramiento del flujo de las actividades debe estar enfocado en la reducción o eliminación de las actividades que no agregan valor.

Los conceptos de conversión, flujo y valor de producción, no son alternativas excluyentes o teorías de producción competidoras, por el contrario son parciales y complementarias. Todos estos conceptos se centran en el control de la producción desde el punto de vista del cliente. La tabla 1 muestra la integración de estos tres conceptos.

Para lograr las metas de producción, los tres conceptos deben estar en forma balanceada y sus interacciones controladas para evitar anomalías. Evidentemente, un sistema de producción donde los tres conceptos han sido implementados en todos los niveles de administración tendrá mejores desempeños que uno donde los conceptos han sido implementados en menos forma (Koskela, 2000).

Tabla 1: CFV (C: Conversión, F: Flujo, V: Valor) (Koskela 2000)

	Perspectiva de Conversión	Perspectiva de flujo	Perspectiva de generación de valor
Conceptualización de la producción	Como transformación de inputs en outputs	Como un flujo de materiales, compuesto de transformaciones, inspecciones, transporte y esperas	Como un proceso donde el valor para el cliente es generado a partir de la plena satisfacción de sus necesidades
Principios Principales	Hacer la producción en forma eficiente	Eliminación de pérdidas (actividades que no agregan valor)	Eliminación de pérdidas de valor
Métodos y Prácticas	WBS, MRP, OBS	Flujo continuo de producción pull, mejoramiento continuo	Métodos de captura de requerimientos, despliegue de la función calidad
Contribución práctica	Cuidar lo que hay que hacer	Cuida de que lo innecesario es realizado lo menos posible	Cuidar de lo que requiere el cliente es satisfecho de la mejor forma posible.
Nombre sugerido para la aplicación práctica de la perspectiva	Task Management	Flow Management	Value Management

Es más fácil lograr un balance entre las distintas visiones, si se conocen la interacción existente entre éstas. Una muestra de estas interacciones se puede ver en la tabla 2.

Tabla 2: Interacciones entre CFV. (Koskela, 2000)

	Impacto en Conversión	Impacto en Flujo	Impacto en Valor
Impacto de C en otro concepto		Tecnología de transformación más cara proveerá una menor variabilidad.	Inputs más costosos contribuirán a obtener un mejor resultado.
Impacto de F en otro concepto	Flujos con menor variabilidad requieren una menor capacidad. Es más fácil introducir tecnologías de transformación si existe menos variabilidad.		Sistemas de producción más flexibles permiten satisfacer más patrones de demanda. Sistemas de producción con menor variabilidad interna, son capaces de producir productos de mejor calidad.
Impacto de V en otro concepto	Modelo de demanda más variables permiten beneficios a escala y mayor utilización	Perfeccionamiento de la relación entre el cliente interno y los proveedores contribuye a reducir pérdidas.	

Una reunión de los tres conceptos facilita encontrar principios o métodos genéricos, aplicables a cada uno de ellos, además de tener una mejor definición de cada concepto y sus implicaciones.

Koskela (1992), explica que los flujos de procesos podrán ser diseñados, controlados y mejorados, con un conjunto de principios heurísticos que han evolucionado en varios sub campos de la nueva filosofía de producción, estos son:

- Reducir o eliminar las actividades que no agregan valor (pérdidas).
- Incrementar el valor del producto, con base en los requerimientos de los clientes.
- Reducir la variabilidad.
- Reducción del tiempo de ciclo mediante la eliminación de actividades que no agregan valor y presentando como ventajas la entrega más rápida al cliente, facilidad en la gestión de procesos, aumento del efecto del aprendizaje, mayor precisión en el estimativo de la demanda futura y el sistema de producción es menos vulnerable a cambios de la demanda.
- Simplificar por medio de la minimización del número de pasos y partes.
- Incrementar la flexibilidad de la producción.
- Incrementar la transparencia del proceso.
- Enfocar el control al proceso completo
- Mejorar continuamente el proceso
- Balancear el mejoramiento de los flujos y las conversiones
- Referenciar permanente los procesos (Benchmarking)

Las diferencias entre la nueva filosofía y la filosofía tradicional de producción se exponen en la tabla 3. (Campero y Alarcón, 2002).

Dentro de la producción Lean, las actividades que no agregan valor son expresamente identificadas. Es posible iniciar la reducción significativa de los costos de las actividades que no agregan valor, a través de la medición y la aplicación de los principios para el mejoramiento del control de flujo propuestos por Koskela (1992), enunciados anteriormente.

Tabla 3: Filosofía tradicional vs. El nuevo concepto de construcción

	CONCEPTO TRADICIONAL DE PRODUCCIÓN	NUEVO CONCEPTO DE LA PRODUCCIÓN
OBJETO	Afecta a productos y servicios	Afecta a todas las actividades de la empresa
ALCANCE	Actividades de control	Gestión, asesoramiento, control
MODO DE APLICACIÓN	Impuestas por la dirección	Por convencimiento y participación
METODOLOGÍA	Detectar y corregir	Prevenir
RESPONSABILIDAD	Del departamento de calidad	Compromiso de todos los miembros de la empresa
CLIENTES	Ajenos a la empresa	Internos y externos
CONCEPTUALIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN	La producción está compuesta por una serie de actividades de conversión que todas añaden valor al producto	La producción está compuesta por actividades que no agregan valor (flujos) y agregan valor (conversiones)
CONTROL DE PRODUCCIÓN	Dirigido al costo de las actividades	Dirigido al tiempo, costo y valor de los flujos
MEJORAMIENTO	Incremento de la eficiencia de las conversiones a través de la utilización de nueva tecnología	Eliminación de las actividades que no agregan valor (pérdidas), incrementando la eficiencia de las actividades que lo generan, a través del mejoramiento continuo y la implementación de nueva tecnología

Las actividades que agregan valor son mejoradas a través del mejoramiento continuo interno y un mejor uso del equipamiento existente. Sólo después de que este mejoramiento se realiza, se podría considerar inversiones en nuevas tecnologías.

3.2.2 Concepto de pérdida en la construcción

La construcción debe ser vista como un conjunto de procesos compuestos por una serie de flujos. El modelo de proceso de producción según los principios de Lean Construction se basa en la consideración de los flujos de un proceso (actividades que no agregan valor ó pérdidas), y las actividades de conversión (actividades que agregan valor) enfocado hacia la minimización y/o eliminación de las actividades de flujo (Bernardes, 2001), puesto que constituyen la mayor parte de los pasos en los procesos de producción en la construcción.

La generación de valor es otro de los aspectos que caracteriza los procesos de construcción sin pérdidas. El concepto de valor está íntimamente ligado a la satisfacción del cliente y no es inherente a la ejecución del proceso. Por tal motivo, se puede concluir que una actividad de conversión genera valor cuando esta transforma materias primas en productos requeridos por clientes internos o externos.

Se puede definir pérdida como todo equipo, material, pieza y tiempo laboral que exceda la cantidad mínima absolutamente requerida para producción. Para eliminar pérdidas en la construcción, primero se debe conocer las fuentes de ellas.

Estudios realizados por el Departamento de Ingeniería Civil y Gestión de la Construcción en la Pontificia Universidad Católica de Chile, entre 1990 y 1994, identificaron los más importantes factores causantes de pérdidas en el proceso productivo de la construcción de proyectos de edificaciones. Estas pérdidas provienen de flujos, actividades de conversión y de la administración de la obra. Las principales causas que determinan las pérdidas en los procesos de construcción pueden clasificarse de acuerdo a si la causa es controlable o no controlable y se muestra en la figura 4.

En la figura 5 se puede apreciar el diagrama causa efecto para las principales causas de pérdidas.

3.2.3 Identificación y reducción de pérdidas

Una empresa debe realizar acciones tendientes a medir las pérdidas de su sistema de producción con la finalidad de facilitar la evaluación de la eficiencia obtenida por el sistema de producción. De esta manera es posible identificar las fortalezas y debilidades del sistema de producción estableciendo prioridades para su mejoramiento, trayendo como consecuencia un aumento de la productividad y de la competitividad de la empresa.

Figura 4: Clasificación de las causas de pérdidas⁷

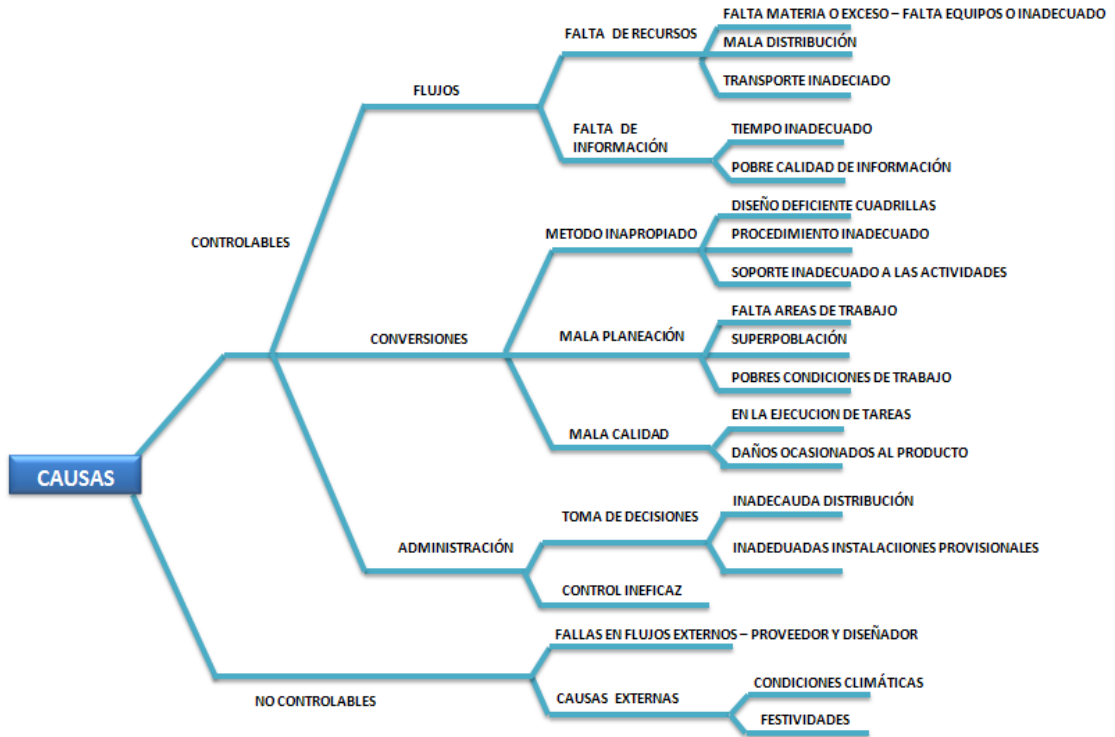
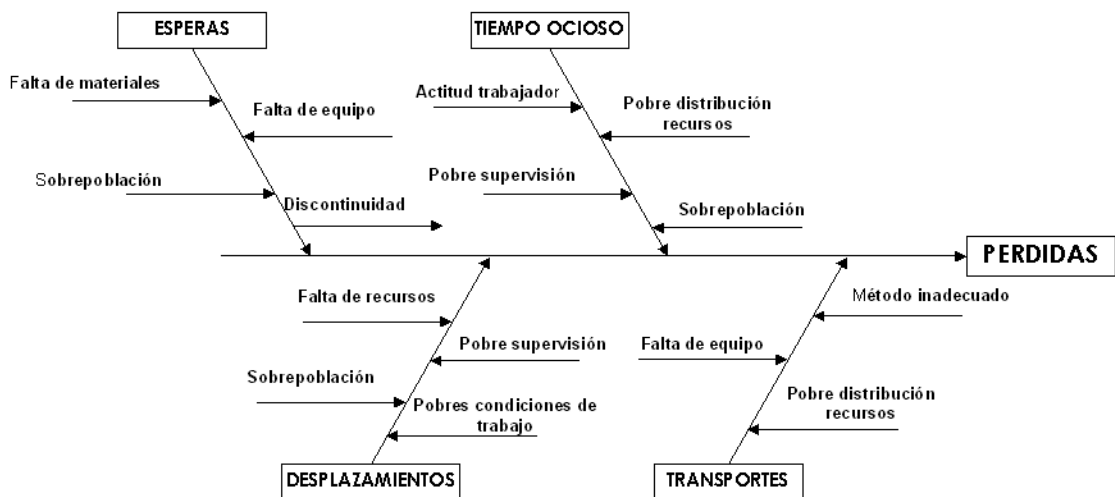


Figura 5: Diagrama causa efecto de principales causas de pérdidas en la construcción⁸



⁷ Adaptado "Construcción sin pérdidas" Luis Fernando Botero

⁸ Characterization of waste in building construction projects. Serpell, Alfredo; Adriano Venturi & Jeanette Contreras

En la medida que las empresas deciden intervenir sus procesos, los indicadores de pérdidas pueden ser utilizados para el control, establecimiento de estándares y metas para el mejoramiento de los procesos.

Además, las mediciones realizadas se convierten en excelente oportunidad de contribución a la motivación e implementación de acciones de mejoramiento, pues permite a los participantes del sistema de producción una retroalimentación a su desempeño y al del proceso en el que participa.

Es el caso del muestreo del trabajo, por medio del cual se puede lograr un mejoramiento de la productividad observando y clasificando el trabajo de un pequeño porcentaje de los trabajadores de la obra para obtener una representación de todos los obreros. Los resultados de esta metodología dan bases para emitir juicios acerca de problemas de productividad dentro de la obra (Oglesby, y Parker, & Howell, 1989). Para analizar el contenido de trabajo existen tres categorías (Thomas & Daily, 1984):

Trabajo Productivo: Es el proceso en el cual se añade un componente a lo que está siendo construido.

Trabajo Contributivo: Trabajo que no necesariamente agrega un componente a lo que está siendo construido, pero es esencial para completar el trabajo. Esto incluye tareas como transportar materiales a los frentes de trabajo, recibir y dar instrucciones, leer planos, etc.

Trabajo No contributivo: Es hacer nada o hacer algo que no es necesario para completar el producto final. Esto incluye actividades como desplazamientos, tiempos de esperas sin explicación (ociosos), etc.

El muestreo del trabajo consiste en numerosas observaciones cortas de la labor de los operarios en su sitio de trabajo y de la utilización de los equipos, categorizando en grupos principales esas mediciones. En la toma de datos en los proyectos de construcción con la técnica del muestreo de trabajo, se acostumbra usar dos diferentes métodos para las observaciones y su posterior registro⁹:

- Observación desde un punto fijo en la obra, utilizado cuando se quiere analizar una operación específica de construcción o una parte de la obra.
- Recorrido por la obra o por sectores que se desean observar; es el método más apropiado cuando se tienen obras de gran extensión que no permite observarse desde una sola posición.

Existen varios inconvenientes en el desarrollo de las mediciones en la construcción:

- El carácter único de cada proyecto, mientras más complejo es un proyecto más difícil es comparar los resultados con los obtenidos en otros proyectos (índices de productividad, rendimientos, etc.)
- La dificultad de tomar datos en terreno.
- La variación en las definiciones y los procedimientos de la toma de datos.
- La poca capacitación del personal de supervisión en terreno y de los obreros.

Con una muestra representativa, de un tamaño lo suficientemente grande para ser estadísticamente válida, ciertas características del proyecto pueden ser pronosticadas. Esta predicción no es exacta, pero sí la muestra es representativa, el resultado puede representar muy de cerca el estado actual. (Thomas & Daily, 1984).

⁹ Herramientas para la determinación de pérdidas en la construcción, Luis Fernando Botero B.

Estadísticamente la muestra podrá ser validada a partir de tres conceptos: nivel de confianza, límite de error y proporción por categoría. El primero provee la confiabilidad del resultado, el segundo la precisión del valor estimado y el último cuál es la proporción esperada de la muestra, es decir, cómo se distribuyen las respuestas de la muestra. El número de muestras para las condiciones requeridas es calculado con la ecuación (Olomolaiye, Jayawardane, & Harris, 1998):

$$N = \frac{(Z^2 P (1-P))}{(L^2)} \quad (1)$$

Donde:

N: tamaño de la muestra

Z: valor obtenido de las tablas estadísticas dependiendo del intervalo de confianza

P: proporción por categoría

L: límite de error requerido

Dado que la distribución esperada entre trabajo productivo y no productivo es de 50:50, se considerará razonable un nivel de confianza del 95% y un límite de error de 5 % para representar la distribución del trabajo. De acuerdo a la tabla 4 se necesitarán 384 muestras. Las cuales se realizarán en campo.

Tabla 4: Tamaño de la muestra requerido para niveles de confianza del 95% y 90%.¹⁰

Proporción por Categoría (%)	95 % nivel de confianza				90% nivel de confianza			
	Límite de error (%)				Límite de error (%)			
	1	2.5	5	10	1	2.5	5	10
50:50	9604	1537	384	96	6765	1082	271	68
40:60	9220	1475	369	92	6495	1039	260	65
30:70	8067	1291	323	81	5683	909	227	57
20:80	6147	983	246	61	4330	693	173	43
10:90	3457	553	138	35	2435	390	97	24

¹⁰ Olomolaiye, Jayawardane, & Harris, 1998

3.2.4 Sistema de planificación “Last Planner”.

La planificación es un proceso de toma de decisiones que involucra el establecimiento de metas y de los medios necesarios para lograrlas, siendo efectivo solo cuando es seguido de un control.

La planificación permite eliminar problemas relacionados con la incidencia negativa de las pérdidas en la productividad, además aumenta la transparencia de los procesos y genera una protección de producción contra la incertidumbre.

La planificación es ineficaz por que no es considerado como un proceso con altas características de incertidumbre como resultado de una planificación operacional que tiende a ser excesivamente informal y por lo tanto carece de la utilización de programas computacionales.

Sin embargo, en general la planificación ha sido resumida a la creación de presupuestos, programas y otros documentos referentes a las etapas a ser ejecutadas durante un proyecto (Bernardes, 2001). Diversos autores apuntan a que la ineficiencia de la planificación, radica básicamente en los siguientes puntos (Bernardes 2001):

- La planificación de producción normalmente está basada solamente en la experiencia de los administradores.
- El control está basado en general, en el intercambio de informaciones verbales entre el ingeniero con el jefe de obras, cubriendo solamente un corto plazo de ejecución sin ninguna relación con los plazos más largos cubiertos en los planes de ejecución de obras, dando como resultado, la ineficiencia en la utilización de los recursos.
- La planificación en otras áreas de la industria, se concentra en las unidades de producción, sin embargo en la industria de la construcción, se orienta más bien al control de las actividades. Un control orientado solo en las

actividades, mide únicamente el desempeño global y cumplimiento de los contratos, no preocupándose de las unidades productivas o cuadrillas.

- Olvidamos la incertidumbre inherente de los procesos productivos en los proyectos de construcción; esto se observa en planes de largo plazo muy detallados que llevan a realizar constantes cambios y actualizaciones no contempladas en los planes iniciales.
- En general, se aprecian fallas en la aplicación e implementación de software para planificación, adquiridos y utilizados sin antes haber identificado las necesidades reales de sus usuarios y directivos de la empresa. Sin esa identificación, estos programas computacionales generan una gran cantidad de datos apenas relevantes y/o innecesarios.

El sistema del Último Planificador (“Last Planner”) es una herramienta para controlar interdependencias entre los procesos, reducir la variabilidad entre éstos y por ende, asegurar el mayor cumplimiento posible de las actividades de la planificación dentro de la filosofía “Lean Construction”.

Glenn Ballard (1994), propone el sistema del Ultimo Planificador, basado en los principios del “Lean Construction”, que apunta fundamentalmente a aumentar la fiabilidad de la planificación y con eso mejorar los desempeños.

Este incremento de la confiabilidad se realiza tomando acciones principalmente en dos niveles: planificación intermedia (Planificación “Look Ahead”) y planificación semanal, realizando control de lo planificado a través del indicador PAC (Porcentaje de asignaciones completadas). Lo anterior se encuentra enmarcado dentro de un plan maestro general del proyecto, analizando las restricciones (cuellos de botella) que se interponen al desarrollo de las tareas.

La orientación de la planificación utilizada en “Lean Construction” así como las técnicas de control empleadas, reducen las pérdidas principales a través de **mejorar la confiabilidad del flujo de trabajo**. El punto de partida es incrementar

la confiabilidad de las asignaciones de trabajo a nivel de la producción misma. Conocidas las restricciones, es posible actuar antes que sucedan, garantizando el desarrollo de las actividades sin interrupciones.

3.2.4.1 Componentes del sistema “Last Planner”

Programa Maestro

El programa maestro genera el presupuesto y el programa del proyecto. Proporciona un mapa de coordinación de actividades que lleva a la realización de éste. Esta etapa es de vital importancia para que el sistema Ultimo Planificador proporcione los beneficios esperados. El programa maestro o planificación inicial debe ser desarrollado con información que represente el verdadero desempeño que posee la empresa en obra, sólo de esta manera se podrá dar validez al sistema Ultimo Planificador, ya que se estarán supervisando tareas que, en la realidad, representan la forma en que trabaja la empresa.

En este programa se planifican los recursos Clase 1 que se caracterizan por:

- Recursos con largo período de adquisición y baja repetitividad.
- Lote de compra en general corresponde a cantidad total.
- Ejemplos: elevador, ventanas de madera, cerámica, sub.- contratista general.

Planificación “Look Ahead”

Derivada del programa maestro antecede la planificación semanal, que genera el plan de trabajo semanal (PTS). La planificación intermedia abarca intervalos de 5 a 6 semanas. Las actividades son exploradas con más detalle, lo cual permite determinar las sub tareas para su ejecución, y que pueden entenderse como prerrequisitos de trabajo, directrices o recursos necesarios para su realización, que se conocen como **restricciones**. Una vez éstas se determinan, las

actividades deben someterse al proceso de preparación, donde las restricciones son eliminadas, dejando la actividad lista para ser ejecutada.

Al igual que en el programa maestro, en este nuevo nivel deben planificarse otros recursos denominados recursos Clase 2, con las siguientes características:

- Recursos con mediano periodo de adquisición y algunas repeticiones en este ciclo.
- Lotes de compra en general, que son fracciones de la cantidad total.

Plan de trabajo semanal (PTS)

La planificación semanal presenta el mayor nivel de detalle antes de ejecutar un trabajo. Debe ser realizada por administradores de obra, supervisores de terreno, capataces y otras personas que supervisan directamente la ejecución del trabajo.

Gestión de proyectos tradicional. Aborda la planificación semanal definiendo actividades y un programa de trabajo, antes de comenzar, en términos de lo que **debe** ser ejecutado. Las actividades son identificadas, se estima su duración y se organizan secuencialmente para cumplir de la mejor forma los objetivos del proyecto. Se realiza el trabajo, diseñando cuadrillas, que son recomendadas por la administración para hacer lo que el programa señala **debe** ser ejecutado, sin considerar si **puede** realmente hacerse en un intervalo de tiempo específico. Los recursos se asumen disponibles cuando se necesiten, lo que debe presumiblemente garantizar la ejecución de lo programado.

Después que el programa ha sido determinado y el trabajo está en progreso, se reúnen los recursos: materiales y mano de obra, y se termina adaptándolos al programa de la mejor manera posible.

Características del nuevo proceso¹¹:

- Se compromete sólo trabajo que **puede** ser realizado protegiendo la producción de la incertidumbre de más arriba.
- Al aumentar la confiabilidad del plan mejora el desempeño no sólo de la unidad que ejecuta el plan sino también de las posteriores.
- El plan semanal se desarrolla seleccionando, secuenciando y dimensionando el trabajo que se sabe **puede** hacerse.
- Se debe preparar trabajo para que pueda ser realizado removiendo restricciones que permitan planificar las actividades
- La preparación del trabajo se hace en el proceso de planificación intermedia (4 a 6 semanas).
- La planificación intermedia es una subdivisión del programa maestro para las actividades en esa ventana de tiempo.

Se denominan asignaciones al trabajo definido como posible de realizar una vez analizadas y eliminadas las restricciones (cuellos de botella). El individuo o grupo de trabajo que las plantea recibe el nombre de “último planificador”, de donde el sistema toma su nombre. La función de la unidad de producción es realizar correctamente las asignaciones, a través de un proceso de aprendizaje continuo y acción correctiva.¹²

El indicador PAC se convierte en la forma de medir el desempeño de la planificación y la productividad de la unidad de producción y se obtiene como la razón entre el número de asignaciones completadas y las planificadas. Un buen desempeño se sitúa por encima del 80%; un desempeño pobre está por debajo del 60%. Equipos con experiencia en el sistema mantienen un desempeño por encima del 85% (Howell, 2002).

¹¹ BOTERO BOTERO, Luis Fernando. Construcción sin pérdidas: Análisis de procesos y filosofía Lean Construcción. 2 ed. Colombia: LEGIS S.A., 2006. p. 72

¹² Luis Fernando Botero Botero, Martha Eugenia Álvarez Villa. Last planner, un avance en la planificación y control de proyectos de construcción. Estudio del caso de la ciudad de Medellín

Es necesario igualmente determinar las causas para el no cumplimiento de las asignaciones de trabajo. Esta acción proveerá información necesaria para el mejoramiento del PAC que traerá como resultado que el proyecto sea completado más eficientemente.

El Porcentaje de Actividades Completadas mide principalmente el grado de compromiso del primer supervisor de la planificación. El análisis de no cumplimiento de la planificación puede conducir a encontrar las causas de origen de la no conformidad. La medición del rendimiento en el nivel del último planificador no significa que sólo hagamos cambios en ese nivel. Las causas de un plan fallido pueden ser encontradas en cualquier nivel de organización, proceso o función.

El análisis del PAC puede ser un foco poderoso para iniciativas que tiendan a acortar la brecha entre un buen y un mal programa. El análisis de las causas de no cumplimiento de la planificación que se realizan semanalmente, es la base del proceso de mejoramiento continuo y aprendizaje que se genera a partir de la implementación de un nuevo modelo de planificación.

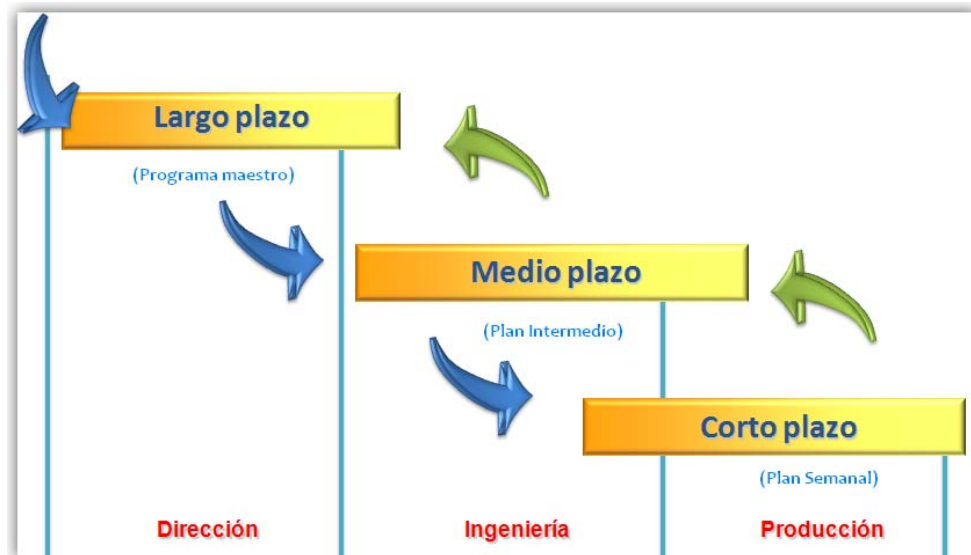
En la figura 6 se puede apreciar el efecto cascada que se produce entre los componentes del sistema “Last Planner” en pro de mejorar los flujos de los procesos.

3.2.5 Desarrollo de la investigación en Colombia

Para la investigación realizada en Colombia las constructoras participantes fueron un grupo de empresas interesadas en el mejoramiento continuo y distinguido por su liderazgo. Adicionalmente, los proyectos participantes se caracterizaban por una excelente organización y con un sistema de administración con responsabilidades bien definidas. Igualmente las cuadrillas de trabajo, en lo posible debían ser estables, para favorecer el fenómeno de aprendizaje. La tabla 5

presenta el sistema de mejoramiento de la productividad con respecto a su sistema constructivo.

Figura 6: Estructura del “Last Planner”



Fuente: Planificación y control de proyectos a través del sistema de planificación el último planificador (“Last Planner”) Parte I. Luis Fernando Botero Botero.

El resultado general del estudio a nivel nacional para la muestra que incluye 24.415 observaciones, para el tiempo productivo es de 48,20% cifra superior a la encontrada en Chile en un estudio similar realizado entre 1993-1996.

En cuanto al tiempo no contributivo (actividades consideradas pérdidas). El estudio arrojó como resultado una cifra considerada como óptima por los estándares internacionales. La figura 7 ilustra la distribución del contenido de trabajo.

Tabla 5 : Descripción de la muestra. Colombia 2003 – 2005

CONSTRUCTOR	SISTEMA CONSTRUCTIVO					
	MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL	MUROS EN CONCRETO	APORTICADO	COMBINADO: mampostería estr. y muros en concr.	DUAL: aporticado y pantallas	PREFABRICADO
1	Obra 170		Obra 90			
2	Obra 180		Obras 100, 160			
3	Obras 10, 20			Obras 60, 200		
4	Obra 110	Obras 31, 32				
6		Obras 80, 190				
7		Obra 70				
8		Obras 41, 42, 43, 44, 45, 120, 150, 210				
9			Obra 130			
10					Obra 220	
11				Obra 230		
12	Obra 240	Obra 250				
13				Obra 260		
14						Obra 270
15		Obras 280, 290				
16	Obra 300					
17			Obra 310			
18		Obra 320				
5	Obra 140. Construcción de pavimento rígido					

Figura 7: Resultado estudio de pérdidas estudio realizado en Colombia (2003-2005)¹³



¹³ Adaptado de "Construcción sin pérdidas"

El consolidado del estudio realizado en tres de las principales ciudades del país y su relación con los niveles óptimos y normales definidos internacionalmente se aprecia en la tabla 6.

Tabla 6: Resultado estudio de pérdidas en Colombia¹⁴

CATEGORÍA	TP	TC	TNC	OBSERVACIONES
OPTIMO	60%	25%	15%	Estudio Chile 1995, muestra de 370.000 m2
NORMAL	55%	25%	20%	Estudio Chile 1995, muestra de 370.000 m2
PROMEDIO MEDELLÍN 2003	47.2%	37.5%	15.2%	Promedio de la muestra observa da en 178.141 m2
PROMEDIO BOGOTA 2005	46.24%	28.43%	25.33%	Promedio de la muestra observa da en 133.507 m2
PROMEDIO MANIZALES 2005	49.11%	35.51%	18.38%	Promedio de la muestra observa da en 21.045 m2
PROMEDIO COLOMBIA 2003,-2005	47.71%	35.01%	17.28%	Promedio de la muestra observa da en 332.693 m2
PROMEDIO CHILE	47%	28%	25%	Estudio Chile 1995, muestra de 370.000 m2

¹⁴ Adaptado "Construcción sin pérdidas" Luis Fernando Botero

4. DIAGNÓSTICO DE NATURA ECOPARQUE EMPRESARIAL.

4.1. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO.

El sistema constructivo con lamina colaborante “Steel Deck” es un concepto usado en el diseño y construcción de edificaciones, que se implantan en las obras ante las grandes limitaciones técnicas y constructivas de los sistemas convencionales y debido a la necesidad de contar con sistemas constructivos más eficientes y económicos.

Se compone de una lámina de acero preformada y una losa de concreto vaciada sobre ésta, que actúan de manera monolítica y forman una losa compuesta.

Posee una alta resistencia estructural debido a su troquel trapezoidal que le permite una alta capacidad para resistir cargas, pero sobre todo por su adecuada distribución de refuerzos para cubrir cargas.

Figura 8 : Descripción del sistema tradicional con “Steel Deck”¹⁵



¹⁵ Fuente: <http://www.scribd.com/doc/26426509/Lamina-Colaborante-Deck-Steel>

Esta lámina sirve como formaleta al momento del armado de placa y fundición del concreto, además es el refuerzo principal de acero durante la vida útil de la losa. Las principales ventajas con respecto a otros sistemas de entrepiso tradicionales son:

- Reducción mayor a un 25% del peso de las placas, lo cual permite la reducción de los costos de transporte, instalación y armado con menor cantidad de formaleta.
- Mayor limpieza y velocidad de ejecución en obra. Presenta una apariencia agradable y puede dejarse a la vista en ciertas áreas del proyecto.
- Permite realizar actividades simultáneas a la fundida de la placa.
- Se minimiza el desperdicio de material, requiere en general menor volumen de concreto que otros sistemas
- El sistema de “Steel Deck” sirve como plataforma de trabajo y formaleta de piso a la vez que conforma el refuerzo principal de la losa una vez fragua el concreto.

4.2. CADENA DE VALOR.

Como fuente principal de mejoramiento de la producción en la construcción, “Lean Construction” se centra en el mejoramiento de la logística de la producción, tanto de la cadena de los suministros como de la secuencia de actividades constructivas del proceso. El proceso de producción se entiende no solamente como secuencia de las actividades de la conversión sino también como un proceso del flujo de materiales y de información y como proceso de generación de valor para el cliente.

En este sentido los conceptos de pérdidas, valor, logística y compromisos cobran una gran importancia para cualquier intento de mejoramiento del proceso.

La cadena de valor es una serie de etapas de agregación de valor de aplicación general en los procesos. Proporciona un esquema coherente para diagnosticar la

posición de la empresa respecto a sus competidores. Además, es un marco conceptual para definir las acciones tendientes a desarrollar una ventaja competitiva sostenible.

La dirección de la cadena de valor se define como: la manera de controlar, manejar, y de dirigir una secuencia de actividades que una empresa realiza para crear productos que aumentan beneficio, disminuyen tiempo y costo, y mejoran la calidad para la empresa, generando beneficio (valor) para el cliente. Donde el **valor** se define como cantidad, que crece cuando la satisfacción del cliente aumenta o los costos asociados de un determinado producto disminuyen (Lindfors, 2000). Elementos como los atributos del producto (función, calidad, precio y tiempo), la imagen de la empresa y las relaciones entre la empresa y el cliente definen el valor percibido por el cliente. Usar el término de dirección de la cadena de valor, implica que el valor tiene que ser agregado en todos los puntos del proceso.

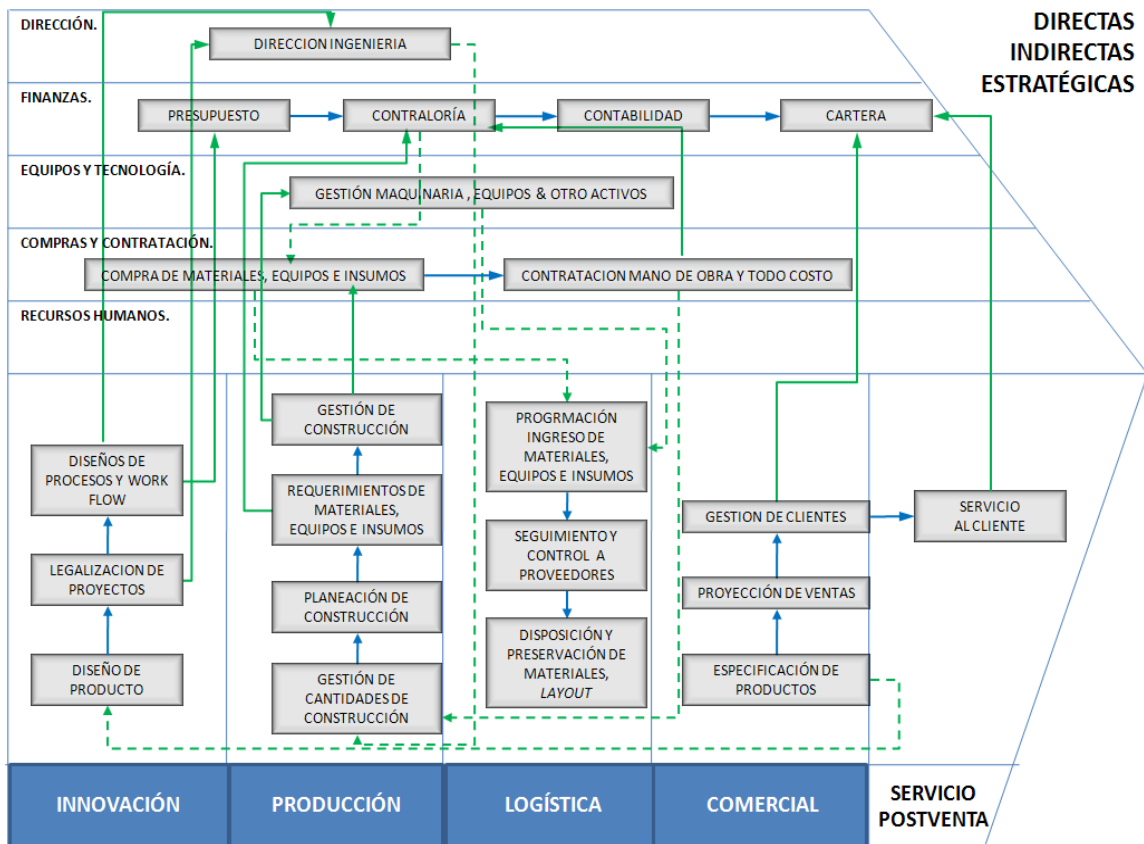
Por lo tanto, en un proceso de producción, la ventaja competitiva no proviene solamente de mejorar la eficacia de las actividades de conversión, sino también de reducir los tiempos de espera, del almacenamiento, de transporte o desplazamientos improductivos e inspecciones. Todas estas actividades son inherentes a un proceso logístico.

A continuación se describen los diferentes flujos de información de la cadena de valor para las actividades de construcción ilustradas en la figura 9:

- **Innovación.** Consiste en el desarrollo de unidades de construcción adoptando conceptos atractivos en el mercado y un estilo personalizado derivado de las especificaciones realizadas por los clientes. Los diseños, licencias, permisos y demás requisitos del proyecto posteriormente se legalizan y con esto se procede a los diseños de los procesos y establecimiento de *Work Flow* para el proyecto. En proyectos especiales

como Natura Ecoparque la generación y cambio de diseños presenta una amplia restricción por que se pueden presentar reprocesos o demoras en el sistema constructivo si se presentan variaciones respecto con los planos existentes en el proyecto.

Figura 9: Flujo de información en la cadena de valor para actividades de construcción.



- Producción y logística. Se puede entender como un proceso multidisciplinario que intenta garantizar en el tiempo exacto, el costo adecuado y la calidad exigida por el cliente la unidad de construcción. Lo anterior depende de procesos administrativos eficaces en el suministro de materiales, su almacenamiento, procesamiento y dirección, suministro de mano de obra, suministro de la maquinaria de construcción en obra y

dirección de los flujos de información. Esto se logra con el mejoramiento en las actividades de planificación, organización y control del antes, durante y después de los trabajos de construcción.

Para las actividades de estructura las funciones logísticas se pueden dividir en logística interna del proceso y la logística de proveedores. La logística interna se relaciona con la determinación y requerimiento de las cantidades de construcción, planificación de construcción y dirección de los sistemas de información, haciendo énfasis en una interpretación veraz y oportuna de la información contenida en los planos estructurales y arquitectónicos. La logística de proveedores se relaciona con las actividades que son cíclicas en el proceso de producción. Estas actividades son básicamente: planificación de los recursos necesarios (materiales, maquinaria y equipos), seguimiento y control de proveedores y la disposición y preservación de los recursos en obra (*Layout*).

- Comercial. El nivel de información hacia el cliente se puede medir en relaciones exteriores entre la empresa constructora y sus clientes finales. El nivel de satisfacción del cliente es medido por la capacidad de la empresa de cumplir el período de la ejecución con la calidad y el presupuesto previsto. La demora en la definición de los requerimientos del inmueble por parte del cliente, se manifiesta en retrasos de los procesos constructivos.
- Servicio postventa. Servicio al cliente para establecer una relación más personalizada antes y después de la adquisición del inmueble, con la intención de entender y dar solución a sus necesidades.
- Compras y contratación. La compra para altos volúmenes de materiales, equipos e insumos críticos o exclusivos, se realiza por negociación con proveedores nacionales y/o extranjeros. El proveedor seleccionado es aquel que pueda ofrecer el mejor producto, con el mayor beneficio al menor costo. Para materiales, equipos e insumos de mayor rotación y altos

volúmenes de consumo son asignados a proveedores locales. Se establecen cláusulas de cumplimiento en los contratos. Las negociaciones amplias, sin acuerdos para ambas partes, pueden ampliarse hasta el punto de generar atrasos para el proyecto por falta de material.

El proceso de requerimiento de materiales y puesta en obra por parte del proveedor tiene una duración mínima de 21 días, que incluye la aprobación del requerimiento y el proceso de generación y aprobación de la orden de compra, proceso que ha presentado retrasos de meses. Los tiempos pactados con el proveedor para efectuar la entrega en obra son muy amplios evidenciando desabastecimiento del almacén. En el proceso de generación de orden de compra a proveedores locales no se verifica previamente que este cuente con las existencias que se requieren, lo que desencadena un reproceso de información para generar una nueva orden de compra a un proveedor que pueda suministrar las cantidades necesarias en el menor tiempo; pero no siempre se cumple con los tiempos mínimos de entrega, lo que amplía el tiempo de espera por falta de material en obra.

Dos factores hacen que este proceso de solicitud de materiales supere el tiempo mínimo. El primer factor se dirige hacia una planificación en obra sin una política estricta en el requerimiento de materiales sin presentar desabastecimiento y la segunda recae sobre la gran cantidad de aprobaciones existentes en el proceso de generación de orden de compra a proveedores, lo que genera altas pérdidas de tiempo por el extenuante seguimiento a cada una de las fases del proceso desde obra.

La contratación del personal se realiza a través de contratos de mano de obra o todo costo, todos seleccionados en un proceso de licitación. La generación de contratos puede extenderse a tal grado que se evidencien atrasos en el proceso por ausencia de un contratista para efectuar la actividad en las fechas establecidas en el *Work Flow* del proyecto.

La gestión de personal, capacitación y pago de seguridad son cubiertas internamente por el contratista.

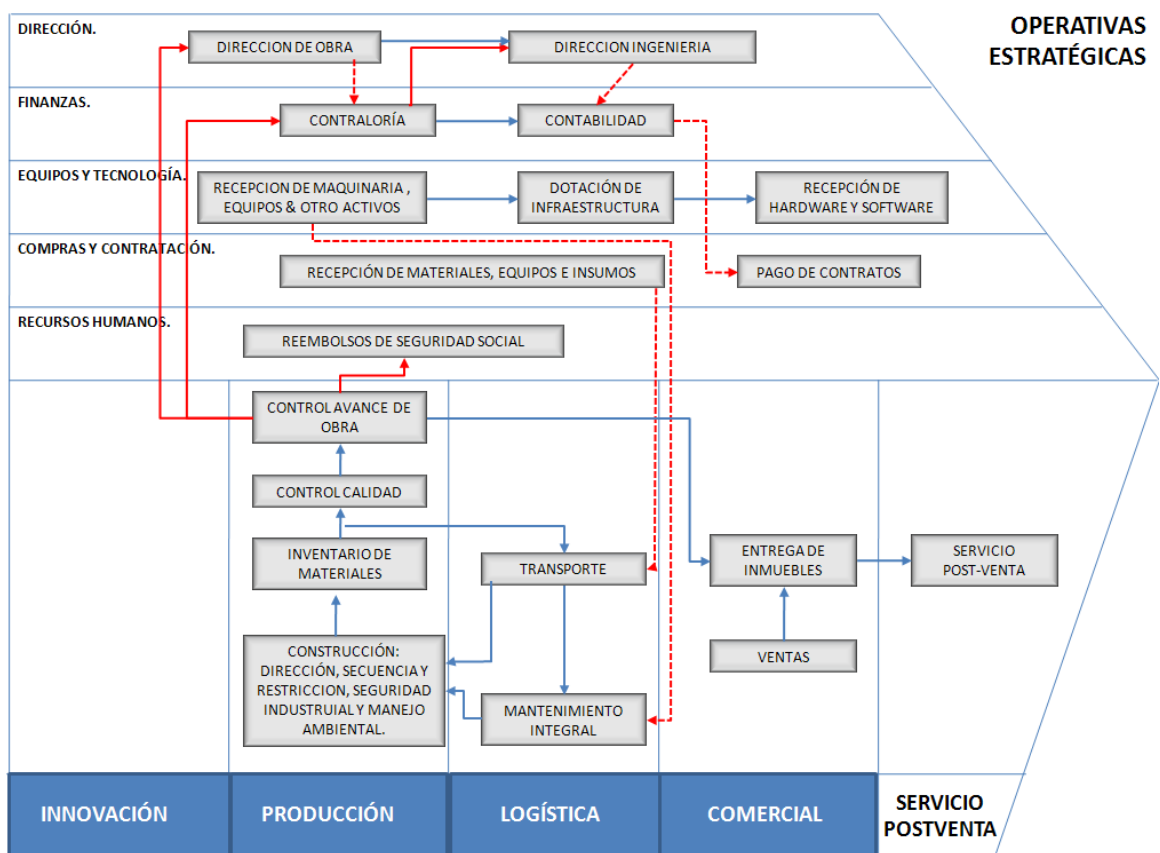
- Equipos y tecnología. Los equipos utilizados en obra son solicitados al departamento de equipos el cual verifica la existencia del mismo en el taller de la empresa. Si el equipo no se encuentra disponible se procede al alquiler o compra del mismo con proveedores definidos por el proceso de compras mediante proceso de cotización del menor precio y mayor beneficio. La tecnología informática utilizada es el *ERP PeopleSoft*, herramienta que le proporciona ventaja sobre sus competidores.
- Finanzas. Enmarca presupuesto, contraloría, contabilidad y cartera.
- Dirección. La dirección de ingeniería es la encargada de los trámites, legalizaciones y cumplimientos de los requisitos legales

La figura 10 ilustra los flujos físicos de la cadena de valor para las actividades de construcción correspondientes al nivel operativo y estratégico.

- Producción. Se refiere a la planificación física del flujo mediante la organización, dirección y control en obra. Esto significa, dirección de los sistemas de información, equipos de seguridad, manejo ambiental, disposición de las cuadrillas en terreno, definición de la secuencia de la actividad y resolución de interferencia entre las cuadrillas de construcción en obra, control de calidad y control de avance de obra para efectuar el pago a contratistas.
- La logística de proveedores se relaciona con proveer los recursos necesarios (materiales, equipo y mano de obra), transporte al terreno, entrega a cuadrillas y control de almacenamiento. El nivel de compromiso está determinado por la capacidad de proporcionar los recursos a las cuadrillas en sus lugares de trabajo en el tiempo y en el lugar preciso y

movimiento de la maquinaria de construcción en obra. Se encuentran definidos procedimientos para el desarrollo de mantenimiento preventivo de maquinaria pesada y equipos, pero solo se realizan mantenimientos correctivos a los mismos. Se posee hoja de vida de todos los equipos suministrados por la empresa y los contratistas.

Figura 10 : Flujos físicos en la cadena de valor para las actividades de construcción.



- Comercial. Entrega del inmueble al cliente. Se cuenta con una fuerza de ventas que realiza las funciones de la gestión de clientes.
- Recursos Humanos. Pagos y reembolsos de seguridad social a contratistas por parte de la empresa constructora. La gestión de personal, capacitación y pago de seguridad son cubiertas internamente por el contratista.

- Compras y contratación. En el proceso de generación de orden de compra a proveedores locales no se verifica previamente que este cuente con las existencias que se requieren.

Los proveedores de materiales críticos como el concreto, hierro y *Steel Deck*, desconocen de las condiciones de ingreso al proyecto y los requerimientos para realizar un transporte y descargue acorde con las restricciones del mismo.

Los criterios de calidad no son tenidos en cuenta para el proceso de cargue de los vehículos de materiales críticos como hierro y *Steel Deck* evidenciando devoluciones de materiales por no conformidad con los requisitos del proceso.

Los tiempos de entrega y condiciones pactadas con el proyecto no son cumplidos con rigurosidad, observándose tiempos perdidos por falta de material, tiempo dedicado al seguimiento y control de los proveedores y amplias reuniones con representantes de los mismos en busca de una solución que beneficie los procesos de ambas partes.

No se tienen establecidas las zonas de almacenamiento de materiales críticos, materiales que por su condición deben contar con espacios adecuados para su ingreso, descargue, almacenamiento y control. La zona de almacenamiento se decide en el momento justo que el material es recibido en portería.

El proyecto en sus inicios no contó con un personal de almacén constante e idóneo que realizara el debido control de los materiales recibidos, incluyendo en esta recepción, las pruebas de calidad necesarias para garantizar la conformidad con los requisitos del proceso definidos en el plan de calidad del proyecto.

La contratación del personal contratista se realiza a través de contratos de mano de obra o contratos todo costo, dichos contratos son el resultado de un proceso de licitación.

- Equipos y tecnología. Los equipos solicitados por obra son gestionados, recibidos y entregados al proyecto por el departamento de equipos.
- Finanzas. Enmarca contraloría y contabilidad. El proceso de contraloría es el encargado de las aprobaciones de requerimientos de materiales y pago de contratos en una primera instancia, ya que este es quien verifica que lo solicitado cumpla con lo establecido en el presupuesto del proyecto.
- Dirección. La dirección de ingeniería es la encargada de la aprobación en el diseño de procesos, aprobación de pagos a contratistas y orientación de los proyectos constructivos.

4.3. SISTEMA DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL.

Natura Ecoparque comenzó su proceso de planificación el 29 de Octubre de 2009 realizando la primera reunión semanal “Last Planner” con los contratistas de movimiento de tierras, estructura, post tensado, plomería y electricistas. Las reuniones se definieron para ser realizadas semanalmente el día jueves.

Inicialmente los contratistas no asistían a las reuniones semanales y por esta razón desconocían de las asignaciones que se planificaban por parte de las ingenieras residentes del proyecto. La administración inicialmente no definía las asignaciones a los contratistas ausentes en la reunión de planificación y calificación. Las asignaciones planificadas para la siguiente semana se registraban en la bitácora de obra.

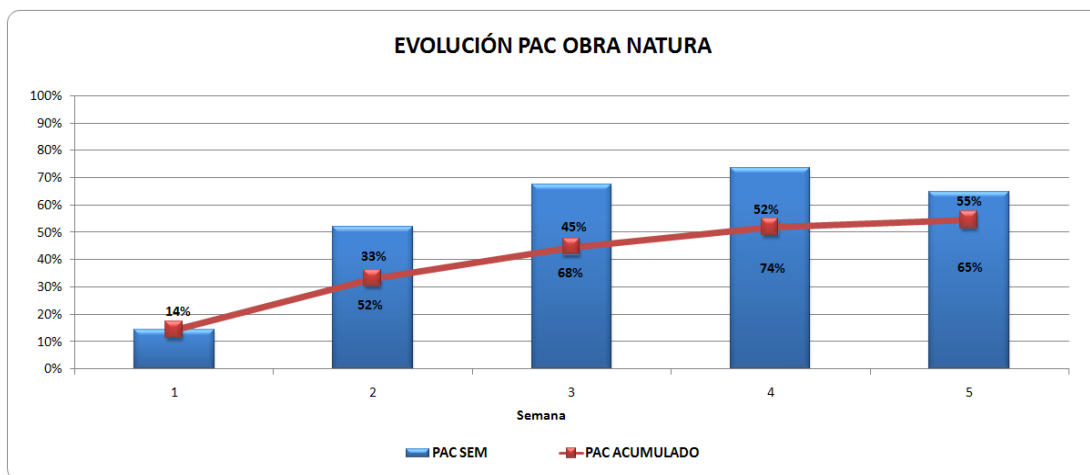
La evaluación a contratistas se desarrollaba bajo criterios definidos por MARVAL S.A. En esta calificación semanal a contratistas se evaluaba la gestión de los

mismos en temas como el orden y aseo de las zonas comunes y lugares de trabajo, calidad del producto, administración de personal, seguridad industrial y el manejo que el contratista le daba a los recursos suministrados por el proyecto.

Los criterios de evaluación a contratistas no se estaban implementando de manera correcta y por tanto la calificación semanal era en su totalidad subjetiva. Se realizó la socialización de los criterios con el fin de despejar las inquietudes existentes en el personal contratista y administración.

La primera medición del desempeño del proceso de planificación por medio del PAC se realizó el 5 de Noviembre. La consolidación del PAC arrojó en el primer mes de la implementación los datos registrados en la figura 11.

Figura 11: Evolución PAC Obra Natura Noviembre



En la semana 1 se realizó la evaluación diagnóstica a la implementación de la metodología Last Planner en la obra, las actividades eran registradas en la bitácora de obra y se planificaban con el contratista durante la reunión de calificación semanal a contratistas. Se evidencia una recuperación en el PAC desde la primera semana debido a correcciones en la metodología de planificación.

La Ingeniera Residente del proyecto encargada de dirigir el proceso de planificación no podía dirigir las reuniones durante todas las semanas por sus múltiples ocupaciones, delegando esta gestión a las Ing. Auxiliares del proyecto.

El análisis de las causas de no cumplimientos del PAC es realizado por la Ing. Lean Construction por medio del gráfico de Pareto al finalizar el mes de Noviembre y los resultados obtenidos se presentan en la figura 12.

Del gráfico presentado en la figura 12 se puede concluir, que los mayores porcentajes obtenidos se deben en su mayoría a la mala planeación. Las actividades no se definían con el debido proceso de planificación, por lo tanto los contratistas y la administración no lograban ponerse de acuerdo en las actividades asignadas para la semana, ya que se extendían en un debate de lo que se podía y no se podía realizar.

Por lo tanto la planificación se realizaba de manera optimista sin tener en cuenta restricciones y al momento de la evaluación de asignaciones el contratista no cumplía y el PAC de la obra se veía afectado.

Adicionalmente, el contratista presentaba confusión a la hora de ser evaluado por que no tenía claridad de las asignaciones programadas para la semana.

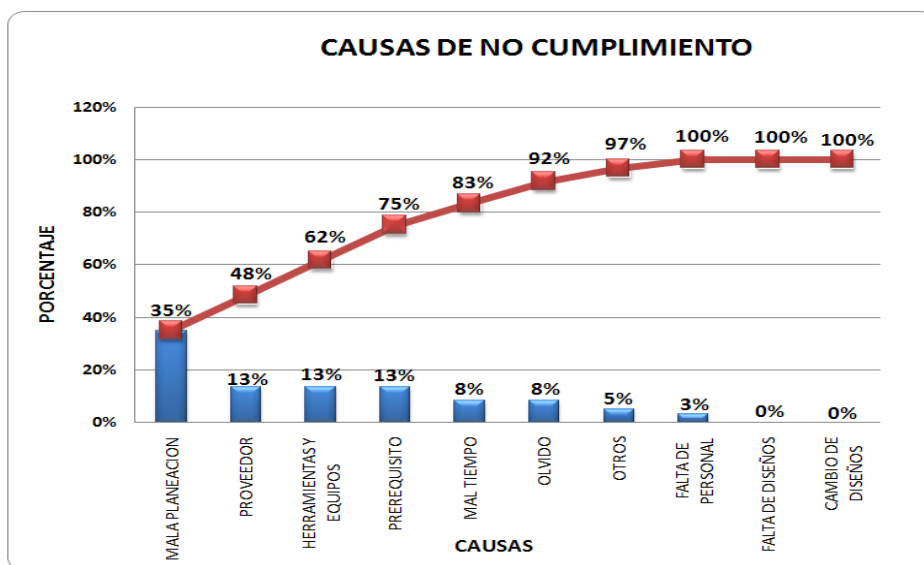
El incumplimiento por parte de los proveedores se generó debido a la ausencia de un almacenista de tiempo completo en obra que realizara una gestión oportuna de los materiales y equipos que se requerían en obra.

4.4. INDICADORES CONTENIDO DE TRABAJO Y CAUSAS DE PÉRDIDA.

La metodología implementada para el análisis diagnóstico del contenido de trabajo para las actividades de estructura corresponde a la denominada técnica de “ronda

global”, que consiste en realizar observaciones desde un punto fijo a una hora específica y registrar el trabajo que cada trabajador está realizando en ese instante. Para facilitar el análisis se utilizaron fotografías que eran analizadas y consolidadas una vez terminada la jornada laboral.

Figura 12: Pareto causas de no cumplimiento del PAC - noviembre



El número de observaciones definidas para desarrollar esta medición corresponde a las definidas en la Tabla 4. Tamaño de la muestra requerido para niveles de confianza del 95% y 90%. Se consideró un nivel de confianza del 90% y un límite de error de 5 % para representar la distribución del trabajo en una proporción de trabajo productivo y no productivo de 50:50. De acuerdo a la tabla 4 se necesitaron 384 muestras.

Previo al desarrollo del muestreo de trabajo se requería identificar las actividades que conformaban el sistema constructivo “Steel Deck”. Mediante entrevistas realizadas al contratista de estructura y su contra maestro en obra, se puntualizaron las actividades principales que fueron incluidas en el muestreo.

Para el proceso de la entrevista se diseño y utilizó el formato de “Identificación de procesos y recursos” donde se registró información relevante del proceso. En la tabla 7 se describe la herramienta utilizada. Definidos los procesos del sistema constructivo se procedió a la toma de datos en campo por periodo de un mes. El registro de la identificación de los procesos y recursos de las actividades de estructura se pueden analizar a profundidad en el Anexo A.

Tabla 7 : Formato Identificación de procesos y recursos

ANALISTA		PROYECTO	DIRECTOR DE OBRA	ENTREVISTADO	CONTRATISTA	FECHA
PRODUCTO	CÓD	RECURSOS				OBSERVACIONES
		PROCESO	MATERIALES	EQUIPOS	HERRAMIENTAS	

Los resultados obtenidos del muestreo de trabajo con respecto al contenido del trabajo y los procesos se presentan en la figura 13.

Las causas de los tiempos contributivos de acuerdo al análisis realizado con el diagrama de Pareto, claramente apunta a que las mediciones, los transportes, la preparación y el desencofrado constituyen el mayor porcentaje del contenido de trabajo en los procesos. En la figura 14, se describen las causas de estos tiempos empleados por el trabajador, y el alto porcentaje correspondiente a las mediciones tienen su origen en las mismas características del sistema constructivo, que requiere del uso de formaleta y madera para realizar una modulación adecuada de los elementos.

Los transportes corresponden al realizado horizontalmente por el trabajador, para acercar el material al área de trabajo y los tiempos dedicados a la preparación son originados por la necesidad de iniciar o continuar con las actividades asignadas.

Las causas de los tiempos no contributivos tienen su origen en los transportes y esperas por parte del trabajador. Las razones por las cuales los transportes no contributivos se están manifestando se deben en su mayoría a la mala ubicación o distribución de los recursos en el patio de materiales. En el diagrama Pareto expuesto en la figura 15 se presentan las causas de los tiempos no contributivos.

Figura 13: Diagnóstico contenido de trabajo para procesos estructurales

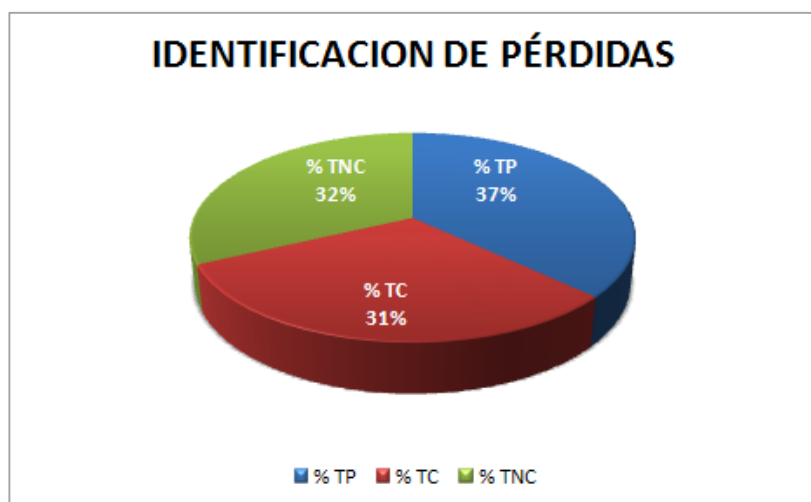


Figura 14 : Causa de los tiempos contributivos.

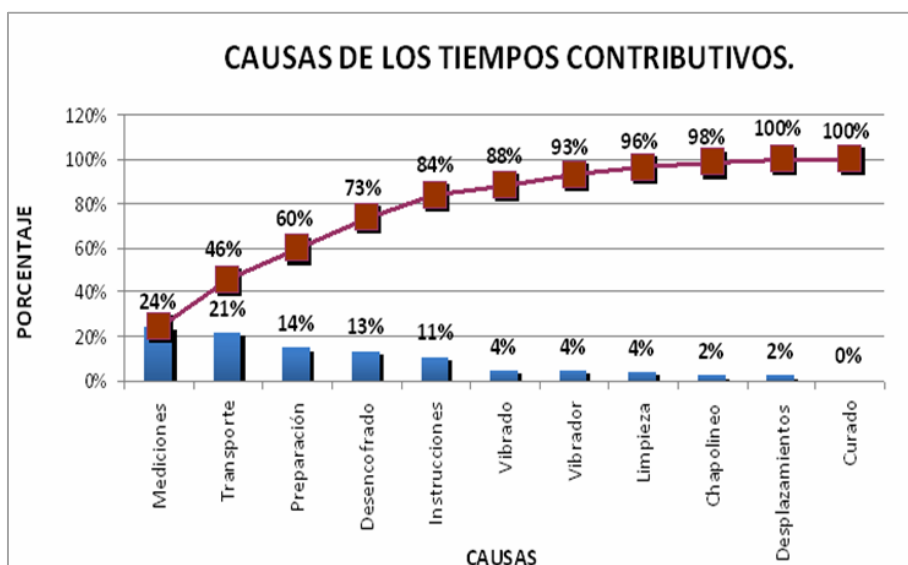
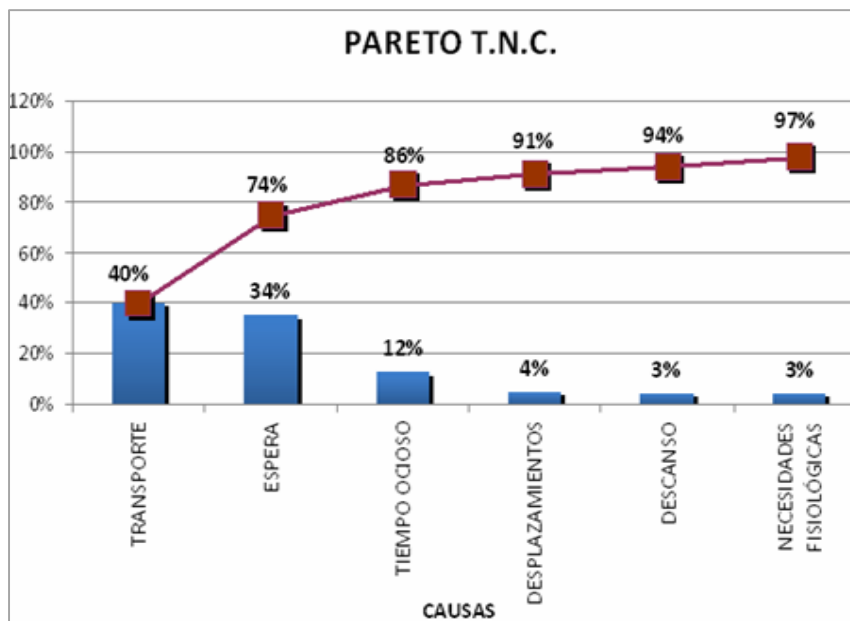


Figura 15 : Causa de los tiempos no contributivos.



4.5. CULTURA 5S

Gran cantidad de pérdidas presentes en las actividades de construcción como lo son los transportes, reprocesos, esperas sean estas provocadas por materiales, equipos, instrucciones o esperar a que otra cuadrilla termine su actividad, detenciones por avería en los equipos y maquinas, inventarios, desplazamientos, tiempo ociosos e inclusive los escombros y residuos de construcción impiden tener actividades con un flujo continuo.

Por tal razón, se desarrolló un análisis diagnóstico en busca de medir la cultura existente en obra con respecto al orden y aseo. El conocer los puntos críticos del proyecto será un punto de partida para diseñar un plan de acción en pro de realizar mejoras que aumente la productividad en las actividades constructivas.

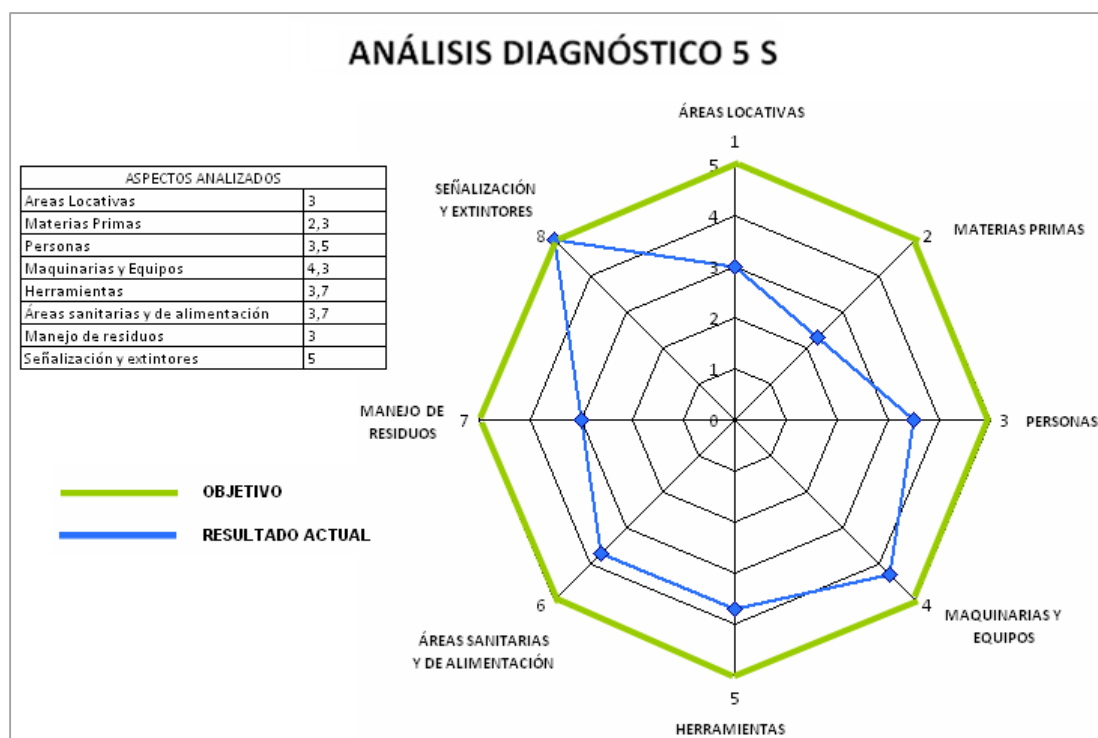
Marval S.A. posee un programa de 5S que se ha desarrollado en oficinas de manera satisfactoria, pero en obra solo se habían realizado actividades en el área administrativa. Lo anterior permitió contar con herramientas como las listas de

chequeo existentes en el sistema de gestión de calidad de la empresa y que fueron diseñadas para ser implementadas en las obras.

Las listas de chequeo proporcionaron directrices claras para realizar el proceso diagnóstico. Los ítems evaluados encerraron las áreas locativas, materias primas, personas, maquinaria & equipo, herramientas, áreas sanitarias, manejo de residuos, señalización y extintores. Los resultados obtenidos se presentan en el gráfico radar (Figura 16).

Los resultados obtenidos generan una calificación promedio de 3 en una escala de calificación 1 a 5. Los puntos críticos del proyecto son el manejo de residuos y la disposición de materias primas, el último aspecto no difiere y confirma los resultados obtenidos de las causas de los tiempos no contributivos, donde los transportes no contributivos son atribuibles a la mala ubicación o localización de los recursos. La evaluación diagnóstica se halla en el Anexo B de este documento.

Figura 16 : Diagnóstico de la cultura 5S en obra



4.6. COMUNICACIÓN DE RESULTADOS A LA GERENCIA.

El proceso de comunicación a la Gerencia se empieza por socializar los resultados del diagnóstico ante el Director del proyecto Natura para generar compromiso con respecto a los planes de acción propuestos, en aras de aumentar la productividad del proyecto y garantizando el flujo continuo de los procesos que le permitan a la obra cumplir con la fecha de entrega pactada con el cliente. La comunicación de los resultados se realiza de manera periódica mes a mes, registrando los indicadores de productividad del proyecto, información del sistema de planificación y control, medición de pérdidas, causas de la baja productividad y planes de acción, en el formato "Informe Lean Construction".

En el Anexo C se podrá consultar el informe diagnóstico del proyecto Natura presentado a la gerencia.

5. IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE PLANIFICACIÓN

5.1. CAPACITACION METODOLOGÍA “LAST PLANNER”

Uno de los factores críticos en la implementación de la planificación “Last Planner” y “Look Ahead” es la capacitación, la cual proporciona los conocimientos necesarios que permiten que el personal administrativo y contratista de cualquier proyecto desarrollen la metodología correctamente.

Se debe dar a conocer los parámetros, criterios, beneficios y compromisos de cada uno de ellos; los conceptos claros y dudas resueltas son fundamentales para lograr un exitoso proceso de implementación.

Un prototipo de capacitación es expuesta en la guía para la gestión del cambio en la implementación “Lean Construction”, disponible en el Anexo D. En ella se podrá encontrar la información requerida para realizar una capacitación adecuada iniciando con la exposición del origen, los objetivos, técnicas, beneficios y el plan de implementación Lean en el proyecto, seguido de recomendaciones y consideraciones para lograr un manejo adecuado de la resistencia al cambio en el grupo.

5.2. REUNION “LAST PLANNER”

Las reuniones “Last Planner” se desarrollan semanalmente y hacen parte fundamental para la implementación del sistema “Lean Construction”. Se estableció un día y una hora fija la cual se debe respetar como una forma de trabajo permanente. En la tabla 8 se presentan las características de la planificación y la metodología a seguir para el desarrollo de las reuniones.

El punto de partida para una adecuada planificación está en que las actividades asignadas cumplan con los criterios descritos a continuación:

- Definición. Las asignaciones son suficientemente específicas para ser planeadas.
- Sentido. Las asignaciones pueden ser ejecutadas. Se entienden, se cuenta con los materiales, equipos, mano de obra, los prerrequisitos, etc.
- Secuencia. Poseer la secuencia correcta de trabajo, es decir, la secuencia que mejor permita concretar los objetivos del proyecto.
- Tamaño. Poseer la correcta cantidad de trabajo, es decir, la cantidad que pueda ser realizada, dada la capacidad de la empresa.
- Aprendizaje. Las asignaciones no completadas se han analizado y se ha tomado acción sobre las causas.

Tabla 8 : Características y metodología reuniones “Last Planner”.

SISTEMA DE PLANIFICACIÓN LAST PLANNER
RANGO DE PLANIFICACIÓN: CORTO PLAZO (1 SEMANA)
RESPONSABLE: DIRECTOR / RESIDENTE DE OBRA
PARTICIPANTES: AUXILIARES, ALMACENISTA, CONTRATISTA Y/O MAESTROS
HERRAMIENTAS: <i>WORK FLOW</i> , PLANIFICACIÓN <i>LOOK AHEAD</i> , R ING 129 PLANEACIÓN SEMANAL LAST PLANNER, PAC ACUMULADO, ANÁLISIS DE CAUSAS, MEJORA CONTINUA, CRITERIOS DE EVALUACIÓN A CONTRATISTAS, LISTAS DE VERIFICACIÓN Y CARTELERIA DE CALIFICACIÓN.
METODOLOGÍA
1. COORDINAR REUNIONES Y REALIZAR SEGUIMIENTO A LA PLANEACIÓN <i>LAST PLANNER</i> (SESIONES DE MAX. 1 HORA)
2. ASIGNACIÓN Y NEGOCIACIÓN DE ACTIVIDADES SEMANALES
3. EVALUAR LAS CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO DE LAS ACTIVIDADES PROGRAMADAS Y ESTABLECER PLANES DE MEJORAMIENTO.
4. INFORMAR A LOS CONTRATISTAS DEL ESTADO DE LIBERACIÓN DE RESTRICCIONES BAJO SU RESPONSABILIDAD
5. EVALUAR Y PUBLICAR EL DESEMPEÑO DE LOS CONTRATISTAS
6. IDENTIFICAR OPORTUNIDADES DE MEJORA EN LOS PROCESOS DESEMPEÑADOS A DIARIO (MEJORA CONTINUA)

El formato R ING 129 Planificación semanal es la herramienta en la cual se registran los compromisos asignados a cada contratista definida para MARVAL S.A. En el encabezado se define el periodo semanal que se está planificando, la semana del mes en curso y las personas que la elaboraron. Debido a las

Durante la reunión “Last Planner” a efectuarse la semana siguiente a la planificación, se evaluará el cumplimiento alcanzado del contratista con respecto al porcentaje comprometido. Las actividades se consideran cumplidas si el porcentaje alcanzado es igual o superior al comprometido, de no ser así, la actividad debe ser sometida al análisis de causas de no cumplimiento.



Las causas de no cumplimiento pueden dividirse en imputables al contratistas o externas al contratista. Si la causa es imputable al contratista la calificación de la asignación será “0”, por el contrario, si la causa es externa al contratista la actividad no se tendrá en cuenta para ser calificada en esa semana y debe hacer parte del grupo de asignaciones planificadas para la semana siguiente.




Una vez calificadas todas las asignaciones del contratista se podrán observar 2 indicadores al finalizar el registro, uno corresponde al PAC del proyecto y otro corresponde a la calificación del contratista. A pesar que las asignaciones no cumplidas por causas externas al contratista no sean tenidas en cuenta para su calificación, la obra si se ve afectada por el incumplimiento de estas asignaciones en el período.

La figura 18 contiene el consolidado de la evaluación a contratistas realizado semanalmente de acuerdo a criterios establecidos para todos los proyecto de MARVAL S.A. En el Anexo D se podrán consultar los criterios mencionados.

Finalizado el mes se obtiene un consolidado de las causas de no cumplimiento de asignaciones. El gráfico de Pareto es la herramienta utilizada para realizar planes de mejoramiento enfocados en las principales causas de no cumplimiento (Figura 19). Posterior al primer análisis mensual una vez iniciado el proceso de planificación se realiza seguimiento semanal de las causas de no cumplimiento y de esta manera se puede observar que tanto ha evolucionado los planes establecidos.

Figura 18 : R ING 129 – Calificación semanal de contratistas y administración

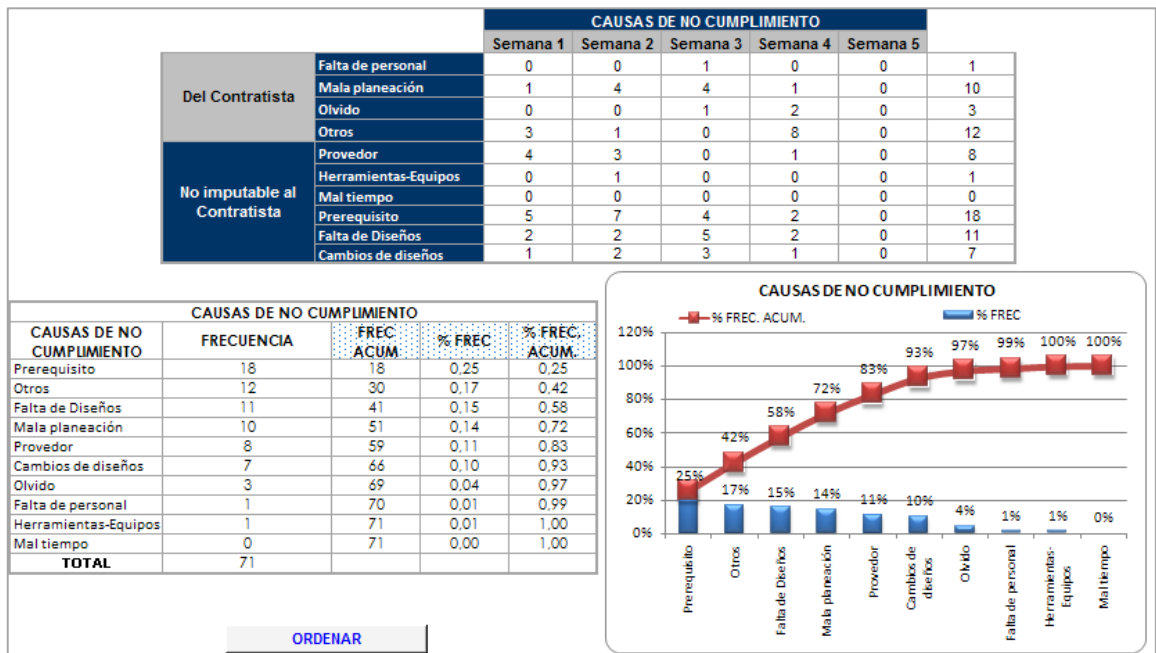
		CALIFICACION SEMANAL DE CONTRATISTAS Y ADMINISTRACION									
PERIODO A EVALUAR (SEMANA):										1	
CONTRATISTAS	CUMPLIMIENTO	ORDEN Y ASEO	CALIDAD			SEGURIDAD INDUSTRIAL			ATENCIÓN DE SOLICITUDES	CALIFICACIÓN SEMANAL	
	40%	10%	20%			15%			15%		
	Cumplimiento	Orden y Aseo	Producto	Flexómetros	TOTAL	Índice Gravedad	Pago puntual SS	Uso de EPP's	TOTAL		Atención de Solicitudes
	100%	100%	90%	10%	100%	60%	20%	20%	100%	100%	
PEDRO DELGADO	10	10	5	0	5	10	10	10	10	10	8,90
OTECO	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10,00
GERMAN GONZALEZ	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10,00
SAMUEL BARRERA	10	5	5	0	5	10	5	10	9	10	8,25
ERNESTO MURILLO	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10,00
AMV	10	5	10	0	9	10	10	10	10	10	9,30
PROSPERO ARIAS	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10,00
LUIS BOHORQUEZ	10	10	10	0	9	10	10	10	10	10	9,80
VENTANAR	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10,00
ALFA	10	10	10	0	9	10	10	10	10	10	9,80
PROYECTOS Y SERVICIOS	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10,00
LUIS JESUS MARIN	10	10	10	0	9	10	10	10	10	10	9,80
ADMINISTRACION	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10,00
COMPRAS	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10,00
CONTRATOS	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	6,00

EXCELENTE 8-10 puntos		REGULAR 6-8 puntos		MALA 0-6 puntos	
---------------------------------	---	------------------------------	---	---------------------------	---

RANKING SEMANAL DE CONTRATISTAS	
CONTRATISTAS	CALIFICACIÓN SEMANAL
1 VENTANAR	10,00
2 PROYECTOS Y SERVICIOS	10,00
3 PROSPERO ARIAS	10,00
4 OTECO	10,00
5 GERMAN GONZALEZ	10,00
6 ERNESTO MURILLO	10,00
7 ADMINISTRACION	10,00
8 LUIS JESUS MARIN	9,80
9 LUIS BOHORQUEZ	9,80
10 ALFA	9,80
11 AMV	9,30
12 PEDRO DELGADO	8,90
13 SAMUEL BARRERA	8,25
14 CONTRATOS	6,00
15 COMPRAS	6,00

 **ORDENAR**

Figura 19 : R ING 129 – Análisis de las causas de no cumplimiento.



5.3. REUNION DE PLANIFICACIÓN “LOOK AHEAD”.

Como parte del sistema de planificación se programa la primera reunión “Look Ahead” el 25 de Noviembre de 2009, en la cual participaron la Dirección de ingeniería, Dirección de compras, Jefe de equipos, Dirección de gestión de calidad, Director del proyecto Natura Ecoparque y como moderador la Ingeniera Lean Construction. La metodología desarrollada se presenta en la tabla 9.

El formato R ING 130 – Planificación intermedia “Look Ahead” es la herramienta utilizada por el Director y/o residente de obra para registrar la planificación intermedia. En el encabezado se ingresa la fecha de inicio y término para la cual se está planificando además del nombre de quien elabora la planificación.

La planificación se desarrolla enlistando las actividades que en ese periodo de tiempo deben realizarse de acuerdo a lo señalado por el “Work Flow” del proyecto.

Tabla 9 : Características y metodología reuniones “Look Ahead”.

SISTEMA DE PLANIFICACIÓN LOOK AHEAD
RANGO DE PLANIFICACIÓN: MEDIANO PLAZO (6 SEMANAS)
RESPONSABLE: DIRECTOR / RESIDENTE DE OBRA
PARTICIPANTES: DIRECCIÓN DE INGENIERIA, DIRECCIÓN DE COMPRAS, JEFE DE EQUIPOS, CONTRATACIÓN, DIRECCIÓN DE OBRA, ING LEAN CONSTRUCTION.
HERRAMIENTAS: <i>WORK FLOW</i> , R ING 130 PLANIFICACIÓN INTERMEDIA <i>LOOK AHEAD</i> DEL NUEVO PERIODO, SEGUIMIENTO A COMPROMISOS ADQUIRIDOS EN EL PERIODO ANTERIOR, R GER – 055 ACTA DE REUNIÓN.
METODOLOGÍA
1. INVITAR A REUNIÓN LOS PARTICIPANTES QUE PUEDAN ESTABLECER COMPROMISOS Y REALIZAR GESTIÓN PARA LIBERAR LAS RESTRICCIONES IDENTIFICADAS POR EL PROYECTO. SOLICITAR CONFIRMACIÓN DE LOS PARTICIPANTES.
2. REALIZACIÓN DE LA PLANIFICACIÓN INTERMEDIA POR PARTE DEL DIRECTOR DE OBRA
3. REALIZACIÓN DE LA REUNIÓN DE PLANIFICACIÓN, ENTREGA DE LA PLANIFICACIÓN A CADA PARTICIPANTE
4. REVISIÓN DE LOS COMPROMISOS ADQUIRIDOS DEL PERIODO ANTERIOR Y COMUNICAR LA CALIFICACIÓN OBTENIDA A CADA PARTICIPANTE
5. PRESENTACIÓN DE LAS RESTRICCIONES DEL PROYECTO POR PARTE DEL DIRECTOR DE OBRA
6. ESTABLECER COMPROMISOS CON FECHA, RESPONSABLE Y ACCIONES A DESARROLLAR EN EL ACTA DE REUNIÓN, RETROALIMENTAR PARA CONFIRMAR Y ENVIAR POR CORREO EL FORMATO DE SEGUIMIENTO.

Posteriormente se define la duración de cada una de las actividades para luego dar paso al desarrollo del análisis de restricciones. Las restricciones que se analizan son las concernientes a materiales, herramientas, equipos, diseños, contratos y seguridad (Figura 20). Cada actividad debe tener una breve descripción de la restricción a la cual se encuentra sometida y la fecha de seguimiento la cual debe ser atada al compromiso que se acuerde en la reunión de planificación. En el Anexo D se podrán consultar las planificaciones intermedias realizadas.

Los compromisos adquiridos por cada uno de los participantes deben ser registrados en el R ING 129 Planificación semanal “Last Planner” en la semana que contenga el plazo establecido para cumplir. Este consolidado mensual será enviado a la gerencia con la finalidad de establecer ajustes en los procesos evaluados.

Figura 20 : R ING 130 – Planificación Intermedia “Look Ahead”

PLANIFICACION INTERMEDIA (LOOK AHEAD)					NATURA ECOPARQUE EMPRESARIAL										MARVAL			
Elaborado por: Ing. Marta Ramirez					Fecha Inicio: 25-11-09		DESCRIPCION Y SEGUIMIENTO DE LOS REQUISITOS PARA EL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD										www.marval.com.co	
					Fecha Termina: 09-01-10													
ACTIVIDADES					DURACION		MATERIALES		HERRAMIENTAS		EQUIPOS		DISEÑOS		SEGURIDAD		OBSERVACIONES	
Et.	Descripcion de la Actividad	Unid.	Inicio	Fia	Tota	Descripcion	Seg	Descripcion	Seg	Descripcion	Seg	Descripcion	Seg	Descripcion	Seg			
ESTRUCTURA	TORRE 1					Concreto	Disponible	Biscluz de madera ny metálicos										Se han presentados inconvenientes con CEMEX y CORPACERO
	Placa Sótano - Zona ejes DG-35	m2	23-11-09	28-11-09	5	Hierro	En obra	Formaplac	nov-18									
						Formaleta	En obra	Discos corte lamina										
						Corpaloza	En obra	Discos corte hierro										
						Concreto	Disponible	Biscluz de madera ny metálicos										
						Hierro	En obra	Formaplac	nov-23									
	Placa 1er piso Zona ejes AF - 1 y 3'	m2	25-11-09	05-12-09	10	Formaleta	En obra	Discos corte lamina										
					Corpaloza	En obra	Discos corte hierro											
					Concreto	Disponible	Biscluz de madera	nov-25	Grú	27-nov	Arquitectónico							
	Columnas 1er piso Zona ejes AF 1 y 3'	m3	27-11-09	07-12-09	10	Hierro	En obra	Biscluz Metálicos					25-nov					
					Formaleta	En obra	Biscluz de madera											
					Concreto	Disponible	Biscluz de madera	nov-28	Grú	01-dic	Estructural							
	Columnas Sótano 1 - Zona 1 EG-4	m3	01-12-09	07-12-09	6	Hierro	En obra	Biscluz Metálicos					28-nov					
					Formaleta	En obra	Biscluz de madera ny metálicos							Estructural				
					Concreto	Disponible	Biscluz de madera ny metálicos											
	Placa 1er piso Zona ejes F-J y 1-3'	m2	07-12-09	16-12-09	9	Hierro	En obra	Formaplac	dic-02									
					Formaleta	En obra	Discos corte lamina											
					Corpaloza	En obra	Discos corte hierro											

5.4. AVANCE DE LA PLANIFICACIÓN

El proceso de implementación del sistema de planificación Last Planner y su evolución se representan en la figura 21. Semana a semana se lleva un registro del PAC del proyecto el cual es consolidado mensualmente para determinar las causas de no cumplimiento y determinar acciones de mejora. El registro numérico del PAC semanal del proyecto Natura Ecoparque se podrá encontrar en el Anexo D.

La gráfica muestra que las primeras semanas en las que se lleva a cabo el proceso de implementación del sistema de planificación, el PAC presenta un aumento progresivo, que evidencia la aceptación y acoplamiento de los participantes al sistema. Los puntos mínimos observados en la gráfica del PAC semanal fueron sometidos al análisis causal terminada la reunión de planificación semana a semana.

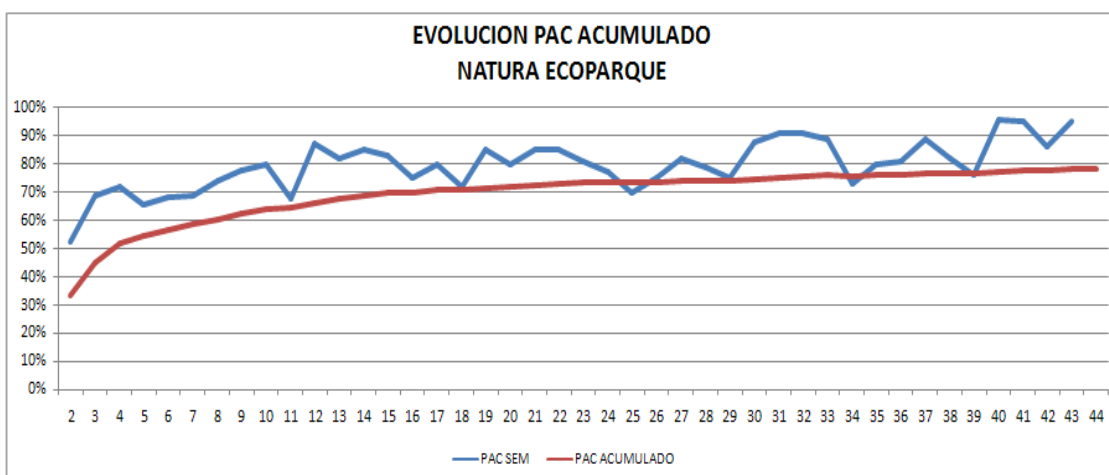
El análisis de causas de no cumplimiento de asignaciones acumulado para las 44 semanas expuestas se enseña en el gráfico de Pareto de la figura 22.

Del gráfico se puede concluir que las mayores causas de no cumplimiento recaen sobre los pre requisitos, olvido y la mala planeación por parte del contratista.

Las causas de no cumplimiento pueden dividirse en causas controlables y no controlables. En la figura 23 se muestra la evolución acumulada de las causas controlables de no cumplimiento. En este grupo se encuentran herramientas y equipos, falta de personal, prerequisite, mala planeación, olvido y otros.

Las causas no controlables incluyen proveedor, falta de diseños, cambio de diseño y mal tiempo.

Figura 21 : Evolución PAC de Natura Ecoparque



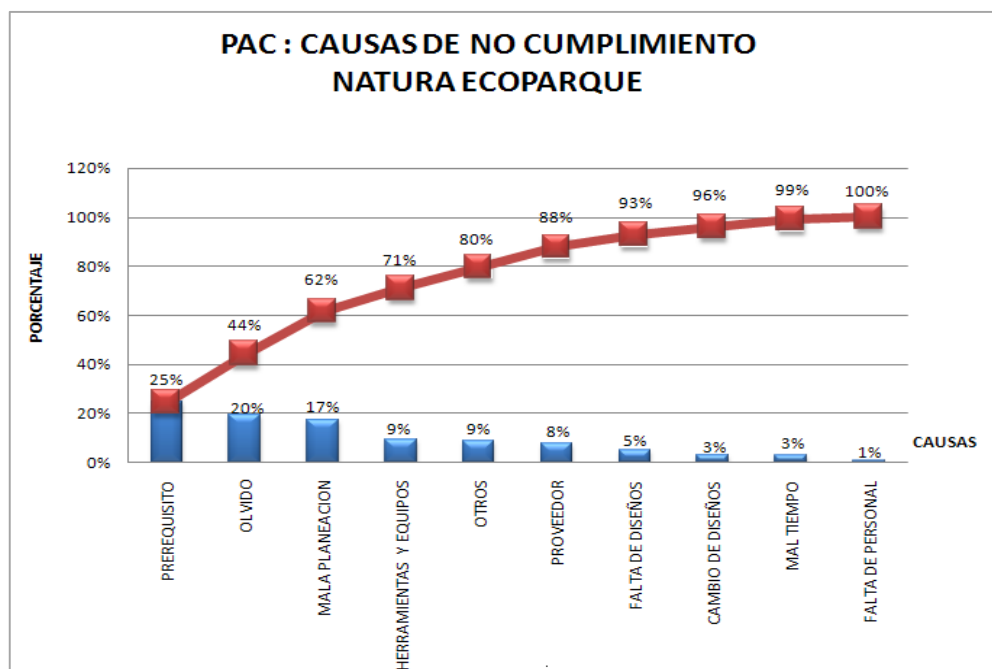
Otros eventos se identificaron como fuentes que afectan al PAC, y estos son reconocidos como “pago de veintena” y “el ingreso de un nuevo contratista”. Debido a la cultura de los trabajadores los fines de semana en que se realizan pagos, cerca del 8% del personal no se presenta a trabajar los 2 primeros días de la semana siguiente al pago. Lo anterior afecta la tasa de producción con la cual fue diseñada las asignaciones del contratista.

El ingreso de un nuevo contratista genera que el PAC del proyecto presente caídas durante las primeras semanas, ya que estos contratistas deben adaptarse a las políticas de la planificación y la metodología de calificación semanal no resulta agradable a aquellos que no están acostumbrados a este tipo de evaluación.

Al analizar la gráfica de Pareto de la figura 22 y la evolución acumulada de la figura 23 se evidencia que las mayores causas de no cumplimiento son todas controlables por la administración del proyecto.

Como puede apreciarse en la figura 23, la mala planificación fue la causa de no cumplimiento de mayor incidencia en el PAC del proyecto en los primeros 4 meses.

Figura 22 : Causas de no cumplimiento del PAC



El plan de acción que permitió llevar esta causa de un 22% de incidencia con un PAC de 14% a un 7% de incidencia con un PAC de 52%, consistió en la capacitación del personal contratista en planificación de corto plazo y análisis de restricciones. (Ver Anexo D: PAC semanal del proyecto Natura Ecoparque y Anexo N: R CAL 024 Acciones de mejora, planificación de contratistas).

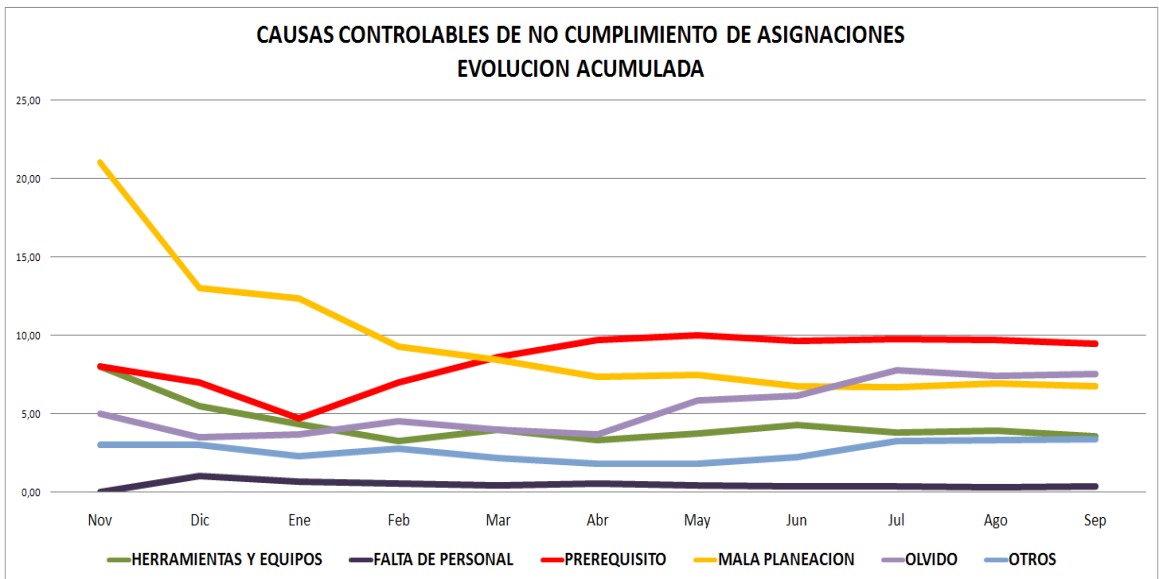
Después del cuarto mes la causa prerrequisito se convirtió en la constante de no cumplimiento del proyecto. Inicialmente el proyecto contaba con pocos contratistas

cuyas actividades giraban en torno al proceso de estructura, por lo tanto la comunicación y coordinación se logró afianzar entre ellos.

Sin embargo, a medida que nuevos contratista fueron sumándose al proyecto, los prerrequisitos fueron más complejos de controlar debido a la característica especial del proyecto, ya que cada una de las oficinas está diseñada a la medida y de acuerdo a las necesidades y requerimientos del cliente.

A pesar del carácter especial del proyecto el PAC pudo llevarse de un 14% en su etapa inicial a un 92% después de 44 semanas de implementación, registrando un PAC máximo del 96% en la semana 40. Por consiguiente, la disminución de la variabilidad implicó un aumento de la confiabilidad de la planificación y por ende un aumento de la productividad.

Figura 23 : Causas controlables de no cumplimiento de asignaciones

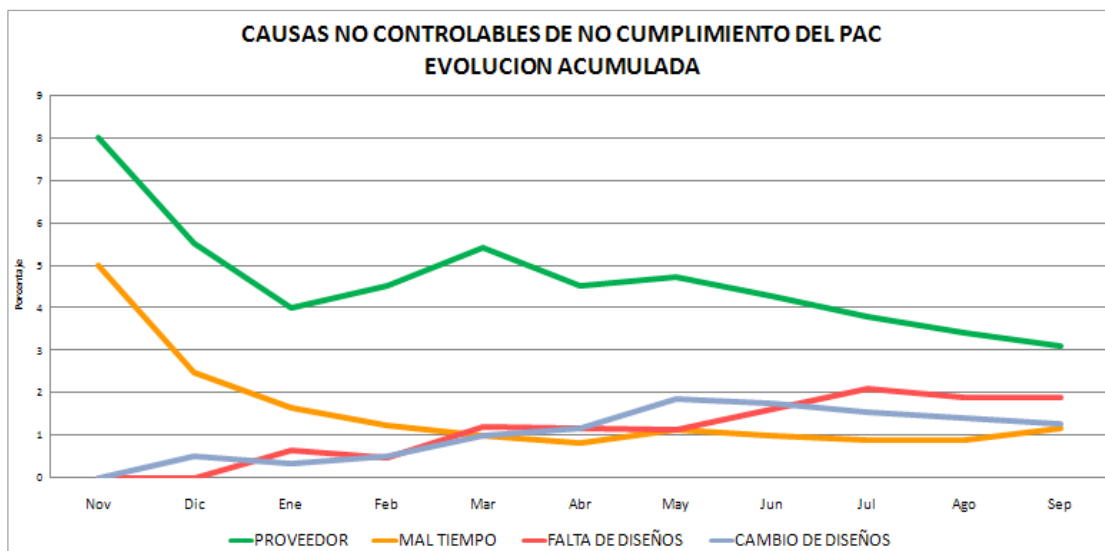


Con los planes de mejoramiento se tiene como objetivo que las causas de no cumplimiento controlables tiendan al mínimo (reducción al mínimo de la variabilidad), y cuando esto ocurra, las causas de no cumplimiento apuntaran a los

factores externos a la empresa. Por lo tanto, el poco control sobre las restricciones de los agentes externos generara una alta variabilidad del PAC.

El comportamiento de las causas no controlables en las 44 semanas de implementación del sistema se presenta en la figura 24.

Figura 24 : Causas no controlables de no cumplimiento de asignaciones



6. GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN.

6.1. ANÁLISIS DE MÉTODOS Y LUGAR DE TRABAJO.

Profundizar en cada una de los procesos identificados en el sistema constructivo *Steel Deck* es el primer paso para el mejoramiento. Se conoce del análisis diagnóstico presentado en el capítulo 4, los procesos de cada uno de los productos, sus recursos y las secuencias constructivas. Sin embargo, se requiere mayor información para identificar las causas raíz de los bajos tiempos productivos reconocidos en el diagnóstico, por lo tanto se recurre a herramientas de análisis de métodos y lugares de trabajo.

En la Tabla 10 se presenta la guía utilizada para el análisis del trabajo y lugares de trabajo, cuyo propósito es establecer parámetros para el levantamiento de información en campo de cada uno de los procesos, en pro de obtener la eliminación, combinación, reordenamiento o simplificación de las actividades que no agregan valor.

Los parámetros se dividen en 3 factores: de la tarea, del entorno y de la administración. En el primer grupo se incluyen el propósito del proceso, la secuencia, los medios, los controles operacionales, recursos y su distribución en el lugar de trabajo, las personas que intervienen, tecnología utilizada y su mantenimiento. El segundo factor agrupa iluminación, nivel de ruido, tensión por calor y vibraciones. En el tercer factor se agrupan los incentivos al salario, rotación del trabajo y posibilidades de capacitación o especialización.

6.1.1 Diagrama de operaciones.

Todo sistema estructural tradicional está compuesto por dos productos primordiales denominados columna y placa, por tal motivo los diagramas de tipo

general para el sistema construcción *Steel Deck* están documentados para cada producto estructural. Sin embargo, debido a la complejidad de la etapa constructiva se ha registrado un diagrama detallado para cada proceso correspondiente al producto placa, los cuales se han registrado en las guías de análisis de trabajo (Anexo E).

Tabla 10 : Formato guía para el análisis del trabajo/lugar de trabajo.

GUIA DE ANÁLISIS DE TRABAJO / LUGAR DE TRABAJO		
Analista:	Etapa constructiva: <i>Estructura Steel Deck</i>	Fecha:
Producto:	Registro N°:	Página: /
FACTORES DE LA TAREA		
Nombre del proceso		
DIAGRAMA DEL PROCESO ¿Cómo fluyen las entradas/salidas?		
¿Qué ocurre en este proceso?		
¿Por qué es necesaria la actividad?		
¿Cuántos trabajadores intervienen en el proceso?		
¿Qué materias primas se usan? ¿Por qué esas y no otras?		
¿Dónde están ubicadas las materias primas? ¿Por qué están allí? ¿Le queda muy lejos? ¿Dónde debería estar?		
LAYOUT DE PLACA Y DIAGRAMA DE RECORRIDO		
¿Qué herramientas usa? ¿Porque esas herramientas? ¿Existen mejores?		
¿Tiene depósito de herramientas? ¿Dónde se guardan? ¿Por qué allí? ¿Podrían guardarse en otro lugar?		
¿Puede usarse para otra operación? ¿Cuál?		
Responsable de las herramientas		
¿Qué controles operaciones se aplican? ¿Cómo se aplica la calidad en el proceso?		
¿Qué tipos de movimientos se necesitan? ¿Existen movimientos incómodos? ¿Frecuencia?		
¿Cuál es la postura del operario? ¿Se fatiga el operario?		
¿Cuánto peso levanta debido a su actividad?		
¿Se utiliza maquinaria? ¿Cómo se llama? ¿Qué hace?		
¿Sirve para otra operación? ¿Qué tipo de seguridad requiere?		
Tecnología usada ¿Cada cuanto recibe mantenimiento?		
¿Toma decisiones? ¿Carga mental?		
¿Qué EPP's se utilizan ?		
FACTORES DEL ENTORNO		
¿Es aceptable la iluminación? ¿Existe reflejos? ¿Es aceptable el nivel de ruido? ¿Existe tensión por calor? ¿Hay vibraciones?		
FACTORES ADMINISTRATIVOS		
¿Existen incentivos al salario?	¿Existe rotación del trabajo?	¿Se proporciona capacitación o especialización?
OBSERVACIONES		

6.1.2 Diagrama de recorrido.

En construcción, a diferencia de otras actividades productivas, los productos (columnas y placa) cumplen con las características de una distribución en punto fijo, en la cual el producto permanece estático durante todo el proceso constructivo y las cuadrillas especializadas, las máquinas, los materiales o cualquier otro recurso es llevado hacia el lugar de construcción. Por tal motivo, se evidencia un alto flujo de materiales y personas para el desarrollo de los procesos.

Se han registrado en las guías de análisis de trabajo/lugar de trabajo, el Layout de placa que describe la disposición de los recursos de cada proceso y el diagrama de recorrido que los materiales efectúan para llegar hasta el producto en proceso.

6.2. LAYOUT DE OBRA.

El “Layout” o distribución de planta es un concepto que permite mediante un proceso de integración realizar la disposición de las máquinas, herramientas, cuadrillas de trabajo, áreas de almacenamiento, pasillos y espacios comunes dentro de una instalación constructiva propuesta o ya existente.

La necesidad de realizar transporte horizontal y vertical en la construcción requiere de la utilización de 2 tipos de “Layout” en los proyectos: “Layout” de placa y “Layout” de obra. La finalidad de la distribución en placa consiste en organizar estos elementos de manera que se asegure la fluidez del trabajo, materiales, personas e información a través del sistema constructivo. Esto es tener los materiales más cerca de los centros de trabajo, distancias sin barreras y un “Layout” flexible en su actualización y manejo.

En el “Layout” de obra se definen las zonas de ingreso, zonas de descargue, rangos de acción de las torres grúas y lugares de almacenamiento para los

diferentes materiales del proyecto. Lo anterior tiene como finalidad la realización de descargas y transportes de materiales del patio de material a los centros de trabajo en el menor tiempo posible, procurando de igual forma, mantener niveles mínimos de inventario en patio y materiales que cumplan con las especificaciones físicas que requiere el proceso, evitando así mismo pérdidas o despilfarros por un mal manejo de las materias primas.

Del análisis diagnóstico se concluyó que la mayor causa generadora de tiempos no contributivos eran los transportes, los cuales tenían su origen en la mala distribución y disposición de los materiales en la obra. Esto puede apreciarse en la figura 25 en la cual se señala la ubicación de la corpalosa a 50 metros de la etapa en la cual se están desarrollando los procesos, teniendo como consecuencia largos tiempos dedicados al transporte de este material, que por sus características requiere de varios trabajadores para efectuar su traslado.

Como parte de la implementación lean en el proyecto, se define una herramienta visual que permite identificar fácilmente los accesos al proyecto, zonas de descargue y zonas de almacenamiento de los materiales necesarios para el desarrollo de los procesos estructurales. De igual manera se identifican las oficinas del personal administrativo, área de casino, campamentos y baños habilitados para los trabajadores.

De acuerdo a la necesidad existente en el proyecto de lograr una identificación rápida de los materiales, menor distancia para el transporte y menores tiempos para el mismo, se planteó el “Layout” de obra expuesto en la figura 26.

Se utilizan como recursos para el diseño de la herramienta un plano urbanístico del proyecto con la ubicación a escala de la torre grúa asignada al proyecto o etapa y el rango de operación dibujado en la misma. A través de una convención de colores se realiza una disposición de los materiales en el plano. El color

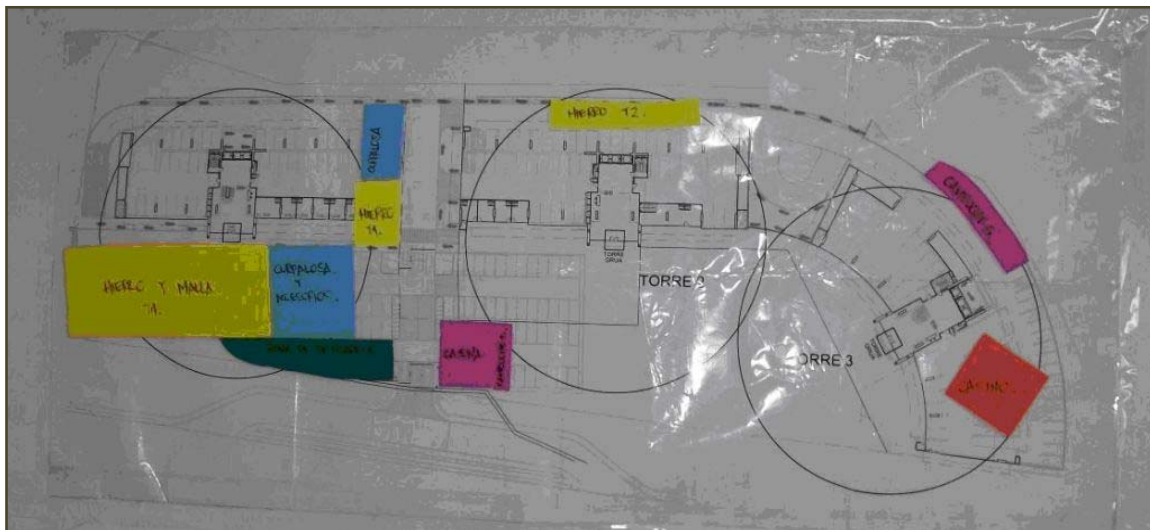
amarillo constituye el hierro, malla y formaleta, el color azul representa a la corpalosa, perlines, riostras y materiales que componen el sistema “Steel Deck”, en color verde se define la zona de descargue de materiales y en colores rosado y naranja se representan los campamentos y casino del proyecto.

Figura 25 : Inadecuada disposición de materiales.



Las zonas de almacenamiento y la cantidad de material a depositar en las mismas, se definen de acuerdo a la resistencia con la que fue diseñada la placa para soportar peso. El peso del material que se almacena por m^2 no puede superar la establecida por el diseñador estructural del proyecto. Conocida la restricción de peso, se diseñan las zonas de almacenamiento de acuerdo a esta restricción y las necesidades de espacios de los materiales. Todas las zonas se disponen bajo el campo de acción de la grúa. En caso contrario, se definen zonas de almacenamiento por fuera de esta área para almacenar materiales con poco peso y fáciles de transportar hasta un lugar donde puedan ser transportados por la grúa.

Figura 26 : Layout inicial del proyecto Natura Ecoparque Empresarial.



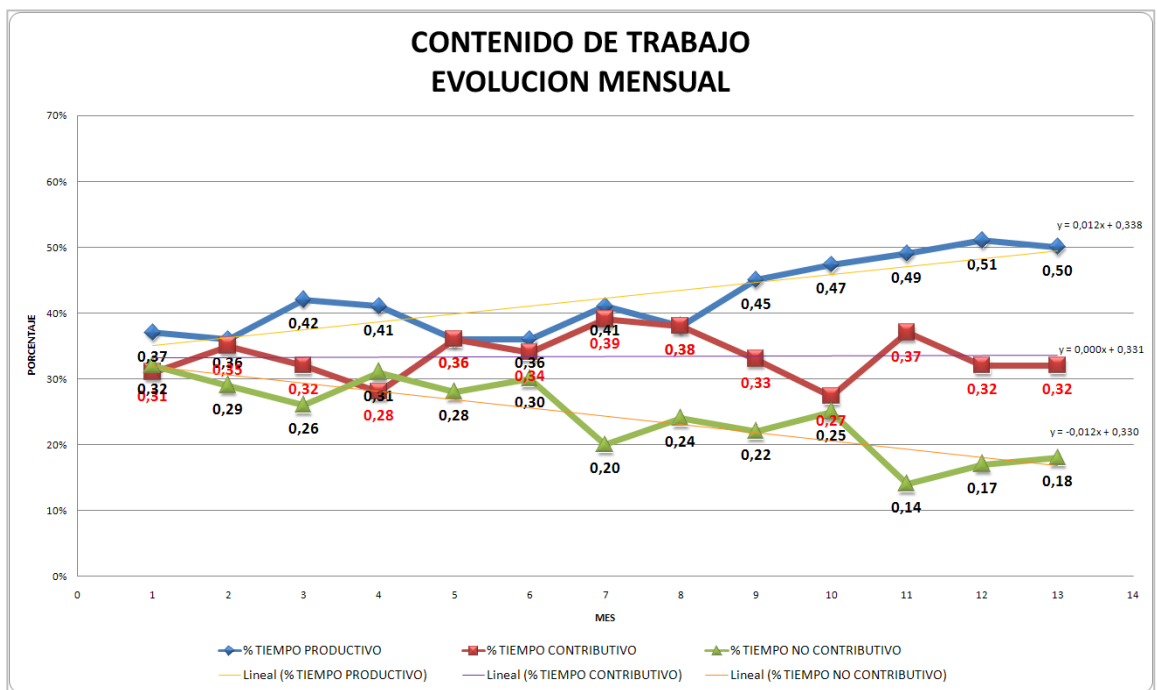
El rango de acción de la torre grúa plasmado en el *Layout* de obra, permite definir el área con la que se dispone para el almacenamiento de los materiales. Al definir la zona de descargue bajo el campo de acción de la grúa, los descargues de materiales se efectúan rápidamente y utilizando las zonas de almacenamiento definidas en el *Layout*. Una vez los materiales se encuentren en el lugar asignado, las cuadrillas de trabajo solo deberán utilizar la grúa para realizar el transporte de los materiales hasta la placa. La metodología para definición del *Layout* de obra se registra en el anexo F.

6.3. ANÁLISIS DE PÉRDIDAS.

La identificación de pérdidas, por medio de sencillas técnicas se ha utilizado como medida indirecta de la productividad, pues se asume que al identificar las categorías y causas de las pérdidas en la construcción y reducirlas, se incrementa la productividad (Alarcón, 1993). La metodología para la identificación de pérdidas y análisis de causas se puede consultar en el anexo G.

Para las actividades de estructura se realizaron mediciones de pérdidas por un periodo de 13 meses, los resultados obtenidos y la evolución mensual del contenido de trabajo para estas actividad se grafican en la figura 27. El primer mes corresponde a los resultados presentados en el informe diagnóstico de Noviembre de 2009, en el cual se revela un tiempo productivo igual al 37%, con tiempos contributivos y no contributivos del 32% en ambos indicadores.

Figura 27 : Evolución mensual del contenido de trabajo para actividades de estructura.



Un año después de la implementación se logra un aumento de los tiempos productivos hasta alcanzar el nivel mínimo de 50%, metas definidas por MARVAL S.A. y que se detallan en la tabla 11. Por otra parte los tiempos contributivos se mantuvieron y los tiempos no contributivos presentaron una disminución del 32% al 18%.

Las actividades estructurales sobresalientes en sus tiempos productivos promedio durante el período de mediciones son soldadura de conectores y figurado de

hierro que superan el 60%. Actividades con niveles satisfactorios son aquellas que se encuentran entre el 59% y 55%, actividades por mejorar se encontraran entre el 54% y el 50% y todas aquellas que se encuentren por debajo del 49% requieren de atención urgente. En la figura 28 se exponen los tiempos productivos por actividad y se evidencia que la gran mayoría de las actividades requieren de atención urgente, sin embargo algunas actividades por su naturaleza no son consideradas para este análisis, es el caso de las actividades de desencofrado, limpieza de formaleta y saca corbatas.

Tabla 11 : Indicadores y metas del contenido del trabajo

INDICADOR	METAS		
	Nivel Mínimo	Meta Satisfactoria	Meta Sobresaliente
Tiempo Productivo (%)	50%	55%	60%
Tiempo Contributivo (%)	35%	30%	25%
Tiempo No Contributivo (%)	20%	15%	10%

ESTADOS	Sobresaliente	Satisfactorio	Por mejorar Atención Urgente

En el caso de los tiempos no contributivos, todas aquellas actividades que presenten un nivel por encima del 21% requerirán de una atención inmediata, en la figura 29 se identifica que la actividad con mayor nivel de tiempo no contributivo promedio es la fundida de placa con un porcentaje igual al 39%, seguido se encuentra limpieza de formaleta, armado de viga, instalación de escalera, instalación de corpalosa y ensamble de riostra.

El análisis de Pareto de tiempos no contributivos (Figura 30), indica que las mayores causas de tiempos no contributivos son las esperas, transportes y tiempos ociosos. Para las causas con mayores porcentajes de incidencia en los tiempos no contributivos como los son las esperas y transportes, se presenta un análisis de Pareto individual en las figuras 31 y 32.

Figura 28 : Tiempos productivos por actividad



Un análisis más detallado será necesario en aquellas actividades con mayores tiempos no contributivos, con el fin de definir acciones de mejora acordes con los hallazgos del estudio de pérdidas.

Figura 29 : Tiempos no contributivos por actividad



Figura 30 : Pareto tiempo no contributivo para actividades estructurales

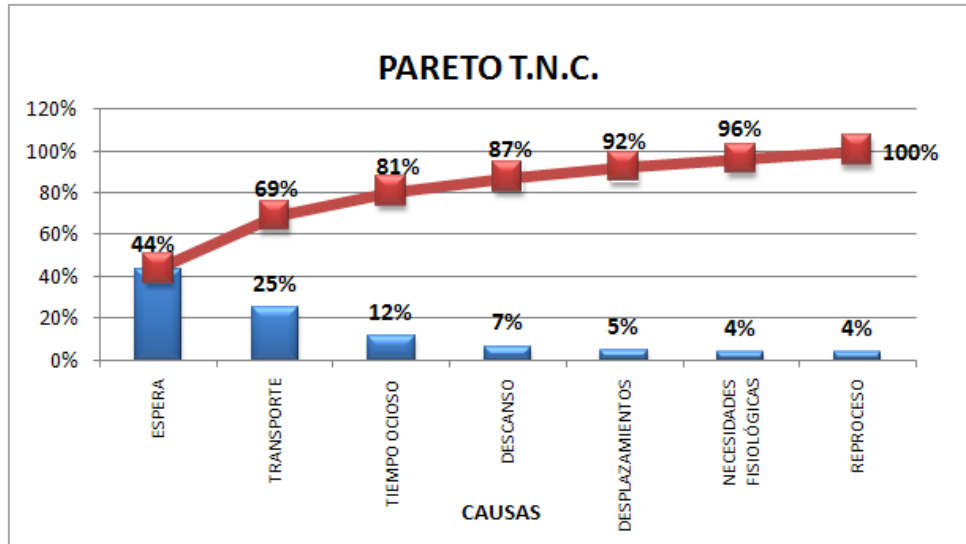


Figura 31 : Pareto de causas de tiempos no contributivos por esperas

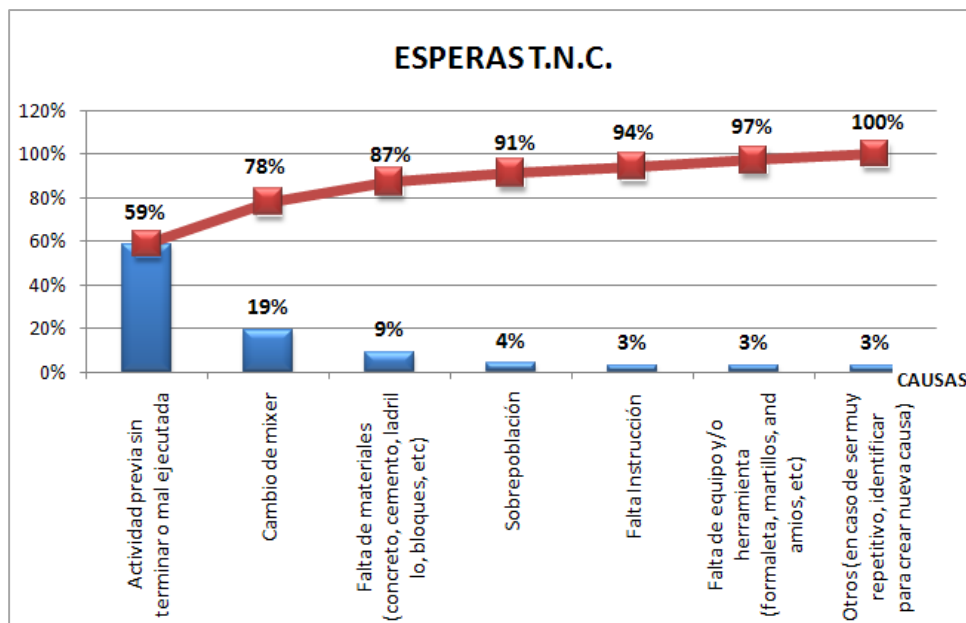
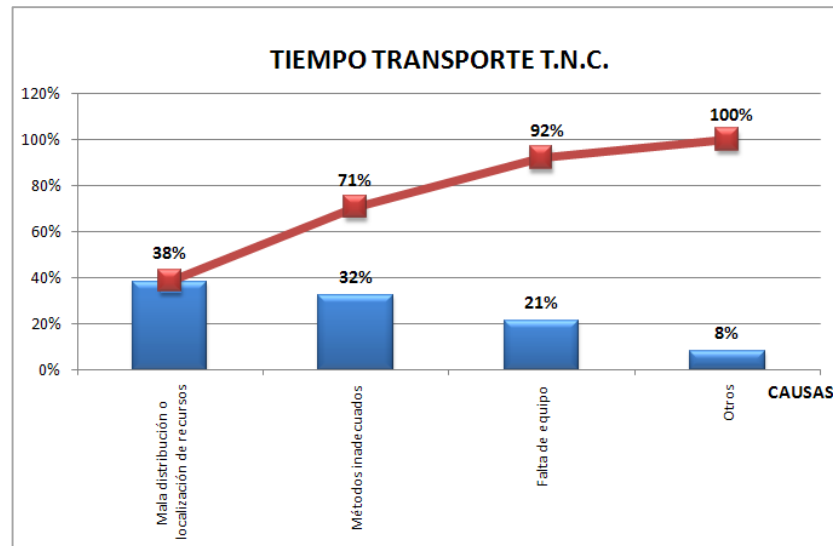


Figura 32 : Pareto de causas de tiempos no contributivos por transportes



6.4. MEDICIÓN DE RENDIMIENTOS Y CONSUMOS DE MANO DE OBRA

Mejorar la productividad de las actividades constructivas es la esencia de la filosofía Lean Construction, cuyo factor determinante es la mano de obra existente en los proyectos. Conocer los diferentes factores que afectan la mano de obra y como estos influyen en los rendimientos y consumos de mano de obra es el punto de partida para lograr incrementos en la productividad.

Rendimiento de mano de obra se define como la cantidad completamente ejecutada por una cuadrilla, compuesta por uno o varios operarios de diferente especialidad por unidad de recurso humano, normalmente expresada como um/hH (unidad de medida de la actividad por hora-Hombre).

Consumo de mano de obra se define como la cantidad de recurso humano en horas-Hombre, que se emplea por una cuadrilla compuesta por uno o varios operarios de diferente especialidad, para ejecutar completamente la cantidad unitaria de alguna actividad. El consumo de mano de obra se expresa como hH/um (hora-Hombre por unidad de medida).

La determinación de los rendimientos y consumos de mano obra se integran a la planificación como indicadores del desempeño del recurso humano, capacidades de los procesos y tasas de producción, lo que permite realizar análisis de cuellos de botella, reasignación de recursos a los procesos y estimación del tiempo requerido para realizar una actividad en el proyecto. La metodología de medición de rendimientos podrá consultarse en el anexo H.

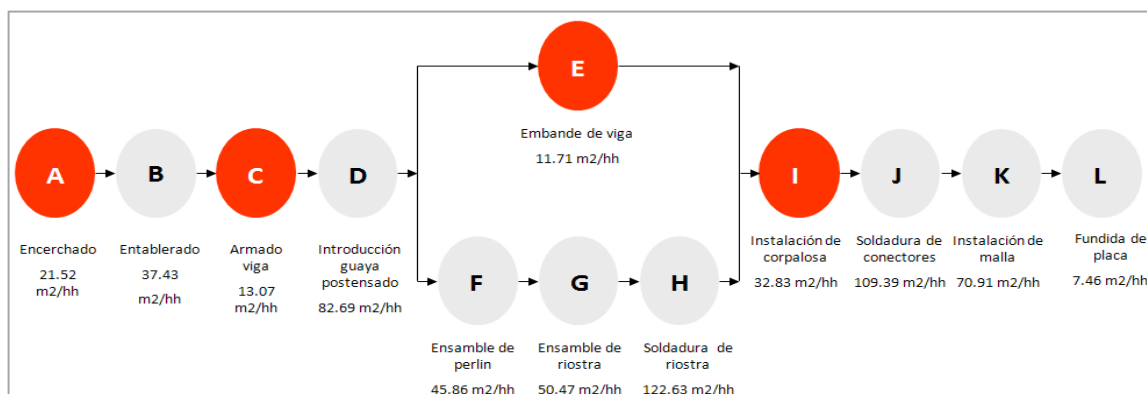
Se requiere para el estudio tomar los siguientes datos en campo: fecha de la medición, la torre en la que se desarrolla, ubicación específica del elemento, área del elemento, metros cúbicos de concreto fundidos, número de oficiales y ayudantes por actividad, hora de entrada o inicio de la actividad, hora de salida o fin, descansos o interrupciones que se presenten.

Los datos recolectados en campo se tabulan en formatos y posteriormente se determina el tiempo total dedicado a cada actividad y luego se determinan las horas-hombre utilizadas (Ver anexo H). Para determinar el consumo se dividen las horas-hombre utilizadas entre los metros cúbicos de concreto y los valores de rendimiento se obtienen de dividir los metros cúbicos fundidos entre las horas-hombres utilizadas. Para obtener el consumo y rendimiento promedio, se promedian los datos de cada una de las actividades medidas.

La información que se obtiene por placa *Steel Deck* se promedia y se obtiene un consolidado por torre (Ver anexo H), que presenta por actividad el tiempo promedio de construcción, la cantidad construida incluida en el estudio y el rendimiento (Ver tabla 12). Adicionalmente se registra los días totales de construcción de las placas estudiadas.

Se realiza un análisis en el que se determinan las horas-hombre promedio requeridas por actividad con los rendimientos promedios obtenidos del estudio, capacidad o numero de cuadrillas que participaron en el estudio (cuadrillas de 1 oficial y 1 ayudante), horas promedio requeridas por cuadrilla y la ruta crítica del proceso.

Figura 33 : Diagrama de ensamble para producto placa *Steel Deck*



De acuerdo al diagrama de ensamble del producto placa (figura 33), existen 4 fases para la construcción de una placa: la primera corresponde al encerchado y entablado, la segunda fase la componen el armado de viga, la tercera se realizan de manera simultánea y son el embande de viga, ensamble de perlines, ensamble de riostras y la soldadura de riostras, para por último desarrollar las actividades de instalación del *Steel Deck* que dejan la placa lista para la fundida.

Con base en las actividades que presentan restricción se determinan las horas de construcción según la ruta crítica, lo cual arroja como resultado la duración de 101 días para la construcción de 9717,8 m², el análisis de capacidades varía con respecto al estudio realizado en 1,98%.

Se realiza un control de las cuadrillas asignadas a cada actividad con la finalidad de realizar un seguimiento a los rendimientos y consumos de mano de obra por placa. Los indicadores de rendimiento y consumo se obtienen registrando los días requeridos para la construcción de la placa, los oficiales y ayudantes promedios registrados durante todo el periodo de realización de la placa y los metros cuadrados de cada placa.

Tabla 12: Rendimiento promedio para las actividades de placas de torre 1

RENDIMIENTO PROMEDIO DE PLACA							
ACTIVIDAD	TIEMPO PROMEDIO DE CONSTRUCCIÓN	CANTIDAD CONSTRUIDA	RENDIMIENTO	ANÁLISIS DE CAPACIDAD			
	HORAS JORNADA	M ²	M ² /HH	HH PROMEDIO REQUERIDAS	CAPACIDAD N° PROM CUADRILLAS	HORAS PROM REQUERIDAS X CUADRILLA	RUTA CRÍTICA PROCESO
Encerchado	8,06	9717,80	21,52	451,57	2	225,79	A
Entablado	8,01		37,43	259,63	1,33	194,72	B
Armado de viga	8,00		13,07	743,52	3,5	212,43	C
Introducción de guaya	5,50		82,69	117,52	4	29,38	D
Ensamble de perlines	8,08		45,86	211,90	1	211,90	F
Ensamble de riostras	8,02		50,47	192,55	1	192,55	G
Soldadura de riostras	4,50		122,63	79,24	1	79,24	H
Embandada de viga	7,85		11,71	829,87	6,25	132,78	E
Instalación de corpalosa	8,05		32,83	296,00	1,25	236,80	I
Soldadura de conectores	5,50		109,39	88,84	1	88,84	J
Instalación de malla	2,58		70,91	137,04	5,75	23,83	K
Fundida de placa	8,02		7,46	1.302,65	11	118,42	L
DIAS REALES DE CONSTRUCCIÓN DE PLACA	7 Ene - 24 Abr				HORAS DE CONSTRUCCIÓN SEGÚN RUTA CRÍTICA		807,80
PLACAS FUNDIDAS : P3 Eje A - P8 Eje I	99			DIAS DE CONSTRUCCIÓN SEGÚN RUTA CRÍTICA		101,00	
HORAS PROMEDIO TRABAJADAS	8,00			% Error = (1 - (Días construcción según ruta crítica / Días reales de construcción de placa)) * 100		1,98%	

En la tabla 13 se adjuntan los datos obtenidos y se comparan para analizar las causas de fluctuación de una placa a otra.

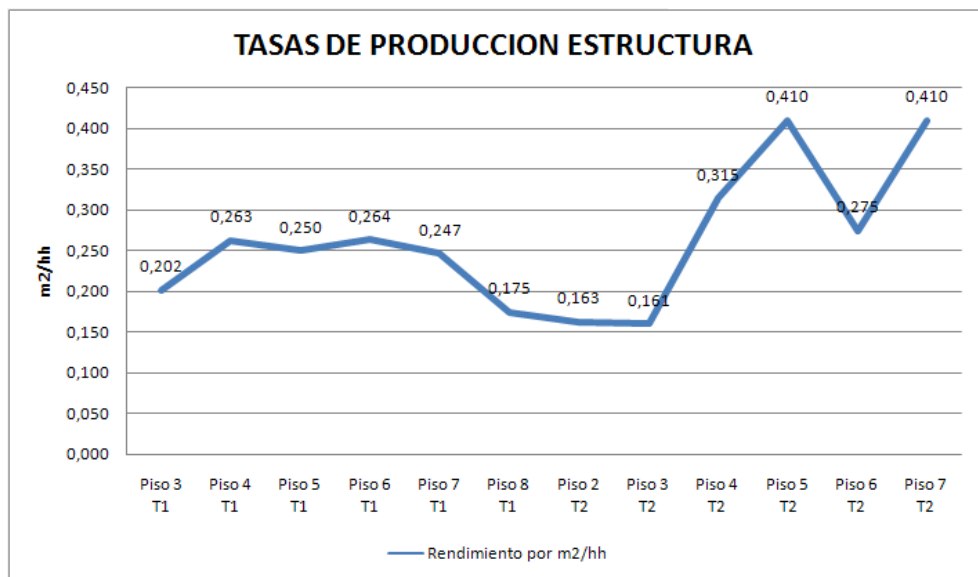
Tabla 13 : Comparativo de rendimientos y consumos de mano de obra por placas.

COMPARATIVO - RENDIMIENTO ESTIMADO POR PLACAS									
Torre 1	Inicio	Fin	PLACA (TIEMPO REQUERIDO PARA CONSTRUIRLA) - DIAS LABORABLES	Area M2	Promedio Personal Requerido		Consumo hh/m2	Rendimiento por m2/hh	OBSERVACIONES
					Oficiales	Ayudantes			
Placa Piso 3	07-ene	28-ene	18	1714,47	18	41	4,955	0,202	
Placa Piso 4	25-ene	11-feb	16	1647,88	19	30	3,806	0,263	
Placa Piso 5	08-feb	24-feb	15	1647,88	25	30	4,005	0,250	
Placa Piso 6	18-feb	09-mar	17	1647,88	16	30	3,792	0,264	
Placa Piso 7	05-mar	25-mar	17	1647,88	19	30	4,044	0,247	Retraso en la entrega del hierro por demora en los diseños.
Placa Piso 8	18-mar	24-abr	25	1606,12	19	27	5,728	0,175	
TORRE 2	Inicio	Fin	PLACA (TIEMPO REQUERIDO PARA CONSTRUIRLA) - DIAS LABORABLES	Area M2	Promedio Personal Requerido		Consumo hh/m2	Rendimiento por m2/hh	OBSERVACIONES
					Oficiales	Ayudantes			
Placa Piso 2 - T2	24-may	19-jun	27	1564,26	17	28	6,145	0,163	Placa aligerada caseton en madera
Placa Piso 3 - T2	11-jun	07-jul	28	1662,94	19	28	6,196	0,161	
Placa Piso 4 - T2	28-jun	17-jul	17	1669,96	15	24	3,176	0,315	
Placa Piso 5 - T2	14-jul	30-jul	13	1662,9	15	24	2,439	0,410	
Placa Piso 6 - T2	28-jul	14-ago	16	1669,89	17,43	30	3,636	0,275	
Placa Piso 7 - T2	11-ago	25-ago	13	1662,9	15	24	2,439	0,410	

En la figura 34 se grafican los rendimientos de las actividades de estructura *Steel Deck* por placas calculadas en la tabla 14, las variaciones tienen su causa en 3 situaciones: acoplamiento al sistema constructivo que ocasiona un ritmo de producción bajo en torre 1 con respecto a torre 2, cambios de diseños que genera

cambio del sistema constructivo de *Steel Deck* a casetón en madera en placa piso 8 de torre 1, placas 2 y 3 de torre 2 y las averías de la torre grúa que ocasionan una caída de los rendimientos en placa piso 6.

Figura 34 : Tasas de producción actividades de estructura *Steel Deck*



El aumento de los rendimientos en torre 2 tiene como causa la adquisición de experticia en el sistema constructivo y las mejoras efectuadas en pro del aumento de la productividad del sistema.

6.5. ESTUDIO DE TIEMPOS PARA LAS ACTIVIDADES DE CONVERSIÓN.

El propósito de la medición del trabajo es averiguar cuánto debe tardarse en realizar el trabajo. Esta información se puede usar para dos objetos principales: en primer lugar, se puede emplear en retrospectiva para valorar el rendimiento en el pasado y en segundo lugar, se puede utilizar para fijar los objetivos futuros.

Del estudio de tiempos se obtiene el tiempo tipo que no es el mismo tiempo real, sino el promedio en que una tarea puede ser completada por una persona

competente en su trabajo. No por el mejor trabajador, sino por un obrero medio, incluye un margen adecuado para descansos, interrupciones y contingencias.

6.5.1. Establecimiento de la técnica para el estudio de tiempos

Para la selección de la técnica de medición y análisis de tiempos se realiza un comparativo entre dos técnicas: estudio por cronómetro y muestreo aleatorio (Tabla 14).

La metodología elegida tendrá que estar acorde con las características de las actividades estructurales, cuyos procesos requieren de ciclos extensos de construcción, en algunos casos está desarrollado por varias cuadrillas y los elementos repetitivos son numerosos y en su mayoría duran más de 20 segundos.

Tabla 14 : Comparativo técnicas para estudios de tiempos de trabajo¹⁶

TECNICAS PARA EL ESTUDIO DE TIEMPOS	
POR CRONÓMETRO	MUESTREO ALEATORIO
<ul style="list-style-type: none"> * Fraccionar el ciclo de trabajo en varias etapas o elementos. * Los elementos deben cumplir con 4 requisitos: <ol style="list-style-type: none"> 1. Identificación fácil de comienzo y fin 2. Los elementos no pueden superar los 20 segundos y ser superiores a 3 segundos 3. No deben contener tiempos improductivos. 4. Se deben separar los elementos de cada trabajador de la cuadrilla * Definir tamaño de la muestra * Proceso de valoración * Diseño formato de registro de datos * Toma de datos * Normalización de elementos * Asignación de suplementos * Establecimiento del tiempo tipo 	<ul style="list-style-type: none"> * Definir las actividades a analizar * Determinar el número de observaciones * Determinar la duración del estudio * Programar los instantes de observación * Diseño de formatos * Registrar los datos * Calcular porcentajes de actividad e inactividad * Establecimiento del tiempo básico asignado a la tarea * Aplicación de suplementos por muestreo * Establecimiento de tiempo tipo

En el caso del proceso de encerchado los tiempos de ciclo para la construcción de 1 sección de encerchado requieren para un oficial y un ayudante 25.5 minutos y

¹⁶ Adaptado de "Análisis y mejoramiento de los procesos de la empresa" Néstor Raúl Ortiz

18.45 minutos respectivamente (Ver tabla 15). El tamaño de la muestra se puede determinar mediante una guía que se basa en el número total de minutos por ciclo (Ver tabla 16). De acuerdo a la guía y siguiendo el estudio de la actividad de encerchado, para un tiempo de ciclo de un oficial se requieren de 5 ciclos de medición y para un tiempo de ciclo de un ayudante se requieren de 8 ciclos de medición; debido a que el ayudante realiza sus tareas junto con el oficial, la actividad deberá ser medida por 8 ciclos que equivale aproximadamente a 3.4 horas de medición, sin tener en cuenta los tiempos contributivos, no contributivos, demoras e interrupciones que puedan presentarse durante el estudio de los ciclos.

De acuerdo a lo anterior, la técnica de medición por cronómetro no se acopla a las características de los procesos, debido a que requiere que el analista esté presente durante todo el tiempo de recolección de datos, realizar un registro de la información, analizarla y sacar conclusiones del estudio, tiempo que se requiere para realizar la medición de pérdidas y la medición de rendimientos y consumos de mano de obra.

La medición de tiempos por muestreo aleatorio proporciona las siguientes ventajas: el analista no requiere estar presente durante largos períodos de tiempo, por su practicidad se pueden realizar mediciones a una cantidad mayor de procesos, flexibilidad en el momento de definir la duración del estudio, realización simultánea con el muestreo aleatorio efectuado para la determinación de pérdidas y ahorro en el tiempo empleado en el registro y análisis de datos. Por las ventajas mencionadas, el estudio de tiempos por muestreo aleatorio es el más favorable para ser aplicado en las actividades constructivas.

Como se ha señalado, el propósito de la medición del trabajo es conocer el tiempo que puede tardar en realizarse un trabajo. Por medio de la metodología de medición de rendimientos de mano de obra se han determinado tasas promedio

de construcción para las actividades estructurales y con estas se han identificado actividades restrictivas en el sistema.

Tabla 15 : Tiempos de ciclo para el proceso de encerchado.

NORMALIZACIÓN Y ESTABLECIMIENTO DE TIEMPOS TIPO DE CONSTRUCCIÓN											
NATURA ECOPARQUE											
PRODUCTO: PLACA			HORA INICIO _____			DIAGRAMA Nº: 01					
PROCESO: ENCERCHADO			HORA FIN _____			HOJA 1 /1					
ANALISTA: BRENDA M. GRANADOS			TIEMPO DE ESTUDIO _____			FECHA ELABORACIÓN: 07 /01 /2010					
ELEMENTO _____						UBICACIÓN _____					
PLANO _____						MÉTODO ACTUAL_X_ PROPUESTO ___					
HERRAMIENTAS _____											
CARGO : OFICIAL						CARGO : AYUDANTE					
Nº CICLO	DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS	TO (min)	V	TN	TN	V	TO (min)	DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS	Nº CICLO		
1	1. Recibir paral 1 e instalar en placa	0:56		0	0		0:41	1. Transportar paral 1 y 2 hasta centro de trabajo	1		
	2. Recibir paral 2 e instalar en placa	1:12					2:13	2. Entregar paral 1 y sostenerlo durante instalación			
	3. Montarse en cuñete e instalar cercha 1	1:49					1:56	3. Recoger y entregar paral 2 y sostenerlo junto con paral 1 para instalar			
	4. Tomar bichiroco y alambre, amarrar paral 1 a cercha 1	1:58					0:37	4. Transportar cercha 1 hasta centro de trabajo			
	5. Amarrar con alambre paral 2 a cercha 1	2:00					0:02	5. Entregar cercha 1			
	6. Bajarse de cuñete y recibir paral 3 para instalar en placa	0:24					0:57	6. Transportar paral 3 y 4 hasta centro de trabajo			
	7. Recibir paral 4 e instalar en placa	0:54					1:38	7. Entregar paral 3 y sostenerlo para instalación			
	8. Montarse en cuñete e instalar cercha 2	2:40					1:44	8. Recoger y entregar paral 4 y sostenerlo junto con paral 3 para instalar			
	9. Tomar bichiroco y alambre, amarrar paral 3 a cercha 2	1:50					1:01	9. Transportar cercha 2 hasta centro de trabajo			
	10. Amarrar con alambre paral 4 a cercha 2	1:42					0:03	10. Entregar cercha 2			
	11. Tomar "T" y verificar espacio entre cerchas 1 y 2	0:10					0:16	11. Recoger "T" y entregar a oficial			
	12. Tomar gancho e instalar y amarrar entre cerchas 1 y 2	2:35					0:14	12. Recoger y entregar gancho de separación			
	13. Bajarse de cuñete y verificar alturas de paraleles 1,2,3 y 4	1:57					0:35	13. Transportar manguera de niveles al oficial			
	14. Tomar manguera de niveles por un extremo y verificar niveles de paraleles instalados con secciones anteriormente instaladas y/o nivel de placa.	1:33					1:34	14. Tomar manguera de niveles por un extremo y verificar niveles de paraleles instalados con secciones anteriormente instaladas y/o nivel de placa.			
	15. Instalar vientos	3:51					4:56	15. Instalar vientos			
TIEMPO TOTAL DE CICLO OFICIAL (min)		25:31					18:27	TIEMPO TOTAL DE CICLO AYUDANTE			

Tabla 16 : Determinación tamaño de muestra para medición de tiempos por cronómetro

GUIA PARA DETERMINACIÓN DE TAMAÑO DE LA MUETRA											
MINUTOS POR CICLO	Hasta 0,1	Hasta 0,25	Hasta 0,5	Hasta 0,75	Hasta 1	Hasta 2	Hasta 5	Hasta 10	Hasta 20	Hasta 40	Más de 40
NUMERO DE CICLOS RECOMENDADO	200	100	60	40	30	20	15	10	8	5	3

Sin embargo, dichas tasas no discriminan la valoración del ritmo de trabajo y las condiciones bajo las cuales los trabajadores ejecutan su trabajo (suplementos), lo que las convierten en un punto de referencia para identificar actividades restrictivas, capacidad del sistema actual, evidenciar los resultados de las

acciones de mejora, registrar el avance de las actividades, pero no proporcionan información para fijar objetivos futuros.

De acuerdo a lo anterior, realizar una medición de tiempos permite establecer la brecha existente entre el método estándar y el método utilizado por el trabajador, estimación de la capacidad del sistema, asignación correcta de trabajadores, cálculo de eficiencias entre la producción esperada y la producción real, y reducción de costos al reducir tiempos de construcción.

6.5.2. Seleccionar el trabajo para el estudio

La selección de los procesos no responden a un motivo en particular, pero algunas situaciones pueden impulsar el desarrollo de esta técnica, por ejemplo:

- Preparación para un estudio de métodos
- Comparación de dos métodos posibles
- Proceso no ejecutado anteriormente
- Cambio de recursos o de método, que requiere un nuevo tiempo tipo
- Demoras causadas por una operación lenta que retrasa el sistema constructivo
- Costo aparentemente excesivo de algún trabajo

El propósito del estudio influye en las características con las que debe contar el proceso. Si el objetivo es precisar normas de rendimiento, normalmente no se debería hacer mientras no se haya establecido y definido con un estudio de métodos la mejor forma de ejecutar el trabajo. Todo tiempo corresponde exclusivamente a un método bien determinado, mientras no se haya encontrado, definido y estandarizado el mejor método, no estará estabilizada la cantidad de trabajo que supone la tarea o proceso. No habrá manera de planificar los programas, y si el tiempo tipo influye en el cálculo de la remuneración, tal vez

resulte antieconómico el costo de mano de obra del proceso o concluirse lo contrario.

6.5.3. Seleccionar el trabajador calificado

Trabajador calificado es aquel de quien se reconoce que tiene las aptitudes físicas necesarias, que posee la requerida inteligencia e instrucción y que ha adquirido la destreza y conocimientos necesarios para efectuar el trabajo en curso según normas satisfactorias de seguridad, cantidad y calidad.

Cuando se pueda escoger entre varias cuadrillas, es mejor preguntar al contra maestro a su juicio, quien se debería estudiar primero, recalando las características del trabajador calificado. Deberá tener un rendimiento promedio o ligeramente superior, y en ningún caso deberá ser una persona que por temperamento no pueda trabajar normalmente cuando lo observan.

Cuando se haya implementado un método nuevo hay que dar al trabajador tiempo para acostumbrarse, tal vez se necesiten varios días e incluso varias semanas de práctica, según la duración o complejidad del proceso, antes de que el trabajo se pueda medir para fijar tiempos tipo.

6.5.4. Muestreo del trabajo

Las características de la técnica del muestreo del trabajo se especificaron en la tabla 14, por lo tanto el primer paso para implementar la técnica es especificar el número de observaciones utilizando la metodología definida para la medición de pérdidas en el anexo I. Se deberá medir por cada trabajador de la cuadrilla la misma cantidad de observaciones y se debe valorar el desempeño de cada uno.

Debido a que una de las ventajas de esta técnica es la posibilidad de tomar las observaciones de manera simultánea al estudio de identificación de pérdidas, se

ha diseñado un formato que permite registrar las valoraciones del ritmo de trabajo requeridas para el establecimiento de los tiempos tipos de construcción, este podrá ser consultado en el anexo I.

Para poder comparar acertadamente el ritmo de trabajo observado con el ritmo tipo hace falta una escala numérica que sirva de metro para calcularlos (Tabla 17). Actualmente se utilizan varias escalas de valoración, pero las más corrientes son la 100-133, la 60-80 y la norma británica 0-100.

La valoración 100 representa el desempeño tipo, si el analista opina que la operación se está realizando a una velocidad inferior a la que en su concepto es la normal, aplicará un factor inferior a 100. Si, en cambio, opina que el ritmo efectivo de trabajo es superior a la norma, aplicará un factor superior a 100.

Tabla 17 : Ejemplos de ritmos de trabajo expresados según las principales escalas de valoración

ESCALAS			DESCRIPCION DEL DESEMPEÑO
60 - 80	100 - 133	0 -100 Británica	
0	0	0	Actividad nula
40	67	50	Muy lento. Movimientos torpes, inseguros; el operario parece medio dormido y sin interés en el trabajo
60	100	75	Constante. Resuelto, sin prisa, como de obrero no pagado a destajo, pero bien dirigido y vigilado; parece lento, pero no pierde tiempo adrede mientras lo observan
80	133	100 (Ritmo tipo)	Activo. Capaz, como de obrero calificado medio, pagado a destajo; logra con tranquilidad el nivel de calidad y precisión fijado
100	167	125	Muy rápido. El operario actúa con gran seguridad, destreza y coordinación de movimientos, muy por encima de las del obrero calificado medio
120	200	150	Excepcionalmente rápido. Concentración y esfuerzo intenso sin probabilidad de durar por largos períodos; actuación de "virtuoso", solo alcanzada por unos pocos trabajadores sobresalientes.

Por otra parte, la duración del estudio es definida por el analista de acuerdo al tiempo disponible para realizar las mediciones de pérdidas y rendimientos de mano de obra. El cálculo de porcentajes de actividad e inactividad serán los

suministrados en los informes de la herramienta Control de pérdidas. Se obtiene tiempo básico para el proceso con la siguiente fórmula:

$$\text{Tiempo básico} = \frac{\% \text{ tiempo productivo} * \text{duración del estudio} * (\text{promedio valoraciones}/100)}{\text{Número de unidades construidas}}$$

(2)

El tiempo tipo incluye los suplementos que son obtenidos por la técnica del muestreo de trabajo y representa el porcentaje de tiempos improductivos o como se denomina en la medición de pérdidas: tiempos no contributivos. La fórmula utilizada para calcular los tiempos tipo es la siguiente:

$$\text{Tiempo tipo} = \text{tiempo básico} / (1 - \% \text{ tiempo no contributivo})$$

(3)

El consolidado del estudio de tiempos se realizará en el formato Tiempos tipo de construcción por muestreo aleatorio, registrado en el anexo I.

6.6. CARTA BALANCE CUADRILLA

La metodología hombre-máquina utilizada en la industria manufacturera para analizar la eficiencia de las combinaciones trabajador y maquinaria, han sido adaptadas a la construcción bajo el nombre de carta de balance cuadrilla y ofrecen una manera efectiva de mostrar las relaciones entre las actividades de los integrantes de una cuadrilla.

El análisis de cuadrillas es una herramienta útil cuando se requiere profundizar en el estudio de actividades restrictivas, ya que con ello se pueden reasignar tareas entre los trabajadores de una cuadrilla o realizar asignaciones de trabajadores a una cuadrilla. El análisis de cuadrillas no establece la efectividad de la operación, ya que encontrarse ocupado no evidencia la ejecución de un método de trabajo adecuado.

Para poder realizar una carta de balance cuadrilla, el tiempo utilizado por cada trabajador, en cada tarea de un proceso, debe ser observado y medido. Idealmente, los tiempos deben ser medidos en varios ciclos de trabajo para validar su precisión y variación durante los ciclos (Oglesby, Parker, & Howell, 1989).

La carta de balance muestra barras que representan a cada persona de una cuadrilla. El tiempo es mostrado como un porcentaje del tiempo total del ciclo, tiempo en el cual se elabora una unidad de producción (Ver tabla 18). Cada barra, está dividida para mostrar los tiempos dedicados a cada una de las tareas que se realizaron durante el ciclo. Una convención de colores es utilizada para identificar los tiempos dedicados a: operación, operaciones que realizan los trabajadores y están por fuera de sus funciones, preparación, transporte desde patio de material, transporte al centro de trabajo, instrucciones, desplazamientos, inspecciones, mediciones, tiempo ocioso, esperas y reprocesos.

Se efectúa el análisis para una cuadrilla perteneciente al proceso embande de vigas y como primer paso se describe la metodología implementada actualmente por la cuadrilla en la figura 35. Posteriormente se realiza un registro de las actividades ejecutadas por la cuadrilla en un lapso de 1,8 horas, lo que corresponde a la instalación de una de las dos bandas de una viga. (Ver Anexo J)

Del diagrama de cuadrilla (Tabla 18), se observa que los tiempos de preparación utilizados por el oficial y el ayudante son 28% y 44% respectivamente, y los tiempos de operación son del 47% para el oficial y del 32% para el ayudante. La función del ayudante es brindar apoyo a las actividades productivas que desarrolla el oficial, por lo tanto, las actividades de preparación, modulación, transportes y esperas deben ser ejecutadas por este.

Figura 35 : Método actual implementado para el embande de vigas

MÉTODO ACTUAL

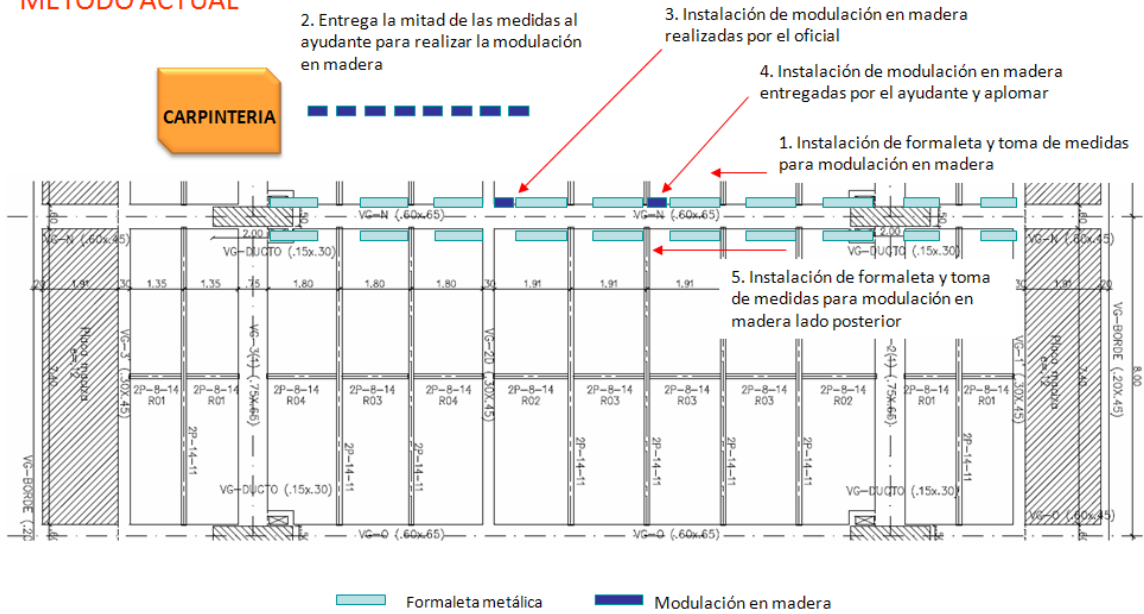


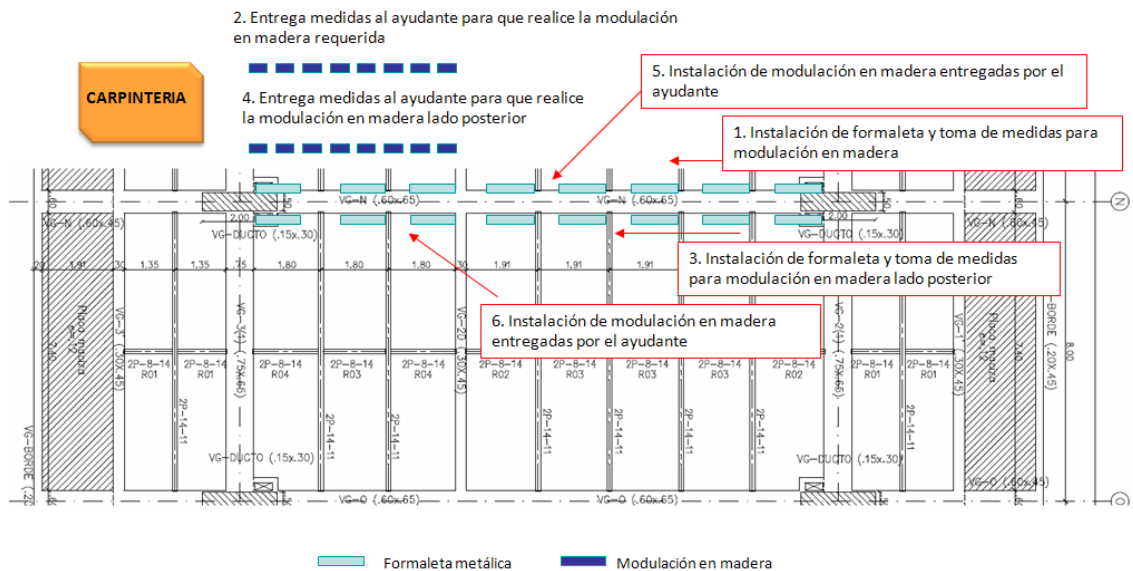
Tabla 18 : Análisis de cuadrilla para el proceso embande de vigas

ANÁLISIS DE CUADRILLAS NATURA ECOPARQUE						
PRODUCTO: Placa		PROCESO: Embande de viga		DIAGRAMA Nº: 001		
ANALISTA: Brenda M. Granados				FECHA ELABORACIÓN: 06/09/2010		
SIMBOLOGIA	OPERACIÓN	TRANSPORTE (Patio de material)	INSTRUCCIÓN	INSPECCION / MEDICION	ESPERAS/DEMORAS	
OPERACIÓN FUERA DE SU FUNCION	PREPARACION (Seleccional material)	TRANSPORTE (Centro de trabajo)	DESPLAZAMIENTOS	TIEMPO OCIOSO	REPROCESOS	
A. Oficial	B. Ayudante	C.	D.	E.	F.	
Hora Inicio 14:45	Hora Inicio 14:45	Hora Inicio _____	Hora Inicio _____	Hora Inicio _____	Hora Inicio _____	
Hora Fin 16:50	Hora Fin 16:50	Hora Fin _____	Hora Fin _____	Hora Fin _____	Hora Fin _____	
Tiempo total (mi) 110	Tiempo total (mi) 110	Tiempo total (min) _____	Tiempo total (min) _____	Tiempo total (min) _____	Tiempo total (min) _____	
Porcentaje tiempo estudiado						
100						
A. Oficial	B. Ayudante	C.	D.	E.	F.	

Analizando el método actualmente implementado, del tiempo de operación registrado para el oficial, 23% es trabajo que debe ejecutar y 24% corresponde a actividades que debería realizar el ayudante. Para aumentar el tiempo productivo del oficial, se propone un nuevo método representado en la figura 36. Para disminuir los tiempos de preparación, se incluirá la actividad al plan maestro de construcción (Ver Anexo L).

Figura 36 : Método propuesto para el embande vigas

MÉTODO PROPUESTO



7. GESTIÓN DE PLANES DE MEJORAMIENTO.

7.1. DISEÑO DEL PROGRAMA 5S

La metodología 5S propone estrategias para eliminar procedimientos improductivos existentes e implantar una cultura nueva a efectos de incluir el mantenimiento del orden, la limpieza e higiene y la seguridad como un factor esencial dentro del proceso productivo de calidad y de los objetivos generales del proyecto.

El programa de 5S en obra se ha diseñado para ejecutarse en coordinación y colaboración de cada uno de los agentes involucrados en el desarrollo de los procesos de construcción y con el compromiso total por parte de la Dirección, quien es la encargada de influenciar y lograr el compromiso de las demás cadenas de mando existentes en el proyecto.

Los objetivos que se persiguen con el programa 5S son:

- Disminuir los transportes, desplazamientos y preparaciones a causa de la falta de clasificación, organización y limpieza en las áreas de trabajo.
- Lograr que el trabajador realice mantenimiento preventivo a su máquina, equipo y herramientas.
- Lograr independencia en los puestos de trabajo realizando sugerencias y produciendo con mínimos paros, mínimos desperdicios, mayor rendimiento y menor esfuerzo.
- Mejorar la productividad sobre un 60% y mejorando la calidad, haciendo un producto bien hecho a la primera sobre un 90 %.

La metodología de implementación parte del análisis diagnóstico sobre el nivel de 5S en las actividades seleccionadas y su relación con la cultura organizacional del personal en obra. Como resultado del análisis se especificarán los planes de acción en pro de lograr una reducción y/o eliminación de las causas de

desperdicios y pérdidas presentes en las actividades evaluadas.

Para establecer un plan de acción acertado se deberá realizar un análisis de cada una de las actividades para definir un estándar de los lugares de trabajo y de esta forma generar un modelo para el control de los recursos y disposición de residuos. Para lograr un cumplimiento de los planes de acción se socializaran los resultados del diagnóstico y se someterán a aprobación los planes de acción y los recursos definidos para ejecutarlos.

Los contratistas son el siguiente paso en el proceso de ejecución, ya que son los que tienen el contacto directo con los trabajadores que desarrollan las actividades, y son precisamente ellos los encargados de incentivar la participación activa de sus trabajadores. Todas las personas deberán estar enteradas de la ejecución del programa, de esta forma el plan de trabajo estará coordinado desde un principio y el personal de la obra estará comprometido con el proyecto, por tal motivo se debe hacer hincapié en los beneficios que día con día se obtienen como consecuencia de utilizar la metodología.

La resistencia en la implementación no se hará esperar, por tal motivo debe mantenerse una buena comunicación con el grupo de trabajo, resaltando siempre las mejoras alcanzadas así como las actividades más resistentes en la obra. La forma adecuada de vencer a estos grupos es mezclarlos con personas que estén convencidas de la importancia del plan y que lo estén llevando a cabo.

Una campaña de expectativa es necesaria para crear atención y un ambiente de curiosidad hacia el tema. La utilización de emblemas y figuras que sean de reconocimiento general y que generen humor al trabajador, son las herramientas perfectas para interesarlo en el programa.

El programa expone la metodología para la implementación de las 5S, una guía para manejar los paradigmas existentes en la dirección y los trabajadores en la ejecución de las reuniones de socialización del programa 5S, diseño e

implementación de la campaña de expectativa y un programa de incentivos para los trabajadores (Ver anexo K).

7.2. DISEÑO DE PLANES DE MEJORAMIENTO

Los planes de mejoramiento son definidos de acuerdo a la información obtenida del diagnóstico inicial, identificación de pérdidas mensuales, análisis de cuadrillas, diagramas causa-efecto, estudios de rendimientos de manos obra y estudios de tiempos ejecutados.

El formato R CAL 060-Informe Lean construcción, define secciones para constituir planes de acción resultado de la medición de pérdidas y documentar las acciones de mejoras implementadas (tabla 19). Para definir un plan de acción se especifica en el capítulo 2.5 del informe, la actividad o proceso en el que se identificó la pérdida, la causa de pérdida y una breve descripción, la acción a implementar y la fecha de ejecución. En el capítulo 2.7 se describe la acción implementada con registro fotográfico, el tipo de mejora que se efectuó, los resultados obtenidos y el impacto económico de la mejora.

En la metodología de medición de pérdidas y análisis de causas (Anexo G), se propone en el capítulo 5, una técnica para el diseño de planes de mejoramiento utilizando la herramienta 5W-2H, la cual proporciona dos tipos de razonamientos: análisis de problemas y planeación de estrategias.

Un plan de mejora completo se despliega definiendo para cada acción de mejora propuesta, la duración, ubicación, personas, métodos, cantidades o costos, el propósito y/o fallas que puedan manifestarse. La metodología 5W-2H propone definir los ámbitos anteriormente mencionados respondiendo a las preguntas Qué, Cuando, Donde, Quien, Cómo, Cuanto y Por qué para cada situación planteada.

En la tabla 8 del capítulo mencionado, se podrá consultar una guía planteada para facilitar el análisis de problemas y planeación de acciones de mejora por medio de esta herramienta.

Tabla 19 : Formato para la definición de planes de acción y documentación de acciones de mejora

2.5 Plan de Acción - Eliminación y/o Reducción de las Fuentes de Pérdidas				
ACTIVIDAD	CAUSA DE PERDIDA	DESCRIPCION	ACCIÓN A IMPLEMENTAR	FECHA

2.7 Acciones de mejoras a Implementar				
ACCIÓN IMPLEMENTADA	APOYO VISUAL	TIPO DE MEJORA	RESULTADOS OBTENIDOS	IMPACTO ECONÓMICO DE LA MEJORA
		Aumento Rendimiento		
		Reducción desperdicio M Aumento Rendimiento Reducción costo actividad Mejora calidad producto Mejora condición S&SD		

7.3. ESTABLECIMIENTO DEL PLAN MAESTRO

El sistema de planificación “Last Planner” establece que en el plan de trabajo semanal se compromete sólo trabajo que puede ser realizado protegiendo la producción de la incertidumbre, se aumenta la confiabilidad del plan si se desarrolla seleccionando, secuenciando y dimensionando el trabajo que se sabe puede hacerse. Se debe preparar trabajo para que pueda ser realizado removiendo restricciones que permitan planificar las actividades, la preparación del trabajo se hace en el proceso de planificación intermedia.

Sin embargo, la planificación de los procesos es necesaria para establecer un control de los materiales, maquinaria, equipos y mejorar el rendimiento de las cuadrillas.

El plan maestro es una extensión del plan de trabajo semanal y contiene la planificación de materiales, planificación de capacidades, secuencia de construcción de los elementos estructurales, análisis de restricciones del sistema y controles operacionales.

7.3.1. Planificación de materiales

La planificación se realiza en la fase inicial por parte de la administración, pero a medida que avanzan los procesos, las cantidades iniciales no corresponden con las utilizadas, generándose desorganización al desconocer si se utilizó más de lo requerido en los elementos, si las cantidades planificadas no fueron suficientes, si los proveedores no han entregado los pedidos completos al proyecto o si las cantidades se encuentran en el proyecto pero no se han encontrado por falta de un control adecuado de los recursos.

Los planos estructurales emitidos por los diseñadores del proyecto definen las especificaciones y cantidades de materiales necesarios para la construcción de los elementos estructurales, sin embargo las cantidades para los procesos de modulación no se detallan, quedando esta labor bajo la responsabilidad de la administración, quien define de acuerdo a criterios técnicos las cantidades requeridas de material. Definido el material y las cantidades a utilizarse, el contratista imparte las instrucciones para el desarrollo de las actividades de modulación al contra maestro, quien a su vez comunica a las cuadrillas las decisiones tomadas.

En los procesos de modulación como encerchado, entablero, embande de viga y encofrado de pantalla, cada cuadrilla decide la modulación de acuerdo a su

experiencia y los recursos con los que cuenta en el lugar de trabajo. La disponibilidad de los materiales depende de la formaleta, cerchas, parales y retal de madera recuperados del desencofrado de placas inferiores. En los procesos mencionados se han identificado altos tiempos no contributivos dedicados a la búsqueda, espera y transporte de materiales dispersos en placa, almacenados en patio de material y en placas en proceso de desencofrado.

Los procesos de armado de pantalla y armado de viga, a pesar de ser procesos que tienen establecidas las cantidades de hierro para cada elemento en los planos estructurales, las cuadrillas suben más del material necesario generando inventarios en proceso, que van sobrando en los pisos inferiores y cuando estos materiales se necesitan en placas superiores las cuadrillas deben recorrer todo el edificio para encontrar lo que requieren o se asigna personal a recolectar y seleccionar el material que esté en condiciones para ser utilizado y dirigirlo a placa.

En todos los procesos cada cuadrilla debe dirigirse al patio de materiales y preparar el hierro, formaleta, material y equipos que se requiere para ejecutar su actividad en el elemento que le fue asignado y transportarlo verticalmente hasta la placa. Sin embargo, otras cuadrillas que se quedan sin material utilizan el que encuentren en placa obligando a las cuadrillas a buscar nuevamente en el patio de material el faltante, incrementando con ello el tiempo de construcción del elemento y los tiempos no contributivos asociados con ello.

Los panoramas expuestos tienen como causa raíz la falta de planificación de los materiales requeridos por los procesos, por tal razón la planificación de materiales es vital para generar un control de los recursos, manejo de inventarios, disminución de los tiempos no contributivos, disminución en el costo de los procesos y aumento del rendimiento de la mano de obra.

Matriz de recursos para procesos estructurales

Para introducir al personal contratista y contra maestros en el concepto de planificación, se inició con la descripción de los recursos necesarios para el desarrollo de los procesos (Tabla 20). Esta herramienta tiene como objetivo tener un panorama general de las necesidades de cada uno de los procesos, así cuando se planifiquen las actividades semanales en la reunión “Last Planner” se podrá realizar un chequeo a esta matriz e identificar con facilidad aquellos recursos que generan restricción en esa semana. La matriz se puede consultar en el anexo L.

Tabla 20 : Matriz de recursos para procesos estructurales

MATRIZ DE RECURSOS PROCESOS ESTRUCTURALES											
OBRA		Natura Ecoparque									
FECHA ELABORACIÓN		16/03/2010									
ANALISTA:		Brenda Minelly Granados									
PRODUCTO	PROCESO	CARGOS RELACIONADOS					RECURSOS DEL PROCESO				
		CONTRAMAESTRO OFICIAL	AYUDANTE ADELANTADO	AYUDANTE SEGURIDAD	ALMACENISTA	Tipo de seguridad necesaria	EPP's	Aditivos - Impermeabilizantes - Líquidos inflamables	Herramientas	Maquinaria & Equipos	Materiales
PANTALLA	Encofrado pantalla	2	2			Andamios tubulares Angulos Butacos	Guantes de baqueta Guantes de carnaza Arnes Eslinga posicionamiento Casco Gafas oscuras Botas	Metro Nivel Plomada Porra Martillo Taladro Brocas Sacapines	Torre grúa	Rinconeras	10 cm * 1,22 m 10 cm * 60 cm
		Tableros	70 cm * 1,40 m								
		Formaleta	(10 , 30 , 35 , 40, 48, 51, 61) * 1,22 m								
		Tapamuros	15 cm * 1,22 m								
		Corbatas	15 cm , 50 cm								
		Pines									
		Varilla	1/2 20 cm								
		Alineadore	3 m , 4m								
		Chapetas									
		Tensores									
		Plomo									
		Tablas o cercos									
Tablón	30 cm* 3 m										
Angulos	60 cm * 1,22 m										

Planificación del armado estructural

A causa del gran inventario de hierro existente en las placas de la edificación y los altos tiempos de preparación dedicados a la búsqueda de hierro, se plantea asignar una cuadrilla en el patio de hierro para la preparación, control y apoyo de las cuadrillas de armado de los elementos estructurales.

Esta cuadrilla seleccionara el hierro de cada elemento estructural con ayuda de los diagramas de despiece de vigas y pantallas descrito en los planos estructurales, y junto con las cartillas de hierro le permitirá utilizar las cantidades solicitadas por la administración y registradas como ingresadas al proyecto. La selección del elemento deberá realizarse un día antes al inicio del proceso.

La implementación de esta medida tiene las siguientes ventajas:

- Disminución de los tiempos de preparación y desplazamientos de las cuadrillas de armado de elementos estructurales.
- Aumento del rendimiento de los procesos estructurales, ya que las cuadrillas tendrán en placa el material del siguiente elemento a construir de acuerdo a la secuencia y tasas de producción del proceso.
- Eliminación del inventario de hierro de placas y pantallas.
- Reducción del retal de hierro generado por un mal almacenamiento e inadecuada manipulación.
- Control sobre las cantidades de hierro entregadas por el proveedor y las cantidades utilizadas por las cuadrillas.
- Gestionar oportunamente por parte del almacén los pedidos parciales por recibir para evitar atrasos en los procesos.
- Disminución de los tiempos dedicados a la espera de que la torre grúa realice el transporte.

- Mejor utilización del recurso torre grúa permitiendo habilitar espacios para el mantenimiento preventivo de la misma.

Diagramas de modulación

Con el propósito de prevenir paros y tiempos improductivos buscando material e improvisando las modulaciones con los materiales que se encuentran, se diseñaran los diagramas de modulación de los elementos a construir y se determinaran las cantidades necesarias para disminuir los tiempos de preparación que garantice un flujo continuo de materiales e información (Anexo L). Una de las grandes ventajas de diseñar estos diagramas, es que los elementos con las mismas dimensiones se repiten en todas las placas, por lo tanto solo habrá que diseñar un solo diagrama por torre. En el diseño es conveniente que participen los oficiales de las cuadrillas de encofrado, el contra maestro y el contratista para definir los materiales (Tabla 21) y la mejor opción de modulación (Figura 37).

Figura 37 : Diagrama de modulación para una pantalla de 2m

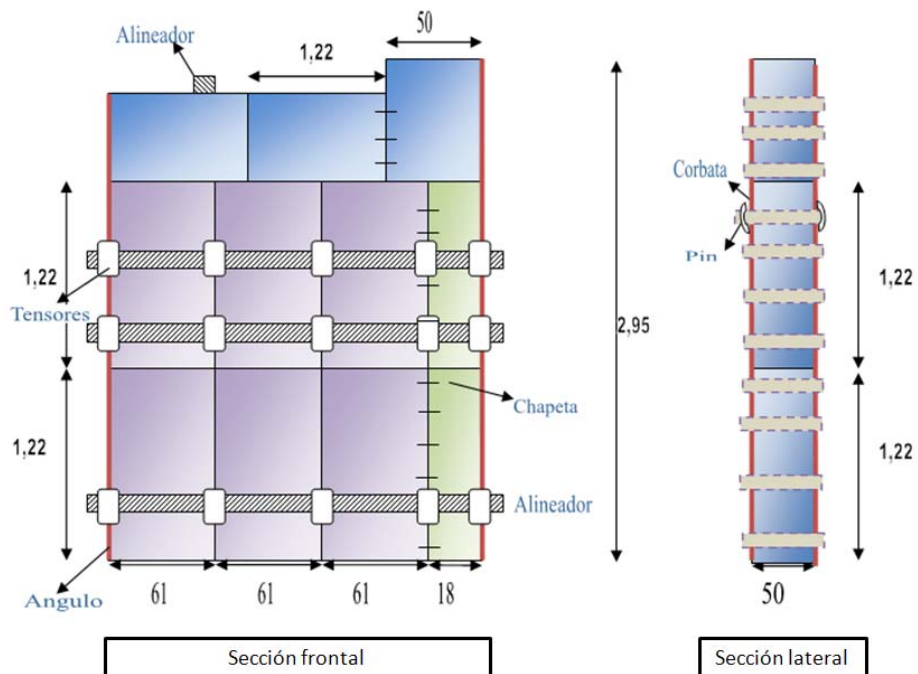


Tabla 21 : Cantidades de materiales requeridos para la construcción de una pantalla de 2m.

MATERIALES PANTALLA DE 2 METROS			
Material	# hileras	Cant*hilera	Total
Formaleta 61 cm	-	-	12
Formaleta 18 cm	-	-	4
Formaleta 50 cm	-	-	12
Chapetas	6	11	66
Pines	3	11	33
Corbatas	3	11	33
Ángulos 1,22 m	4	2	8
Ángulos 0,61 m	-	-	4
Chapetas ángulos	8	11	88
Alineadores 3m	6	1	6
Tensores horizontales	3	5	15
Tensores verticales	3	3	9
Pájaras	2	1	2

Adicionalmente se reducen los costos pagados por alquiler de formaleta que no se está utilizando, porque con la determinación de las cantidades por cada elemento, se garantiza su utilización en los procesos y la devolución oportuna en el caso de no requerirse en los mismos.

Para facilitar la implementación de los diagramas en los procesos de modulación, se desarrollaran tarjetas con el diagrama de los elementos estructurales a modular y las cantidades requeridas de material. Los encargados de seleccionar y preparar los materiales, deberán anexar el diagrama de ensamble que la cuadrilla deberá seguir.

En el anexo L se explica el proceso de modulación y los diagramas de ensamble para las actividades de encofrado de pantalla, embande de viga, encerchado y entablarado.

7.3.2. Programación de capacidades

El sistema de gestión tradicional, carece de un método que permita predecir con cierta exactitud el flujo de trabajo y por lo general se diseñan cuadrillas que deben

adoptar un esquema de flexibilidad para mantenerlos ocupados. Desafortunadamente, la aplicación de la flexibilidad en un punto de trabajo, requiere de flexibilidad en toda la línea de producción. Por lo tanto, los sistemas de gestión de producción actuales inyectan incertidumbre en el flujo de trabajo y por consiguiente pérdidas.

La asignación de cuadrillas parte del conocimiento de las tasas promedio de producción de cada actividad y la cantidad de obra a ejecutar. Si se desea conocer el tiempo de construcción de una placa de 2000 m² (tabla 22), se obtienen las tasas promedio de producción de las actividades involucradas del análisis de rendimientos de mano de obra y se calculan las horas-Hombre necesarias para cada actividad.

Tabla 22 : Determinación días de construcción

DETERMINACIÓN DÍAS DE CONSTRUCCIÓN RESPECTO A CAPACIDAD INSTALADA							
ACTIVIDAD	M2	M2/HH	HH REQUERIDAS	CAPACIDAD	HORAS REQUERIDAS	RUTA	
Encerchado	2000	21,52	92,94	2	46,47	A	
Entablado		37,43	53,43	1	53,43	B	
Armado de viga		13,07	153,02	3	51,0073961	C	
Introducción de guaya		82,69	24,19	4	6,05	D	
Ensamble de perlines		45,86	43,61	1	43,61	F	
Ensamble de riostras		50,47	39,63	1	39,63	G	
Soldadura de riostras		122,63	16,31	1	16,31	H	
Embandada de viga		11,71	170,79	7	24,40	E	
Instalación de corpalosa		32,83	60,92	1	60,92	I	
Soldadura de conectores		109,39	18,28	1	18,28	J	
Instalación de malla		70,91	28,20	3	9,40	K	
Fundida de placa		7,46	268,10	10	26,81	L	
HORAS DE CONSTRUCCIÓN SEGÚN RUTA CRÍTICA					182,79		
DÍAS DE CONSTRUCCIÓN SEGÚN RUTA CRÍTICA					22,85		

Posteriormente se identifican las actividades restrictivas y de acuerdo a esto se asignan las cuadrillas de 1 oficial y 1 ayudante. Los días de construcción dependerán de las horas que requieran las actividades restrictivas para ejecutarse, de allí que se asignaran la mayor cantidad de cuadrillas a estas actividades teniendo en cuenta no generar pérdidas por cuadrillas sin campo para trabajar.

Actividades como ensamble de perlines, ensamble de riostras e instalación de corpalosa por su corta duración son asignadas a una misma cuadrilla, que de manera secuencial se encargan de ejecutarlas de acuerdo al avance de las actividades predecesoras. Cuando esta cuadrilla no tiene campo de acción o ha finalizado sus tareas, se suma a las actividades de embandada de viga.

En el caso de la instalación de malla y fundida de placa el personal asignado es el encargado de armar, encofrar y fundir pantallas. La instalación de malla requiere pocas horas y el día que se programa la fundida de placa no se programa fundida de pantallas, lo que permite asignar al personal de pantallas a estas labores.

7.3.3. Restricciones del sistema estructural

Se han identificado como procesos restrictivos el encerchado, armado de viga, embande de viga e instalación de corpalosa, los cuales han presentado como causas principales de pérdidas las esperas y transportes no contributivos. Un estudio más detallado de causa-efecto (Anexo L), revela que todos los procesos comparten la misma restricción en el ítem maquinaria e infraestructura, el recurso torre grúa.

Análisis de transporte vertical con torre grúa.

Indudablemente todos los procesos hacen uso de la grúa para el transporte

vertical de los elementos estructurales y materiales de modulación, es precisamente con base en este criterio que se decidió desarrollar el *Layout* de placa. Sin embargo, algunas situaciones se hacen evidentes durante las rondas efectuadas para la toma de datos de medición de pérdidas y rendimientos de mano de obra:

- La grúa está ocupada en el descargue de materiales.
- La grúa está ocupada en el transporte de materiales para otra cuadrilla que está subiendo materiales en exceso.
- La grúa no está utilizando su capacidad de transporte.
- Todas las tareas transportan a la misma hora.
- La grúa está ocupada transportando materiales de otros procesos no restrictivos.
- La grúa está averiada.
- La grúa está ocupada en la fundida de pantallas.
- La grúa está ocupada en la instalación de la tubería para realizar la fundida de placa.
- El operario de la grúa no responde al llamado de transporte.

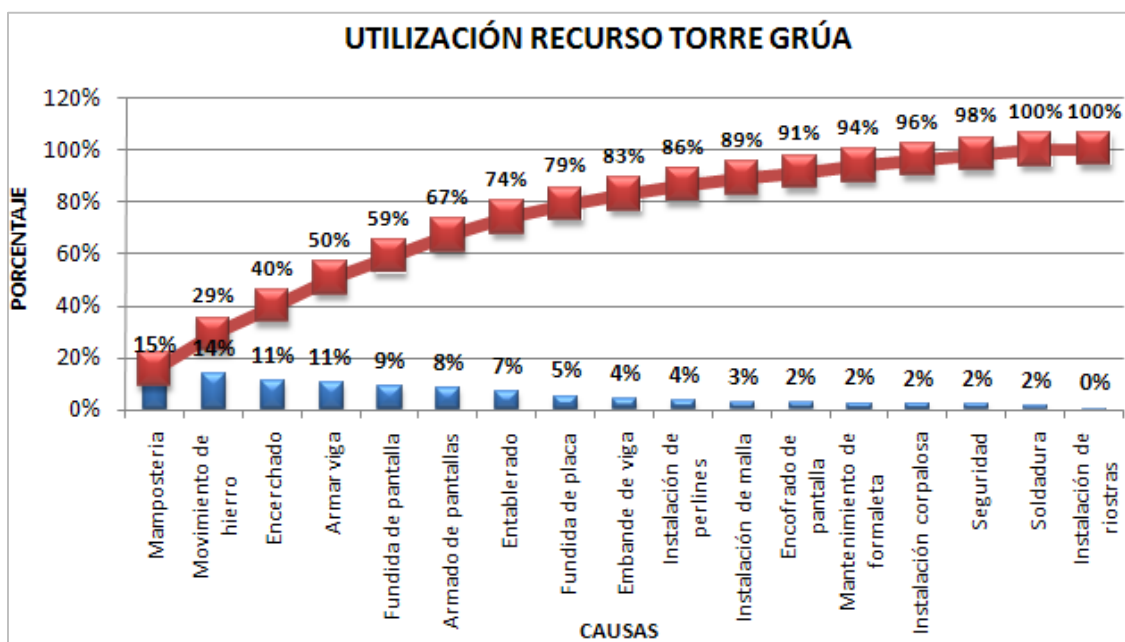
Las situaciones anteriores generan demoras en las cuadrillas de hasta 30 minutos, las cuales sin obtener el transporte solicitado, lo realizan manualmente por las escaleras aumentando los tiempos de preparación.

Se realiza un estudio de transporte vertical con una duración de 66,7 horas para identificar las actividades con el mayor porcentaje de utilización del recurso grúa. El 25% del tiempo estudiado representa el tiempo que la grúa espera ser utilizada o espera el amarre del material a transportar. Adicionalmente se pueden conocer los tiempos promedios de transporte por cada proceso. (Anexo L).

Los resultados obtenidos se enseñan en la figura 38, los procesos con mayor utilización del recurso son: mampostería, movimiento o descargue de hierro, encerchado, armado de viga, fundida y armado de pantallas. A pesar que el recurso está instalado para el uso de los procesos estructurales, la etapa constructiva de mampostería es quien más lo utiliza.

Con la información obtenida, se reorganizaran los transportes realizados para garantizar a los procesos estructurales generadores de restricción el uso de la grúa en el momento que la requieren y minimizar los tiempos muertos de la grúa.

Figura 38 : Utilización del recurso grúa



7.3.4. Secuencias de construcción

Establecer las secuencias para el desarrollo de los procesos pretende obtener una disminución en la variabilidad, causada por tiempos improductivos asociados con la falta de instrucciones, altos tiempos de preparación, esperas, métodos inadecuados e improvisación.

La secuencia constructiva combinada con los rendimientos promedios de cada proceso, permite estipular la cantidad de obra que podrá ejecutar cada una de las cuadrillas en una jornada laboral. Con la anterior información, se establece un plan en el que se detalla el desarrollo de los procesos por elemento, la preparación de los recursos necesarios por las cuadrillas y una programación diaria para la realización de los transportes verticales con torre grúa.

El programa de transporte con torre grúa es una herramienta que le permite al operador conocer las horas en que los procesos restrictivos tienen estipulados realizar los transportes durante la jornada y establecer prioridades al momento de realizar los mismos. En el caso que se presenten atrasos o adelantos en la programación, las cuadrillas encargadas de la preparación de materiales le comunicaran por radio al operador de los cambios.

Para la programación de la torre grúa deberán tenerse en cuenta las siguientes restricciones: traslapo de pantallas, fundida de pantalla, capacidad de la grúa (Por ejemplo, 3 elementos deben ser transportados a la misma hora, entonces si son paquetes pequeños, pueden elevarse en 1 solo viaje), tiempos de preparación y finalización en la fundida de placa.

De igual manera, en la programación se han habilitado espacios para que otras etapas constructivas y procesos de descargue puedan utilizar el recurso. La planificación de los procesos admite incluir actividades de mantenimiento preventivo para el recurso torre grúa.

Las secuencias constructivas de los procesos de desencofrado de placa, armado y fundida de pantallas, encerchado y armado de vigas podrán consultarse en el Anexo L.

7.3.5. Controles del sistema

Variabilidad del Plan Maestro

Establecer la brecha entre lo programado y lo ejecutado permite generar estrategias para eliminar las causas de la variabilidad en los procesos y de esta manera ajustar de manera eficaz el plan maestro.

Para realizar el seguimiento del plan, las cuadrillas encargadas de la preparación de los recursos deberán registrar, en un formato anexo a la programación, la fecha y hora en que las cuadrillas solicitan los recursos de cada uno de elementos asignados para la jornada de acuerdo a la programación. Para evaluar el tiempo que espera la cuadrilla en realizar el transporte vertical de los materiales, se registra la hora en que se realizan y adicionalmente se verifica que estas esperas no superen los tiempos de preparación asignados a los procesos (Anexo L).

Para calcular la variabilidad del plan maestro se realiza una comparación entre el tiempo de ejecución programado y el tiempo de ejecución empleado por las cuadrillas para construir los elementos asignados para la jornada.

Diferentes escenarios pueden presentarse durante la ejecución de las actividades, la cuadrilla del proceso puede comenzar sus actividades después de lo programado, sin embargo recuperar el tiempo perdido y terminar antes de lo previsto. De igual manera, la cuadrilla puede empezar a tiempo pero retrasarse con respecto al plan ó terminar horas antes de lo programado.

Un análisis de causas es necesario para identificar las demoras y pérdidas que generan los atrasos en algunas cuadrillas y por otro lado establecer aquellas condiciones de trabajo que favorecen a otras cuadrillas registrar un aumento en su rendimiento.

De lo anterior, se concluye que la estimación de la variabilidad del plan maestro pretende definir acciones correctivas para los procesos con bajo rendimiento, aprovechamiento de las condiciones del trabajo que generen un aumento en el rendimiento de todas las cuadrillas del proceso o de ser el caso reajustar los rendimientos con que se establece el plan maestro.

Control procesos restrictivos

En el proceso de identificación de restricciones, se definieron como procesos restrictivos el encerchado, armado de viga, embande de viga e instalación de corpalosa. Por otra parte, del análisis de pérdidas se concluyó que la fundida de placa es el proceso que presenta los mayores tiempos no contributivos, por lo tanto, al ser el proceso que habilita el inicio de las actividades de la siguiente placa, es incluido dentro de los procesos restrictivos.

El objetivo de sincronizar todos los procesos, es lograr un proceso de fundida a tiempo, ya que de la placa fundida se reinicia el proceso de construcción para la siguiente placa de la edificación. Este proceso posee un alto contenido de pérdidas, que trae como consecuencia largas jornadas de fundida y fatiga en los trabajadores, que debido al cansancio generan un impacto negativo en el rendimiento de las actividades que desempeñen al día siguiente del proceso de fundida.

Para comprender los procesos restrictivos y su relación con las principales causas de pérdidas: esperas y transportes no contributivos, son sometidos a un análisis causa-efecto. Los estudios causa-efecto se han registrado en el Anexo L.

Analizadas las actividades generadoras de pérdidas, se establecen los controles operacionales que permitirán una disminución en los porcentajes de los tiempos no contributivos.

8. IMPLEMENTACIÓN PLANES DE MEJORAMIENTO.

8.1. IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA 5S.

El plan de implementación se describe en la figura 39 y propone una estrategia para ejecutar con éxito los lineamientos de las 5S. En primera instancia se realiza la socialización del programa 5S a la Dirección del proyecto para obtener su compromiso, posteriormente se socializa a los contratistas los beneficios del programa, el proceso de implementación y la necesidad de establecer facilitadores que sean puntos de información confiable para responder las inquietudes de sus compañeros.

Figura 39 : Plan implementación del programa 5S.



La socialización a facilitadores tiene como objetivo suministrar información minuciosa del programa y por último, en la socialización a trabajadores se propone sensibilizarlos en la necesidad de adoptar nuevos comportamientos en el lugar de trabajo y los beneficios que obtendrán si estos hacen parte de sus hábitos de trabajo.

Figura 40 : Campaña expectativa y capacitación en el programa 5S



La metodología del programa 5S define 4 etapas para su ejecución en el proyecto:

- Registro de la situación actual: Es muy importante tomar fotografías como evidencia del lugar de trabajo donde se va a actuar. Estos registros serán muy útiles cuando el método de las 5S este en plena actividad.
- Establecimiento del cronograma de implementación de cada S: Se ha de establecer la frecuencia con la cual se desarrollará la implementación de cada S en los lugares de trabajo, se puede definir 1 S por día ó 1 S por

semana. De igual manera se establecerán los días que se asignaran para cada actividad, así como los participantes y los responsables de desarrollar dicha implementación.

- Desarrollo de la implementación: Con las cuadrillas de cada actividad se desarrollaran los trabajos de clasificación, organización y estándares de limpieza para cada una de ellas. Definido los estándares para cada lugar de trabajo se procederá a socializar a los trabajadores, facilitadores, contratistas y a la administración del proyecto.
- Seguimiento y documentación: Los estándares resultantes de la implementación de cada S permitirán actualizar las listas de chequeo de 5S existentes y generaran un punto de partida para la estandarización de los procesos de cada una de las actividades constructivas. El seguimiento a cada uno de los estándares definidos se realizará semanalmente y los resultados obtenidos serán publicados a los trabajadores para estimular su compromiso con la metodología.

8.2. IMPLEMENTACION DE PLANES DE MEJORAMIENTO

Como resultado de las mediciones de pérdidas, diagramas causa-efecto, análisis de *Layout* y del sistema de planificación “Last Planner”, se diseñaron e implementaron mensualmente planes de mejoramiento con el objetivo de reducir restricciones y disminuir el impacto de las causas generadoras de pérdidas en los procesos del sistema estructural.

8.2.1. Socialización e implementación del *Layout* de obra

La socialización inicial del *Layout* de obra y sus posteriores actualizaciones se realizó a contratistas, contra maestros y personal administrativo durante la reunión semanal “Last Planner”. Sin embargo, la carencia de un espacio para la

comunicación entre los diferentes procesos administrativos y el alto contenido de trabajo del personal administrativo, provocaron que el proceso de actualización del Layout y toma de decisiones logísticas se realizara de forma sectorizada, lo que no generaba una concurrencia en la toma de decisiones, ya que no se lograba establecer un único plan efectivo rápidamente.

Reunión 5 minutos.

La falta de coordinación y comunicación referente a temas logísticos, restrictivos y presupuestales, generaba una tardía creación de estrategias efectivas en las actividades administrativas y de construcción. Por tal motivo, se plantea la ejecución de reuniones 5 minutos, el cual es un espacio para:

- Incentivar y propiciar la comunicación en pro de generar un conocimiento general de lo que ocurre en obra en un periodo de tiempo determinado.
- Crear simultaneidad en todos los procesos administrativos del proyecto.
- Mejorar la logística de materiales y de entrada al proyecto.

En las reuniones se debe contar con las siguientes herramientas: I – ING 005, programación semanal de concreto, formato "Logística de materiales", *Layout* actualizado, correos y seguimiento a proveedores, equipos por llegar, control de costos y presupuesto, programas a implementar por "Lean Construction", informe HSE de la semana, entre otros. La reunión se realiza el Viernes en la tarde una vez se encuentren definidas las asignaciones semanales de los contratistas y la Programación de concreto.

Se inicia definiendo los materiales y equipos programados para la semana entrante, esto incluye la programación del concreto. Una vez definidos se revisará el estado de los requerimientos de material y equipos requeridos por el proyecto

para cumplir con las asignaciones semanales. Posteriormente se define la logística de entrada para materiales, esto incluye: los métodos de descargue, zonas de descargue, zonas de almacenamiento y planes de contingencia teniendo en cuenta lo que podría fallar en cada una de las situaciones.

Posteriormente, se comunica el inicio de nuevas etapas constructivas, el avance de las etapas actuales, temas presupuestales, condiciones de seguridad y programas a implementar por Lean Construction. Finalizada la reunión se realiza el acta de los temas tratados y acuerdos pactados durante la reunión. El proceso de implementación de la propuesta se registra en el Anexo N: R CAL 024 Acciones de mejoras estándar, reunión 5 minutos.

Logística de entrada

La llegada de varios proveedores, el reducido espacio para desarrollar los descargues, las pocas zonas habilitadas ocupadas y el personal destinado para los descargues recibiendo múltiples materiales, fueron situaciones que impulsaron la realización de una herramienta visual para programar de manera ordenada la logística de entrada de los materiales.

La herramienta es una cartelera en el que se definen el día y hora laborable, la zona de ingreso y zona de descarga asignada para la recepción de cada material. Durante la reunión 5 minutos de la semana, se comunican las fechas, materiales y equipos por recibir para la semana siguiente (Figura 41). Las reuniones tienen definido dentro de sus objetivos analizar las situaciones presentadas durante la semana y con base en ellas definir políticas que permitan un mejoramiento continuo de la logística de ingreso de los materiales y su administración en obra.

Como resultado de las reuniones 5 minutos se definieron políticas para la recepción de materiales y estándares para el descargue de hierro (Ver anexo N).

Figura 41 : Herramienta “logística de materiales” y Layout de Natura Ecoparque



8.2.2. Planes de mejora implementados

Resultado del análisis de pérdidas se plantearon e implementaron acciones de mejora registradas en los informes mensuales. Cada una de las mejoras es clasificada de acuerdo a su objetivo: reducción desperdicio de materia prima, aumento de rendimiento, reducción costo de la actividad, mejora en la calidad del producto y mejora en la condición SISO. Los resultados obtenidos se describen en cada informe presente en el anexo N.

Estandarización de planes de mejora implementados.

Los planes de mejora implementados que se estandarizaron son: camilla para transporte vertical de corpalosa, tablero de 40 cm para entablado, logística de materiales, reunión 5 minutos, protocolo recepción de materiales, planificación de construcción para contratistas y modificación R ING 117 para registrar las horas de salida de vehículos. En el anexo N, R CAL 024_Acciones de mejoras estándar se adjuntan los formatos con la descripción de cada implementación.

8.2.3. Plataforma GICO

GICO es un sistema de gestión integrada en la construcción, es el resultado de un proyecto de investigación aplicada en el sector de la construcción, desarrollado por GESCÓN (Grupo de investigación en gestión de la construcción, Universidad EAFIT), conjuntamente con importantes empresas de la ciudad de Medellín y Manizales. GICO se estructura en diferentes módulos, permitiendo la integración de las diferentes obras de la empresa y de las empresas entre sí, facilitando el intercambio de las buenas prácticas de gestión tendientes a mejorar el desempeño del sector.

La implementación de la plataforma GICO responde a 2 situaciones: falencias en la integración de los flujos de información y conversión detectados en la cadena de valor, además de largos tiempos de procesamiento de datos que no permiten la toma de decisiones en tiempo real.

Marval ha incursionado en la implementación de nuevas tecnologías y para no manejar por separado la plataforma GICO y el sistema *ERP PeopleSoft* actualmente utilizado en la empresa, logra desarrollar en conjunto con GESCON, el proyecto 2PI + GICO el cual incorpora las plataformas con otras herramientas para lograr una gestión integral que facilite la toma de decisiones en tiempo real (Ver figura 42).

La plataforma maneja 4 módulos conocidos como: administrador, empresas, obra y móvil. Mediante estos módulos se permite integrar los procesos de gestión de calidad, gestión ambiental, gestión de seguridad y salud ocupacional al proceso de gestión de la producción, facilitando a los profesionales de obra, la planificación y control del proyecto (Ver figura 43).

Figura 42 : Proyecto 2PI + GICO Integración PeopleSoft - Project – GICO¹⁷



Figura 43 : Esquema general del sistema de gestión integrada GICO¹⁸



¹⁷ Fuente: MARVAL S.A

¹⁸ Fuente Marval S.A. Presentación plataforma GICO

La plataforma permite obtener estadísticas de planificación, pérdidas, consumos, frecuencias de uso de documentos y usuarios, además de reportes de medición de tiempos, tasas de producción y planificación semanal (Ver figura 44).

Figura 44 : Estadísticas generadas en tiempo real por plataforma GICO¹⁹

 Planificación	 Perdidas	 Consumos	 Frecuencia de uso	 Reportes
Pac de Obra	Evolución Semanal	Por tarea y actividad	Documentos	Medición de Tiempos
Pac de Calidad	Evolución Acumulada		Usuarios	Tasas de Producción
Calificación Contratistas	Determinación de Pérdidas			Planeación Semanal
Pareto no Cumplimiento	Pareto de Tiempos			
No conformidades actividad				
No conformidades contratista				

8.3. GUÍA LEAN CONSTRUCTION

La guía *Lean Construction* brinda al Ingeniero Lean la metodología y las herramientas requeridas para lograr el aumento en la productividad de los procesos constructivos.

La guía se desglosa en 5 capítulos: Antes de iniciar, diagnóstico, recolección y análisis de datos, planes de mejoramiento e implementación del plan de mejoramiento. Los capítulos agrupan una metodología de 15 pasos necesarios para lograr el mejoramiento de los procesos; cada paso describe las herramientas necesarias a ser utilizadas por el Ingeniero Lean en campo. La guía podrá ser consultada en el Anexo N, mejoras implementadas.

¹⁹ Fuente Marval S.A. Presentación plataforma GICO

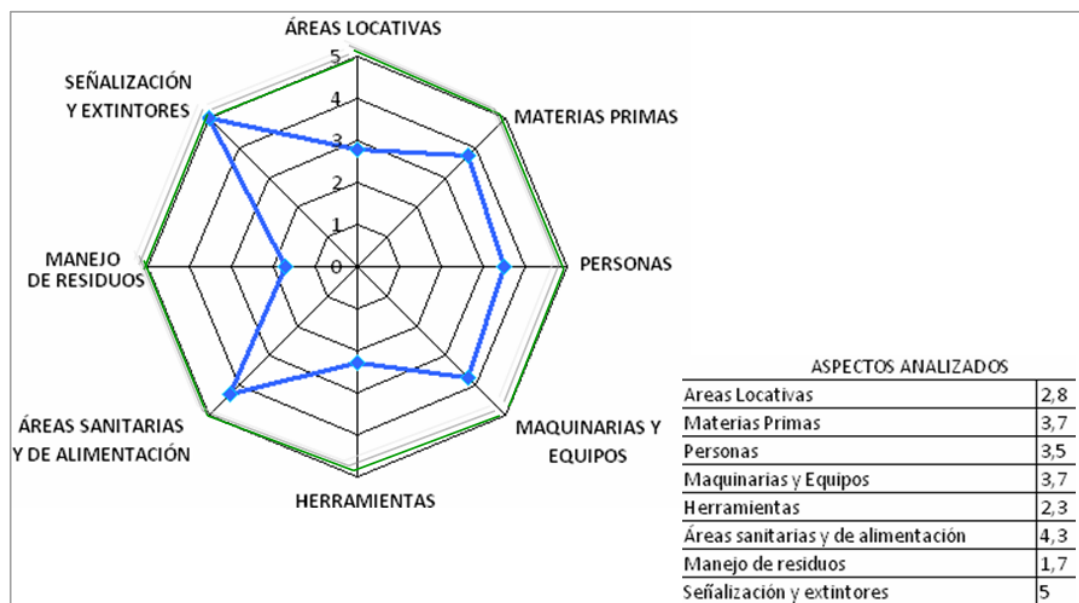
9. RETROALIMENTACIÓN Y BENCHMARKING

9.1. EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROGRAMA 5S

El Programa 5 s iniciado en el mes de Febrero arrojó inicialmente resultados bajos en los indicadores materias primas, áreas sanitarias y de alimentación, registrando una calificación de 2.3 y 3.7 respectivamente. En la figura 45 se puede observar que el indicador materias primas presentó un aumento de la calificación de 2.3 a 3.7 y el de áreas sanitarias de 3.7 a 4.3.

Por otra parte, el ingreso de nuevo personal perteneciente a nuevas etapas constructivas generó la disminución de los indicadores áreas locativas de 3 a 2.8, maquinaria y equipo de 4.3 a 3.7, herramientas 3.7 a 2.3 y manejo de residuos de 3 a 1.7. Lo anterior, impulso la implementación de un plan de capacitación e incentivos dirigido a todo el personal del proyecto con el objetivo de generar compromiso con la formación de la cultura 5 s (Ver Anexo K).

Figura 45 : Seguimiento cultura 5S mes de Abril



Los resultados obtenidos en el patio de materiales son:

- Reducción del espacio necesario para la ubicación de hierro, *Steel Deck*, malla y estribos. De un área utilizada en Torre 1 de 1880m² se dispuso a utilizar 1570 m², por lo tanto un espacio ahorrado de 310 m², espacio que permitió dar campo a actividades de fachada y habilitar espacios para el ingreso de vehículos con materiales de los contratistas de acabados.
- Definición de las zonas de almacenamiento de cada material.
- Control visual de materiales, inventario, retal y residuos.
- Disminución de los tiempos no contributivos dedicados a la búsqueda de hierro de vigas, desplazamientos y transportes de hierro de zonas alejadas del punto de elevación de material a placa.
- Disposición y señalización de una zona peatonal y tránsito de camionetas para acarreos.
- Reducción de condiciones inseguras y foco de plagas.

Figura 46 : Implementación 5S en patio de materiales



9.2. CUANTIFICACION E IMPACTO DE LAS MEJORAS

Un plan de mejora requiere el establecimiento de metas, las cuales son definidas con base en la cuantificación económica y beneficios del estado actual del

proceso, lo anterior incluye: costos de los insumos, costos de materiales, costo de mano de obra, beneficios en cuanto a productividad actual del proceso y rendimiento del personal.

El impacto de las mejoras está estrechamente ligado a la identificación de los beneficios que pueden obtenerse en el proceso, estos se dividen en:

- Directos: Productividad global (TP, TC, TNC), rendimiento global, eficiencia en utilización de insumos, herramientas y consumibles, mejoramiento en las condiciones de seguridad, mejoramiento y conservación condiciones ecológicas y ambientales, impacto sobre la calidad del proceso, e impacto sobre la fecha programada de entrega.
- Indirectos: Conocidos como efectos secundarios, son los costos evitados con el plan de mejora o el desarrollo de nuevas tecnologías e innovación como resultados del mismo.

El conocimiento del proceso permite la realización un análisis comparativo costo-beneficio entre los planes de mejoramiento propuestos, lo que proporciona información cuantitativa válida para la selección del escenario más favorable.

En el Anexo M (Tabla 2: Descripción de la propuesta de mejora, costo presupuestado, beneficios e impacto económico esperado), se presenta el formato que se utilizará para realizar la descripción de la propuesta de mejora, costo presupuestado, beneficios e impacto económico esperado, además del período de implementación del plan.

Una vez se ha implementado el plan de mejora más favorable, se describen los resultados obtenidos, los costos reales de la implementación, impacto económico y beneficios alcanzados, además de registrar el periodo de ejecución del plan. La información se registra y permite realizar un análisis de lo presupuestado con lo

obtenido, para analizar las causas de la variabilidad y plantear acciones correctivas que faciliten el proceso de implementación de futuros planes de mejoramiento. Los formatos y la metodología propuesta para la cuantificación económica e impacto de las mejoras se pueden consultar en el Anexo M.

Las acciones de mejoras implementadas y la cuantificación de las mismas se encuentran registradas en los informes mensuales (Anexo N). La cuantificación del estado actual y costos de las propuestas relacionadas con el *Layout* de patio de materiales se encuentran registrados en el anexo M.

9.3. BENCHMARKING.

El benchmarking es un proceso de excelencia, el cual se obtiene a través de la comparación de procesos claves de la empresa con las mejores empresas del sector, con el fin de medir el desempeño y establecer metas de mejoramiento.

El benchmarking competitivo es la comparación que se efectúa con respecto a los productos, procesos y resultados de los competidores

9.3.1. Benchmarking interno: comparativo mensual de obras

El benchmarking interno es un comparativo entre los proyectos de la misma empresa, en el que se propone evaluar mensualmente el porcentaje de cumplimiento del PAC mensual, porcentaje de cumplimiento de los compromisos adquiridos por los diferentes departamentos en la reunión *Look Ahead*, indicadores de productividad (tiempos productivos, contributivos y no contributivos), tasas de producción de la actividad con mayor impacto en el costo de la obra, índices de accidentalidad, número de acciones de mejoras implementadas e impacto económico, *Layout* actualizado e implementado, número

y costo de reprocesos, número de no conformidades encontradas en las auditorías internas, informe gerencial e informe presupuestal actualizados.

9.3.2. BechColombia: sistema de referenciación para la construcción

Es una plataforma web a la cual MARVAL S.A puede acceder con el objetivo de comparar en línea el desempeño de los proyectos y las empresas de construcción, a través de indicadores claves de desempeño, definidos conjuntamente por las empresas del sector.

El sistema fue desarrollado conjuntamente por el grupo GESCÓN y el centro de investigación CIDICO y hace parte del portal Gestión de la Construcción como uno de los productos y servicios que se ofrece a la empresa en pro del aumento de la productividad y competitividad.

Los indicadores para grandes proyectos incluyen: costos, plazos, calidad, satisfacción del cliente, clima organizacional, salud y seguridad, administración y finanzas, ambiental y pre operativos. La descripción de cada indicador se efectúa en el anexo L.

10. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos de la estrategia de implementación de técnicas basadas en los principios de “Lean Manufacturing” en el sector construcción, produjeron buenos resultados que aún se encuentran en progreso. La estrategia implicó el desarrollo de capacitaciones, mediciones y acciones de investigación, una interacción entre la dirección del proyecto, contratistas y sus colaboradores, y una persistente búsqueda de nuevas maneras de mejorar los procesos. Existe la necesidad de definir métodos para consolidar cambios dentro de la empresa, mantener la motivación y la persistencia en una cultura tradicional.

A continuación revisaremos una serie de conclusiones emanadas de la implementación de “Lean Construction” en el proyecto Natura Ecoparque Empresarial:

- La implementación del “Last Planner” se aprecia como una oportunidad para definir adecuadamente los requerimientos de cada contratista y responder en un tiempo oportuno para con ello aliviar las interrupciones y detenciones.
- La calificación semanal de contratista permite seleccionar contratistas para los proyectos por su habilidad y disponibilidad para participar en el sistema de control de producción.
- El sistema “Last Planner” permite reducir los plazos contractuales de ejecución de los proyectos de construcción. Al reducir plazos, permite importantes reducciones de costo, ya que se limita la utilización de recursos que se estimaron hasta la fecha de término contractual de ejecución del proyecto.
- Al aumentar el porcentaje de actividades completadas (PAC) se disminuye la variabilidad de obra, lo que se traduce en una disminución de la incertidumbre del proyecto, por lo tanto los flujos de producción se hacen más seguros y estables.

- Del análisis de las causas de no cumplimiento depende la retroalimentación y el mejoramiento continuo, pues en el análisis de ellas se encuentra la capacidad de no volver a cometer errores. Sin embargo, cuando el PAC tiende a estabilizarse (reducción al mínimo de la variabilidad), las causas de no cumplimiento apuntan a factores externos a la empresa.
- Además de realizar mejores alianzas con diferentes entes involucrados con las empresas que desarrollan proyectos de construcción, se debe implementar la planificación en el diseño y el compromiso de los profesionales competentes.
- La definición del “Layout” de obra en combinación con unas políticas adecuadas de recepción de materiales y de comunicación, garantizan un proceso más rápido con menores costos por transportes de material y tiempos de preparación elevados en búsqueda del mismo.
- La intervención de manera prioritaria en aquellas actividades que contenían los mayores tiempos no contributivos y que presentaban además los mayores porcentajes de pérdidas de acuerdo a los análisis de Pareto fueron la clave para lograr el incremento de la productividad del proyecto.
- Se evidencia que factores como el ingreso de nuevo personal a un proceso o la rotación del personal entre procesos, trae como resultado una disminución en los indicadores de productividad debido al tiempo que el trabajador requiere para adaptarse al proceso y que una vez esta etapa de aprendizaje es superada, se registran mayores tiempos productivos que los registrados anteriormente a la rotación del personal.
- Los proyectos especiales tienden a marcar rendimientos altamente variables, debido a la alta rotación del personal, cambios constantes en los diseños y retrasos en la entrega de los materiales en obra. Sin embargo a medida que se encuentra el personal idóneo y se aplican políticas adecuadas de gestión con proveedores, los valores de rendimientos tienden a normalizarse.
- Las tasas de producción como resultado de la medición de rendimientos confirman que el sistema estructura tradicional en *Steel Deck*, registra mayores rendimientos que el sistema tradicional de construcción en casetón de madera

y adicionalmente el personal a medida que toma experiencia en el sistema, eleva los tiempos productivos disminuyendo como consecuencia el tiempo de construcción del producto.

- Las tasas de producción obtenidas de la medición de rendimientos es crucial para establecer el tiempo de ejecución de un elemento estructural, identificar procesos restrictivos y realizar asignaciones de cuadrillas a los mismos.
- La medición de tiempos por método aleatorio es primordial para establecer metas de rendimiento en los procesos estructurales.
- El análisis de cuadrilla es una metodología de gran ayuda al momento de reasignar trabajadores a una cuadrilla o reasignar trabajos a cada integrante de la cuadrilla.
- La implementación de la metodología 5S permitió lograr una disminución en los tiempos contributivos y no contributivos cuyas causas principales eran las esperas, transportes, instrucciones y preparación.
- La implementación del Plan Maestro de Construcción permitirá planificar y controlar los procesos de preparación, transportes, esperas y demoras, desperdicios de material, ubicación de materiales y avance de los procesos estructurales.
- La implementación de tecnologías de información como la plataforma GICO integrada con el ERP *PeopleSoft* en los proyectos de MARVAL S.A, permite el desarrollo de un sistema integral de gestión con el cual se pueden tomar decisiones en tiempo real y facilitar el proceso de medición y control del sistema constructivo.

11.RECOMENDACIONES

Con base en el siguiente trabajo se realizan las siguientes recomendaciones para implementar futuras acciones de mejora:

Cadena de valor

La adecuada gestión de proveedores y materiales es clave para lograr un proceso constructivo sin interrupciones. La gran mayoría de atrasos en el sistema constructivo se deben a un extenso proceso de solicitud de materiales y equipos con largos tiempos para aprobaciones. El proceso ha presentado tiempos superiores a lo establecido cuando: los proveedores no cuentan con las unidades requeridas y se les ha emitido la orden de compra sin realizar una verificación previa por la empresa, las especificaciones técnicas del material solicitado en obra no son conocidas por el personal de compras y cuando el proveedor se demora en entregar los recursos al proyecto. Estas situaciones requieren un análisis del proceso de compras y la identificación de las causas generadoras de reprocesos de información, con el objetivo de lograr un flujo de información sin interrupciones y la entrega de materiales en un menor tiempo a las obras.

Diseños

Los constantes cambios de versiones en planos dificultan el flujo continuo de los procesos constructivos. Se recomienda un mejoramiento en el involucramiento del personal de diseño en el proceso de construcción.

BIBLIOGRAFÍA

ALARCÓN Luis Fernando. "Mejorando la productividad de Proyectos con Planificaciones más confiables". Investigación Revista BIT, Junio 2002, Chile.

ALARCÓN Luis Fernando, "Herramientas para identificar y reducir pérdidas en proyectos de Construcción", Revista Ingeniería de Construcción. Universidad Católica de Chile, 9 p.

ALARCÓN Luis Fernando, "Organizándose para implementar prácticas Lean en empresas constructoras", Revista Ingeniería de Construcción. Universidad Católica de Chile, 9 p.

ALARCÓN Luis Fernando & SEQUEL Loreto, "Desarrollando estrategias que incentiven la implementación de Lean Construction" 10° Congreso de Lean Construction, Gramado Brasil, 2002.

ALARCÓN, Diethelmand & Rojo "Collaborative implementation of Lean Planning Systems in Chilean Construction Companies". 10° Congreso de Lean Construction, Gramado Brasil, 2002.

BALLARD Glenn. "The Last Planner." Northern California Construction Institute, Monterey, California. Abril 22-24, 1994.

BALLARD Glenn, "Lean Project Delivery System". LCI white paper-8. 2000, 7 p.

BALLARD Glenn, "Look ahead Planning: The missing link in production control", Informe técnico N°97-3, University of California, Berkeley.

BALLARD, G. and HOWELL, G. (1997) "Shielding Production: An Essential Step in Production Control." Technical Report 97-1, Construction Engineering

BOTERO BOTERO, Luis Fernando. Construcción sin pérdidas: Análisis de procesos y filosofía Lean Construcción. 2 ed. Colombia: LEGIS S.A., 2006.

CHASE, Richard B.; JACOBS, F. Robert y AQUILANO, Nicholas Jr. Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva. 10 ed. México: McGraw-Hill, 1995.

DOMINGUEZ MACHUCA, José Antonio. *et al.* Dirección de operaciones, aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios. 1 ed. Madrid: McGraw-Hill, 1995.

FRANCÉS, Antonio. Estrategia y planes para la empresa con el cuadro de mando integral. 1 ed. México: Prentice Hall 2006.

GARCIA SOLARTE, Mónica, Gestión del cambio (Online), Facultad de ciencias de la administración Universidad del Valle.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. NTC 1486: Documentación, presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. NTC 4490: Referencias documentales para fuentes de información electrónicas.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. NTC 5613: Referencias bibliográficas, contenido, forma y estructura.

KOSKELA, L. (1992) "Application of the New Production Philosophy to Construction". Technical Report No. 72, Stanford, CIFE, Stanford University.

MELLES, B. and WAMELINK, J. (1993). Production control in construction. Delft University Press, The Netherlands.

OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO. (Ginebra). Introducción al estudio del trabajo. 4 ed. Editorial LIMUSA, 1998.

OHNO, Taichi. 1988. Toyota production system. Productivity Press, Cambridge, MA. 143 p.

ORTIZ PIMIENTO, Néstor Raúl. Análisis y mejoramiento de los procesos de la empresa. Bucaramanga 1999.

ROJAS VERA, Raúl. La Construcción (Online) www.monografias.com

SHINGO, Shigeo. 1984. Study of 'TOYOTA' Production System. Japan Management Association, Tokyo. 359 p.

ANEXOS

Ver los anexos en la carpeta adjunta a este documento