

**IMPLEMENTACIÓN DE LOS PRINCIPIOS DE LEAN CONSTRUCTION EN LA
CONSTRUCTORA COLPROYECTOS S.A.S. DE UN PROYECTO DE VIVIENDA
EN EL MUNICIPIO DE VILLA DEL ROSARIO**

**DIEGO HERNANDO VILLAMIZAR ROA
LEIDY JANETH ORTIZ CONTRERAS**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.
FACULTAD DE INGENIERIA FÍSICO MECÁNICA
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES.
ESPECIALIZACIÓN EN EVALUACIÓN Y GERENCIA DE PROYECTOS
BUCARAMANGA**

2016

**IMPLEMENTACIÓN DE LOS PRINCIPIOS DE LEAN CONSTRUCTION EN LA
CONSTRUCTORA COLPROYECTOS S.A.S. DE UN PROYECTO DE VIVIENDA
EN EL MUNICIPIO DE VILLA DEL ROSARIO**

**DIEGO HERNANDO VILLAMIZAR ROA
LEIDY JANETH ORTIZ CONTRERAS**

**Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de
Especialista en Evaluación y Gerencia de Proyectos**

**Director:
EDWIN ALBERTO GARAVITO HERNÁNDEZ.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.
FACULTAD DE INGENIERIA FÍSICO MECÁNICA
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES.
ESPECIALIZACIÓN EN EVALUACIÓN Y GERENCIA DE PROYECTOS
BUCARAMANGA**

2016

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de grado a DIOS, a Santo Tomás de Aquino, patrono de los estudiantes y a la Virgen María, quienes inspiraron mi espíritu. A mis padres quienes me dieron vida, educación, apoyo y consejos. A mi familia mi apoyo y pilar fundamental en mi vida. A mis compañeros de estudio, a mis maestros y amigos, quienes sin su ayuda nunca hubieran podido hacer este trabajo de grado. A todos ellos se los agradezco desde el fondo de mi alma. Para todos ellos hago esta dedicatoria.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a Dios por permitirme culminar con éxito esta etapa de vida. A mi familia que son mi motor y pilar en este camino. A mis padres pues a ellos les debo todo lo que hasta hoy he alcanzado.

A la Universidad Industrial de Santander, Escuela de estudios Industriales y empresariales que durante el transcurso de mi especialización se convirtieron en un segundo hogar, que me brindó conocimiento y me ayudó a crecer profesionalmente.

De igual forma quiero expresar mi gratitud a la constructora Colproyectos S.A.S. Por permitirme realizar mi trabajo de grado y también a los ingenieros de la obra Arboretto que siempre estuvo ahí apoyándome y colaborándome al cumplimiento de los objetivos planteados en este trabajo.

De igual forma, agradezco al Ing. Edwin Alberto Garavito Hernández, director de proyecto, por la asesoría brindada y por compartir su experiencia y conocimientos.

Finalmente, quiero compartir este logro con cada una de las personas que de una u otra manera me acompañaron, durante esta etapa de formación profesional que aquí finaliza con nuestra especialización en Evaluación y Gerencia de Proyectos.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	26
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO	28
1.1 TITULO DEL PROYECTO	28
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	28
1.3 JUSTIFICACION DEL PROYECTO	29
1.3.1 A nivel de la empresa.	29
1.3.2 A nivel del estudiante.....	30
1.4 ALCANCE DEL PROYECTO.....	31
1.4.1 Análisis de resultados obtenidos	32
1.5 METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO	32
1.5.1 Sensibilizar al personal administrativo por parte de la constructora	32
1.5.2 Seleccionar Actividades a Estudiar.	32
1.5.3 Analizar los rendimientos de mano de obra.....	33
1.5.4 Focalizar las causas de baja productividad estableciendo mejoras.....	33
1.5.5 Implementar el ultimo planificador “Last Planner”	33
1.5.5.1 Preparación:.....	33
1.5.5.2 Desarrollar iniciativas que promuevan la implementación:.....	34
1.5.5.3 Análisis del Programa Maestro o línea de balance.....	34
1.5.5.4 Planificación Intermedia:.....	34
1.5.5.5 Planificación Semanal:	35
1.5.5.6 Análisis de Resultados y conclusiones de implementación:.....	35
1.5.6 Evaluar la Efectividad del Plan de Mejoramiento.....	35
1.5.7 Construir un global de la productividad en obra y conmemoración.....	36
1.5.7.1 Planeación:	36
1.5.7.2 El análisis e integración	36
1.5.8 Propuesta desde la óptica del Ingeniero civil y de Ingeniera Industrial.....	36

2. OBJETIVOS	37
2.1 OBJETIVO GENERAL	37
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	37
3. MARCO DE REFERENCIA	38
3.1 MARCO CONTEXTUAL	38
3.1.1 Ubicación de la Constructora Colproyectos S.A.S.....	39
3.1.2 Nuestro LEMA.....	39
3.1.3 Quienes somos	39
3.1.4 Misión.....	39
3.1.5 Visión.....	40
3.1.6 Política del sistema de gestión integral.	40
3.2 MARCO DE ANTECEDENTES	40
3.3 MARCO TEÓRICO	42
3.3.1 Diferencia entre la producción Lean y la Tradicional	47
3.3.2 Programación con línea de balance.....	56
3.3.3 Layout (logística interna de la obra).....	60
3.3.4 Logística desde el punto de vista de dirección de la construcción.....	61
3.3.5 Evaluación del PAC.	62
4. METODOLOGÍA	63
4.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	63
4.2 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	63
4.2.1 Población.	63
4.2.2 Muestra.	63
4.3 INSTRUMENTOS O TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	64
4.3.1 Fuentes primarias.....	64
4.3.2 Fuentes secundarias.....	64
4.4 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	65
5. ANALISIS DE RIESGOS.....	66
5.1 CATEGORÍAS DE RIESGOS:.....	66

5.1.1 Responsabilidades de Riesgos.	66
5.1.2. Organigrama y Responsabilidades.	67
5.1.3. Equipo de Gestión de Riesgos por Categoría.....	67
5.1.4 Equipo de Respuesta a Riesgos	68
5.1.5 Matriz de Riesgos.	68
6. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.....	69
6.1 ESTUDIO DE RENDIMIENTOS DE PRODUCTIVIDAD EN LA OBRA.....	69
6.2 EVALUACIONES DE LA EFECTIVIDAD DEL PLAN DE MEJORAMIENTO CUANTIFICANDO LA MINIMIZACIÓN DE LAS PÉRDIDAS.....	72
6.3 EVALUACIÓN POR MEDIO DE LA LEY DE PARETO LAS CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO DEL PRIMER Y ÚLTIMO MES DE EVALUACIÓN EN LA PRODUCTIVIDAD DE OBRA.....	74
6.4 ESTUDIO DE DISTRIBUCIÓN DE MATERIALES, ENTREGA DE LAYOUT EN OBRA	76
6.5 PROPUESTA DE LAST PLANNER (PAC) Y EVALUACIÓN DE LOS CONTRATISTAS Y SUBCONTRATISTAS PARA TENER EN CUENTA EN PRÓXIMAS CONTRATACIONES.....	81
6.6 ESTUDIO DEL BALANCE DE OBRA EN LÍNEA DE BALANCE DONDE OBSERVA LOS PUNTOS CRÍTICOS Y A MEJORAR EN OBRA EN CUANTO A PROGRAMACIÓN	83
6.7 ESTUDIO DE RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA PARA LAS ACTIVIDADES SELECCIONADAS EN ESTE CASO MAMPOSTERÍA	89
7. CONCLUSIONES	96
8. RECOMENDACIONES.....	98
BIBLIOGRAFÍA	100
ANEXOS	103

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Logo de la empresa	38
Figura 2. Principios de Lean Construction	44
Figura 3. Representación de un ciclo de un proceso	50
Figura 4. Principios del Last Planner	52
Figura 5. Lineamientos y funciones del Last Planner	54
Figura 6. Procesos específicos para la aplicación del Last Planner.....	54
Figura 7. Calculo de la línea de balance	58
Figura 8. Estudio del layout de obra inicial	76
Figura 9. El antes con la desorganización y desperdicios	77
Figura 10. El antes con la desorganización y las áreas no limpias e inadecuadas para la realización del trabajo	78
Figura 11. El después con los centros de acopio, vías limpias	78
Figura 12. El después con el orden y aseo de las vías	79
Figura 13. Almacenamiento de materiales en obra	79
Figura 14. El layout actual en la obra Arboretto	80
Figura 15. Planificación intermedia de Arboretto	84
Figura 16. Planificación semanal	85
Figura 17. Comité de obra Arboretto	86
Figura 18. Calificación de los contratistas por su rendimiento semanal	87
Figura 19. Reconocimiento al desempeño de los trabajadores	88
Figura 20. Caso de éxito de la implementación lean construction en la obra Arboretto de la constructora Colproyectos S.A.S.....	89
Figura 21. El desorden y desperdicios	90
Figura 22. El antes sin modulaciones de muros.....	91
Figura 23. Gracias a las modulaciones y los datos estadísticos.....	92
Figura 24. Gracias a las modulaciones de muros en mampostería	93

Figura 25. Modulaci3n de bloque de mampostería.....93
Figura 26. Modulaci3n de muro su proceso de construcci3n94
Figura 27. El resultado de emplear modulaci3n de muros.....95

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Actividades clasificadas como tiempo contributivo	45
Cuadro 2. Actividades clasificadas como tiempo no Contributivo	46
Cuadro 3. Comparación entre los esquemas de producción	47
Cuadro 4. Categorías de riesgos.....	66
Cuadro 5. Responsabilidades de riesgos.....	67
Cuadro 6. Organigrama y responsabilidades.....	67
Cuadro 7. Equipo de gestión de riesgos por categoría.	68
Cuadro 8. Equipo de respuesta de riesgo.	68
Cuadro 9. Tendencia de evaluación a contratistas	81
Cuadro 10. Evaluación a contratista y conmemoración al desempeño del mes	82

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfico 1. Técnicas de planeación	59
Gráfico 2. Terminación de la primera unidad 3 semanas después de lo programado	60
Gráfico 3. Diagnóstico de productividad de la obra mes diciembre	69
Gráfico 4. Diagnóstico de productividad de la obra mes enero	70
Gráfico 5. Diagnóstico de productividad de la obra mes febrero	70
Gráfico 6. Diagnóstico de productividad de la obra mes marzo.....	71
Gráfico 7. Tendencia de diagnóstico de productividad acumulativa y comparativa.....	71
Gráfico 8. Diagrama de Pareto causas de cumplimiento el antes	72
Gráfico 9. Diagrama de Pareto de las causas de no cumplimiento el después	73
Gráfico 10. Diagrama de Pareto causa de no cumplimiento del mes de diciembre	74
Gráfico 11. Diagrama de Pareto de causas de no cumplimiento para el mes de marzo ..	75
Gráfico 12. Línea de balance de la obra Arboretto	83
Gráfico 13. Evolucion de PAC Arboretto	89
Gráfico 14. Desperdicios de bloque representado en dinero	91

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Formato para recolectar los datos de la productividad en obra así como también las pérdidas en mano de obra	103
Anexo B. Registro fotográficos del contratista del mes	104
Anexo C. Estructura organizacional en la constructora	105
Anexo D. Formato de tendencia de evaluación a contratistas	106
Anexo E. Formato de tendencia de evaluación y desempeño a contratistas	107
Anexo G. Formato tendencia de diagnósticos de productividad mensual vs causas de no cumplimiento de productividad en obra.....	109
Anexo H. Formato de acta de reuniones y compromisos del comité semanal y de obra	110
Anexo I. Formato del plan semanal y pac semanal	111
Anexo J. Formato de evaluación a contratistas y el pac semanal	112
Anexo K. Matriz de Riesgos	113

GLOSARIO

ACTIVIDAD DE CONSTRUCCIÓN: Serie de acciones, desplazamientos y esperas, ejecutadas en forma continua y metódica, por una cuadrilla de uno o varios obreros, con el fin de producir, adecuar, ensamblar materiales, con la ayuda de herramientas y equipos, para adelantar un proceso constructivo.

ASIGNACION: Orden dada a un obrero o cuadrilla para que ejecute una cantidad de obra determinada o es una directiva asignada a una persona de su ejecución.

CONSUMO DE MANO DE OBRA: Cantidad de recurso, expresado en horas – Hombre, empleado por una cuadrilla para ejecutar completamente una cantidad unitaria de una determinada actividad construida.

CUADRILLA: Persona o grupo de personas de diferente especialidad, que consumen algún tiempo en la ejecución de alguna actividad. Según su composición puede clasificarse Como las siguientes:

CUADRILLA COMPUESTA: Varios operarios realizan labores para la ejecución de una actividad.

CUADRILLA MÚLTIPLE: Compuesta por diferentes cuadrillas colectivas de diferentes especialidades, necesarias para la realización de una actividad compleja.

CUADRILLA SIMPLE: Un solo operario realiza labores independientes.

CONVERSIONES: Son aquellas actividades en que transforman los recursos en una cantidad de obra dentro del proceso de producción.

CADENA DE VALOR: Es el instrumento más utilizado para realizar un análisis que permita extraer claras implicaciones estratégicas para el mejoramiento de las actividades con un enfoque de eficiencia y eficacia¹.

CONSTRUCCION: Es el área que engloba a los profesionales destinados a planificar, supervisar y erigir infraestructuras, tomando en cuenta las rigurosas normas de control de Calidad al país que pertenezca.

DEFECTOS, RECHAZOS: Los reprocesos, reparaciones, cambios por reclamos, cubrimiento de garantías, reciclaje de productos que no cumplen con las especificaciones; en general los costos asumidos por las fallas internas o externas de Calidad. (Muñoz, 2010).

ESTRUCTURA: Es toda construcción destinada a soportar su propio peso y la presencia de acciones exteriores, tales como las fuerzas, momentos, cargas térmicas, etc., sin perder las condiciones de funcionalidad para las que fue concebida ésta. Adicional tiene un número de grados de libertad negativo o cero, por lo que los únicos desplazamientos que puede sufrir son resultado de deformaciones internas.

EXCESOS DE INVENTARIOS: implica tanto los inventarios excesivos de materias primas, insumos, productos en proceso, productos terminados, repuestos, otros.

EXCESOS DE MOVIMIENTOS: Hace referencia a todos los desperdicios originados por movimientos excesivos ejecutados por los operadores en los

¹ PORTER, M. y KRAMER, M. Estrategia y sociedad: el vínculo entre ventaja competitiva y responsabilidad social corporativa. México: Harvard Business Review, 2006.

procesos de la manufactura, debido a las condiciones en los puestos de trabajo, provocando una menor productividad y fatiga en los operarios.

EFICIENCIA: Proviene del latín *effi*Se define como la capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir un objetivo determinado. Característica del método o procedimiento para ejecutar una actividad, lo que hace óptimo por el mínimo consumo de los recursos, tiempo y costo, o por el máximo rendimiento de los mismos. La ejecución de una actividad puede hacerse utilizando diferentes métodos eficaces, con distintos grados de eficiencia, pero solo uno de ellos será el más eficiente respecto a alguno de los recursos. También se define como la razón entre la producción real obtenida y la producción estándar esperada.

EFICACIA: Capacidad del método o procedimiento para ejecutar una actividad, de cumplir su cometido, es la medida en que la aplicación del esfuerzo humano produce los resultados deseados en cantidad y calidad. Función del método, la técnica, la experiencia, los conocimientos, las aptitudes y actitudes.

FACTOR DE AFECTACION: Es el conjunto de circunstancias y / o condiciones que de alguna manera pueden llegar a afectar (positiva o negativamente) la normal ejecución de una actividad.

FLUJOS: Son las entradas del sistema (ej.: proceso de producción en la construcción), y pueden dividirse en recursos (mano de obra, materiales, herramientas, equipos) e información. Unos flujos pueden controlarse y otros no².

FLUJO CONTINUO: El corazón del Lean System es el principio de “Justo a Tiempo” que significa producir de acuerdo a tres condiciones: solo lo que se necesita, cuando se necesita y en la cantidad que se necesita. En el caso de los

² BOTERO, Luis. Diez años de implementación lean en Colombia: Logros y dificultades (Construcción sin pérdidas). Medellín: Universidad EAFIT, 2014. p. 37.

procesos productivos, se puede decir que el enfoque debe de cambiar de perspectiva, mirando el proceso general y no solo las necesidades e ineficiencias de una sola operación.

LAST PLANNER: El sistema Last Planner apunta fundamentalmente a aumentar la fiabilidad de la planificación y con eso a mejorar los desempeños.

LAYOUT: Es la logística interna de la obra a medida que se avanza en la obra.

LEAN CONSTRUCTION: Lean Construction es una nueva filosofía orientada hacia la administración de la producción en construcción, cuyo objetivo fundamental es la eliminación de las actividades que no agregan valor (pérdidas).

PROCESO: Es un conjunto de actividades o eventos, coordinados u organizados, que se realizan suceden de forma alternativa o simultánea, con un fin determinado.

PROCESO PRODUCTIVO: Consiste en transformar entradas (insumos) en salidas, (bienes y/o servicios) por medio del uso de recursos físicos, tecnológicos, humanos, etc.

PRODUCTIVIDAD: Es genéricamente entendida como la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción o servicios y los recursos utilizados para obtenerla.

PRODUCCION: Cuando la retribución a los trabajadores es sobre la producción que realizan, se debe controlar el trabajo que llevan a cabo para valorar el rendimiento de cada individuo y ver si es el adecuado.

PLANEACION ESTRATEGICA: Herramienta administrativa que ayuda a incrementar las posibilidades de éxito cuando se quiere alcanzar algo en situaciones de incertidumbre y/o de conflicto (oposición inteligente). Se basa en la administración por objetivos y responde prioritariamente la pregunta “Qué hacer”. Situaciones como la creación o reestructuración de una empresa, la identificación y evaluación de programas y proyectos, la formulación de un plan de desarrollo, la implementación de una política, la conquista de un mercado, el posicionamiento de un producto o servicio, la resolución de conflictos, son ejemplos de casos donde la Planeación Estratégica es especialmente útil. (Unal.edu.co, 2010)

PRODUCTOS DEFECTUOSOS: Generados por problemas de la materia prima, errores en los procesos de producción, omisiones de los operadores, etc.

PAC: Porcentaje de Asignaciones completas, es el número de asignaciones de trabajo ejecutadas dividido entre el número de las planificadas.

PERDIDA: Todo lo que sea distinto de los recursos mínimos absolutos de materiales, máquinas y mano de obra necesaria para agregar valor al producto.

PLANIFICACION INTERMEDIA: En el nivel jerárquico de la planificación se ubica en el nivel medio, su objetivo es garantizar un flujo de trabajo constante mediante la liberación de restricciones.

PREPARACION DE RESTRICCIIONES: Es el proceso mediante el cual, el responsable de liberar las restricciones gestiona las condiciones necesarias para que se provean los recursos necesarios, se definan los tiempos de respuesta y se concedan los permisos necesarios si dado el caso se requieran.

RITMO DE TRABAJO: El ritmo de trabajo es el tiempo para fijar el volumen de trabajo de cada puesto en las empresas; determinar el costo estándar o establecer

sistemas de salario de incentivo. Los procedimientos empleados pueden llegar a repercutir en el ingreso de los trabajadores, en la productividad y, según se supone, en los beneficios de la empresa.

RENDIMIENTO DE MANO DE OBRA: Cantidad de obra, expresada por unidad de medida, de alguna actividad realizada por un/a cuadrilla, por unidad de recurso humano expresada en h.H. (Inverso del Consumo de mano de obra).

SEGURIDAD: El trabajador deberá tener todos los implementos de seguridad lo correspondiente a la dotación que aseguren su bienestar y cómoda de tal manera que se adecuen los espacios para un óptimo desempeño sin ningún tipo de riesgo.

TIEMPO DE CICLO (TC). Representa la “duración en unidad de tiempo” de un proceso, para transformar una pieza, desde su inicio hasta su finalización, por ejemplo: Una troqueladora que opera a una velocidad de 60 piezas por minuto, el tiempo de ciclo por pieza será de 1 segundo.

TIEMPOS PREDETERMINADOS: Se basan en analizar los movimientos elementales que constituyen el ciclo a medir, cuyos valores tipo aparecen en tablas, en función de su nivel de actuación.

TIEMPO ESTANDAR: Es el patrón que mide el tiempo requerido para terminar una unidad de trabajo, utilizando método y equipo estándar, por un trabajador que posee la habilidad requerida, desarrollando una velocidad normal que pueda mantener día tras día, sin mostrar síntomas de fatiga.

VARIABILIDAD: La producción en la construcción variará con alguna desviación estándar, por ejemplo, debido a la variación en tamaño y peso de los componentes instalados, facilidad de instalación, tolerancias de fabricación y

elevación, etc. Esta desviación de lo planificado representa lo que se ha pasado a denominar "variabilidad". Ausencia de variabilidad significa producción confiable³.

³ TOMMELEIN, I. Pull-Driven Scheduling for Pipe-Spool Installation: Simulation of Lean Construction Technique. *Journal of Construction Engineering and Management*, 1998. vol. 124, no. 4, p. 279-288.

RESUMEN

TITULO: IMLEMENTACIÓN DE LOS PRINCIPIOS DE LEAN CONSTRUCTION EN LA CONSTRUCTORA COLPROYECTOS S.A.S. DE UN PROYECTO DE VIVIENDA EN EL MUNICIPIO DE VILLA DEL ROSARIO.*

AUTOR: VILLAMIZAR ROA, Diego Hernando; ORTIZ CONTRERAS, Leidy Janeth.**

PALABRAS CLAVE: Lean Construction, Last Planner, Layout, Porcentaje De Asignaciones Completas (PAC), Restricciones.

DESCRIPCION

Este trabajo de grado describe los principios de la metodología Lean Construction y su aplicación. Lo que se pretende es mostrar una guía para la aplicación de Lean Construction desde la concepción hasta la liquidación mirando una programación de obra y así evitar restricciones para obtener un buen rendimiento y una productividad en obra, el cual se encuentra inmerso dentro de la construcción sin pérdidas. Toda la metodología Lean Construction tiene sus fundamentos en el sistema de producción de la Toyota cuyo objetivo fundamental es eliminar todas aquellas actividades que no agregan valor al sistema productivo, son principios de administración aplicados a la construcción. Mediante el empleo de técnicas sencillas de control como el sistema del último planificador (Last Planner), plan semanal, así como también una planificación intermedia. Lo que se pretende es hacer que el proceso constructivo sea un poco más productivo evitando tantas perdidas y un descontrol en la obra así como también anejar manejar un layout de obra (logística interna), todo esto con el fin de satisfacer las necesidades de los clientes y obtener un producto con calidad y cumplimiento.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingeniería Físico Mecánica. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Especialización en Evaluación y Gerencia de Proyectos. Director. Edwin Alberto Garavito Hernández.

ABSTRACT

TITLE: IMLEMENTACIÓN OF THE PRINCIPLES OF LEAN CONSTRUCTION IN THE CONSTRUCTION COLPROYECTOS S.A.S. A HOUSING PROJECT IN THE MUNICIPALITY OF VILLA DEL ROSARIO.*

AUTHOR: VILLAMIZAR ROA, Diego Hernando; ORTIZ CONTRERAS, Leidy Janeth. **

KEY WORDS: Lean Construction, Last Planner, Layout, Percent Complete Assignments (PAC) Restrictions.

DESCRIPTION

This paper describes the principles grade of Lean Construction methodology and its application. What is intended is to display a guide for the application of Lean Construction from conception to liquidation watching programming work and avoid restrictions to get a good performance and productivity at work, which is immersed into the building without losses. All Lean Construction methodology has its foundations in the production system of Toyota whose main objective is to eliminate all those activities that do not add value to the production system, management principles are applied to the construction. By using simple techniques of control as the last planner system (last planner), weekly plan, as well as an intermediate planning. What is intended is to make the construction process a little more productive avoid many losses and lack of control in the work as well as anejar handle a layout of work (internal logistics), all this in order to meet customer needs and get a product with quality and compliance.

* Degree Work

** Faculty of Physical Engineering Mechanics. School of Industrial and Business Studies. Specialization in Evaluation and Project Management. Director. Edwin Alberto Hernandez Garavito.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la construcción en Colombia viene creciendo debido al déficit de infraestructuras, debido a que la mayoría de las empresas constructoras a nivel nacional, departamental se rigen por el sistema de construcción tradicional con procesos constructivos ineficaces que nos limita a no crecer con gran velocidad. 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 buena planificación de actividades y a su vez la ejecución de los proyectos de construcción está en búsqueda de procesos que generen cambio en el sector de la construcción.

La mayoría de las empresas u organizaciones alrededor del mundo sin importar su tamaño realizan estudios y aplicaciones para aumentar su productividad y de esta manera hacerle frente a los mercados competitivos en los que han de competir para lograr la satisfacción de sus clientes con el fin de lograr la mayor eficiencia económica en cada una de sus actividades trayendo como beneficio un ahorro. Esto implica analizar la forma como se lleva a cabo la transformación en cada etapa del proceso implementando para cada proceso establecido un tiempo estándar en el que el trabajador debe cumplir con esta actividad para de esta manera evitar las demoras en la producción y las pérdidas de tiempo de los trabajadores creando de esta forma un sistema más estandarizado.

Como respuesta para dar fuerza a este sector de la industria, aparece la metodología Lean Construction o Construcción sin pérdidas, filosofía que tiene sus raíces en la filosofía Lean Production, aplicada al sistema automotriz Toyota en

Japón, la cual se enfoca en “aumentar el valor del producto a partir de la eliminación cualquier tipo de actividad que no genere valor para el cliente, conocido como pérdida”. La filosofía “Lean Construction o construcción sin pérdidas” aparece como una alternativa que mejora la competitividad de las empresas en el mercado, fortaleciendo su sistema de producción y optimizando las diferentes actividades y procesos.

Esta filosofía esta orienta en cambiar el pensamiento de la industria constructora impulsándola a desarrollar innovadoras estrategias y formas de trabajar en el sector de la construcción; se basa en principios que adicionan valor al producto final, mediante la eliminación de las fuentes que generan pérdidas, también propone herramientas y metodologías de trabajo como un “Last Planner”, el análisis “Layout” de obra, que ayudan análisis de los rendimientos de las actividades el objetivo es aumentar la productividad, encaminando a la industria de la construcción al aprovechamientos de todos sus recursos disponibles en la obra Arboretto de la constructora norte santandereana Colproyectos S.A.S.

1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 TITULO DEL PROYECTO

IMPLEMENTACIÓN DE LOS PRINCIPIOS DE LEAN CONSTRUCTION EN LA CONSTRUCTORA COLPROYECTOS S.A.S. DE UN PROYECTO DE VIVIENDA EN EL MUNICIPIO DE VILLA DEL ROSARIO.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Sector de la construcción en Colombia, ha crecido su participación en la economía nacional teniendo un 9.9%, considerándose el sector de mayor crecimiento para el año 2014 según el DANE, esto se viene reflejando debido a los continuos programas de gobierno a la población para la compra de vivienda de interés social y subsidiada, siendo uno de los factores que hace que aumente la demanda de vivienda, donde las constructoras deben aprovechar estos recursos e incrementar su ingresos en proyectos de vivienda⁴.

Las empresas de la construcción deben adaptarse a los nuevos retos que la productividad y la competitividad les imponen, si pretenden consolidarse en el sector; las actividades propias ejecutadas en la construcción fueron inicialmente definidas de manera empírica y artesanal, pero han sufrido cambios con el paso del tiempo, por tratarse de proyectos de vivienda donde no se manejan grandes volúmenes de producción el sector se resiste en la actualidad al uso estándares de productividad, que les permitan estandarizar procesos y conocer de manera

⁴ DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. DANE [en línea]. [citado 15 de junio de 2016] Disponible en Internet en: <http://www.dane.gov.co/>

exacta las actividades y tiempos para la realización de cada una de las etapas que integran un proceso, identificando cuales son las actividades que implican mayor tiempo de producción por ende mayor demanda de personal. La Constructora Colproyectos no cuenta con un tiempo estándar de producción, ni métodos para el desarrollo de actividades que hacen parte de cada proceso; razón por la que se hace necesario la aplicación de la teoría Lean Construction en el Proyecto De Vivienda Arboretto, que contribuya a la identificación tiempo estándar de producción para proyectos industrializados y comprobar su efectividad e implementarlo en todos sus proyectos de vivienda.

La constructora Colproyectos S.A.S., afronta en la actualidad la necesidad de mejorar la problemática que se presentan en sus proyectos entre los cuales se encuentran detectados la falta de control a las actividades planeadas, estandarización de procesos, reproceso, desorden en obra, inadecuado y excesivo suministro de materiales en cada proceso de construcción, falta de logística para el cumplimiento de los objetivos, lo que genera pérdidas de tiempo en actividades que pudieron ser intervenidas si existiera un mecanismo para realizar seguimiento y evitar grandes pérdidas económicas, por esta razón se deben definir la aplicación de técnicas de ingeniería industrial e ingeniería civil que permitan la reducción o eliminación de actividades no productivas para el sector y encaminarla a un nuevo modelo de producción donde se tenga en cuenta la planeación, programación, requerimientos de producción, políticas de calidad y entregas a tiempo.

1.3 JUSTIFICACION DEL PROYECTO

1.3.1 A nivel de la empresa. En Colombia, la población se ha venido interesando y buscando los medios para la adquisición de vivienda propia, debido a los múltiples proyectos ofrecidos en el departamento con los subsidios otorgados por

el gobierno nacional, este beneficio ha generado que crezca la demanda de vivienda en Norte de Santander. Colproyectos S.A.S., en el presente ejecuta sus procesos de construcción de proyectos de vivienda de manera artesanal, donde se puede evidenciar la alta rotación del personal, demoras en los tiempos de realización de cada proceso en obra, excesivo consumo de materiales en producción o inadecuado suministro de materiales, generando sobre costos que no están estipulados en los presupuestos realizados por la constructora. La Metodología Lean Construction busca que el sector de la construcción adopte una secuencia de pasos que los conduzcan a planificar, programar, estandarizar procesos y realizar seguimientos en sus proyectos, que permitan mejoras en el proceso de producción, reduciendo los desperdicios en obra, y conduzcan al aumento de la productividad en proyectos industrializados.

Colproyectos S.A.S., en la actualidad tiene proyectos en construcción como lo son Arboretto, Oporto y Firenze, se encuentra en la búsqueda de técnicas que le permitan realizar cambios a su proceso productivo, por esta razón desea diseñar e implementar la metodología “Lean Construction” aplicando herramientas como el “Last Planner” sistema de planificación, análisis “Layout” seguimiento de avances en la proyecto, Líneas de Balance, y logística interna, medición de rendimientos de mano de obra y análisis de los métodos de trabajo para su posterior estandarización, encaminando a Colproyectos en la optimización en la etapa de ejecución de los procesos de producción inicialmente en proyectos de vivienda industrializados y aumento de la productividad , utilizando de una manera más eficiente cada uno de los recursos disponibles en el proyecto de Vivienda Arboretto.

1.3.2 A nivel del estudiante. En la realización del proyecto diseño e implementación de la metodología “LEAN CONSTRUCTION”, nos permite aplicar conocimientos adquiridos a los largo de la carrera Ingeniería Industrial, como lo son métodos y tiempos, producción, logística, administración; acompañándolos de

los elementos que forman parte de la metodología “Lean Construction” integrarlos en la ejecución, desarrollo y evaluación del proyecto de grado en la obra Arboretto, como solución a la problemática actual en obras de la Construcción, promoviendo cambios positivos a la compañía como lo son la reducción de desperdicios, control en el sistema de producción actual, eliminando sobrecostos y consolidarlo como una herramienta productiva que puede ser aplicada en todos los proyectos de la Constructora Colproyectos S.A.S. También nos permitió adquirir conocimientos en el sector de la construcción para la identificación las falencias de esta industria y que mediante el análisis de las mismas se definieron planes de acción, plasmados en la ejecución del proyecto.

1.4 ALCANCE DEL PROYECTO

Adquiriendo los conocimientos de la filosofía en los principios del *Lean Construction* se proyecta establecer en la obra Arboretto nuevos sistemas de medición, además el estudio de nuevas técnicas de planificación y control del proceso productivo, logística interna de obra y el rendimiento productivo de toda la obra en general.

Se entregará a la constructora los resultados obtenidos en el muestreo de trabajo, la elaboración de indicadores acompañados de las mediciones de perdidas, que constituyan una referencia de comparación interna o externa de la empresa, de tal manera que las diferencias de los desempeño y el compartir las mejores prácticas de gestión en las obras, se constituya una herramienta que ayude en el proceso de mejoramiento.

Sé considera este trabajo como una herramienta para aprovechar la capacidad de la empresa y recursos disponibles para cumplir con la programación maestro de obra y la fecha de terminación del proyecto.

1.4.1 Análisis de resultados obtenidos

- Estudio de rendimientos de productividad en la obra.
- Evaluaciones de la efectividad del plan de mejoramiento cuantificando la minimización de las pérdidas.
- Evaluación por medio de la ley de Pareto las causas de no cumplimiento del primer y último mes de evaluación en la productividad de obra.
- Estudio de Distribución de materiales, entrega de Layout en obra.
- Propuesta de Last Planner (PAC) y evaluación de los contratistas y subcontratistas para tener en cuenta en próximas contrataciones.
- Estudio del balance de obra en línea de balance donde me muestra los puntos críticos y a mejorar en obra en cuanto a programación.
- Estudio de rendimientos de Mano de Obra para las actividades seleccionadas en este caso mampostería.

1.5 METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO

1.5.1 Sensibilizar al personal administrativo por parte de la constructora.

Difundir la información al personal profesional en obra, los cuales se convertirán en facilitadores de la cultura LEAN, sobre el nuevo enfoque de producción y las nuevas estrategias de gestión en la construcción. Crear un comité conformado por el equipo de trabajo, liderado por el Director de la obra y apoyado.³

1.5.2 Seleccionar Actividades a Estudiar. Mediante la técnica llamada LEY DE PARETO^{5*}, seleccionamos las actividades más representativas del presupuesto,

* También conocido como la regla del 80-20 y recibe este nombre en honor a Vilfredo Pareto, quien lo enunció por primera vez, basándose en el denominado conocimiento empírico. Observó que la gente en su sociedad se dividía naturalmente entre los «pocos de mucho» y los «muchos de poco»; se establecían así dos grupos ⁵ de proporciones 80-20 tales que el grupo minoritario, formado por un 20% de población, ostentaba el 80% de algo y el grupo mayoritario, formado por un 80% de población, el 20% de ese mismo algo

analizando los costos de mano y de acuerdo a la teoría *Lean Construction*. En la etapa de ejecución, se hace un diagnóstico de los principales procesos seleccionados, se identifican las actividades de que no agregan valor mediante herramientas como el muestreo de trabajo, ayudas didácticas como encuestas de diagnóstico e identificación de pérdidas⁶.

1.5.3 Analizar los rendimientos de mano de obra. Se toman datos de campo que sirven para calcular los IP (Índices de Productividad), los TP (Tiempo productivo), TC (Tiempo contributivo) y TNC (Tiempo no contributivo), para categorizar el tiempo empleado, buscando la eficiencia del trabajo productivo, minimizando el tiempo dedicado al contributivo y eliminando el no contributivo en obra.

1.5.4 Focalizar las causas de baja productividad estableciendo mejoras. Usando diagramas como el de Pareto y técnicas estadísticas se identifican las pérdidas que se presentan y en los comités de obra y reuniones, consejos, talleres se toman acciones para reducirlas o eliminarlas.

1.5.5 Implementar el ultimo planificador “Last Planner”. Que busca reducir la variabilidad en la programación y aumentar la confiabilidad de la planificación, lo que trae un mejor desempeño en cuanto al cumplimiento de plazos. Esta fase, consta de seis pasos.

1.5.5.1 Preparación: Reconocer la necesidad de cambiar es importante para comenzar, además de una completa capacitación al equipo profesional y planificar el cambio a desarrollar. Las acciones que deben ser coordinadas por los profesionales.

⁶ Arquitecto constructor, especialista en gerencia de empresas de ingeniería. En la Universidad EAFIT es profesor asociado al departamento de Ingeniería Civil, coordinador del área de construcción. Autor de los libros Construcción de edificaciones (2002) y construcción sin pérdidas (2004, 2009).

1.5.5.2 Desarrollar iniciativas que promuevan la implementación: La implementación de metodologías “*Lean*” dentro de la organización, requiere de niveles de compromisos y participación. Los jefes del proyecto o líderes son claves, para generar el compromiso con el fin de quitar barreras. Es fundamental para los participantes en el proceso tener un conocimiento suficiente de los conceptos “*Lean*”, se deben definir las funciones de cada participante, sus responsabilidades y niveles de autoridad.

1.5.5.3 Análisis del Programa Maestro o línea de balance. Es el plan general de la obra y se debe determinar la secuencia de las actividades, las holguras entre éstas y los procesos constructivos a nivel general también esperado en línea de balance todas las actividades en la obra.

1.5.5.4 Planificación Intermedia: Su principal objetivo es controlar la coordinación de diseños (planos), proveedores (materiales y equipos), recurso humano, información y requisitos previos, que son necesarios para que la cuadrilla cumpla su trabajo.

El plan maestro es desglosado en niveles de detalles apropiados para la asignación del trabajo semanal, cada actividad es dividida en múltiples asignaciones o tareas y posteriormente cada asignación es sujeta a un análisis de restricciones para determinar lo que debe ser hecho, si alguna actividad excede la duración del periodo a programar (4 semanas) no es admitida en el programa.

Entre los asistentes a la reunión se designan responsables de liberar las nuevas restricciones que se han detectado y se discute el estado de las actividades por ejecutar comprendidas dentro de la planificación, En relación a sus restricciones (se discute con cada responsable), lo anterior con el objetivo de poder liberarlas en lo posible dos semanas de anticipación o para dar soluciones que faciliten esta liberación.

1.5.5.5 Planificación Semanal: La planificación semanal presenta el mayor nivel de detalle antes de ejecutar un trabajo, debe ser realizada por el administrador de la obra (maestro general de obra), supervisores de terreno, contratistas, subcontratistas o personas que controlan en detalle la realización del mismo. Las actividades son identificadas, se estima su duración y se organizan secuencialmente para cumplir de la mejor forma los objetivos del proyecto ya que todos los recursos necesarios con anticipación se programaron y están disponibles.

1.5.5.6 Análisis de Resultados y conclusiones de implementación: En la reunión de planificación semanal cada último planificador presentará un informe sobre la ejecución de la actividad que le fue recomendada si se cumplió o no, si la actividad fue ejecutada en 100% se califica de la siguiente manera calidad 30%, cumplimiento 30%, seguridad industrial 20%, orden y aseo 20% en la planilla o formato de control semanal, de lo contrario se califica con 0% (cero) si no cumple con alguna de estas actividades y 15% (quince) si no cumple con el cumplimiento el cual es la evaluación de la actividad y presentación en el comité semanal y se procede a calcular el PAC (porcentaje de actividades completas

Se analiza el cumplimiento de las actividades de la semana, enfatizando sobre su duración, si se hicieron dentro de los plazos establecidos, que dificultades se presentaron; se realiza el paralelo entre los objetivos alcanzados y los propuestos por el proyecto, aclarando las responsabilidades de los involucrados.

Finalmente se deben proponer posibles soluciones a las causas de no cumplimiento o se debe adquirir el compromiso de plantearlas para la próxima reunión.

1.5.6 Evaluar la Efectividad del Plan de Mejoramiento. Es importante poner en práctica las recomendaciones para el mejoramiento generadas de los informes

presentados semanalmente y mensualmente en el estudio de pérdidas y de las causas del no cumplimiento identificadas por el Last Planner⁷. Continuando con las mediciones y la presentación de informes semanales donde puede observarse si lo implementado genera mejoras en el desempeño del proyecto.

1.5.7 Construir un global de la productividad en obra y conmemoración.

Conformar un sistema de referencia y a partir de estos se mira y evalúa el desempeño de los contratistas y subcontratistas al igual que se expresa una conmemoración al contratista del mes como incentivo al desempeño realizado en la eficiencia y calidad.

1.5.7.1 Planeación: Identificar que se va a someter evaluar el desempeño de la obra así como el de los contratistas, con el soporte del sistema de gestión de calidad, se determinara el método para la recolección de datos.³

1.5.7.2 El análisis e integración: Publicar los resultados del desempeño de productividad en obra así como el de mejor rendimiento mensual en toda la obra, para tener soporte y compromiso, se establecen metas funcionales con respecto a los hallazgos para una mejora continua.

1.5.8 Propuesta desde la óptica del Ingeniero civil y de Ingeniera Industrial.

Se presentará otra alternativa encaminada también al mejoramiento de la productividad, integrando los procesos de gestión y recursos necesarios para la ejecución de actividades, todo con el fin de facilitar a los profesionales de las obras el intercambio de información y gestionar de manera eficiente algunos procesos de control de la producción, en línea y en tiempo real, mejorando la productividad y competitividad de las empresas participantes en el proyecto.

⁷ PINTO VEGA, Lady Johana. Mejoramiento de la productividad en la obra Tayrona de URBANAS S.A. basado en la filosofía lean Construction. Trabajo de grado para optar el título de ingeniera industrial. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2010. p. 30, 31,32.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Implementar la metodología lean construcción en la obra ARBORETTO de la constructora Colproyectos S.A.S. ubicada en el municipio de villa del rosario, aplicando el Last Planner (ultimo planificador) y el layout.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Analizar el grado de cumplimiento de la obra, de acuerdo a la metodología LAST PLANNER, evaluando el cumplimiento de Actividades (PAC) por cada uno de los Subcontratistas.

Analizar el Layout (logística interna de obra), teniendo en cuenta la ubicación de cada detalle en la obra.

Determinar los tiempos de cada actividad a partir del mejoramiento de los rendimientos y consumo de mano de obra.

3. MARCO DE REFERENCIA

3.1 MARCO CONTEXTUAL

Figura 1. Logo de la empresa



COLPROYECTOS S.A.S. Con más de 20 años de experiencia en la actividad de la construcción mediante el desarrollo de proyectos de vivienda y locales comerciales en la ciudad de Cúcuta, la Empresa Colproyectos nace como sociedad familiar por la iniciativa y deseos de crecimiento personal y profesional de dos ingenieros civiles y una administradora de empresas en enero del 1995, año en el que se constituye legalmente con el nombre de Colproyectos Ltda. En el año 2012 cambia la razón social y tipo de sociedad, de Limitada a Sociedad por Acciones Simplificada S.A.S. tomando como nombre Colproyectos S.A.S.

En sus inicios la constructora desarrolla pequeños proyectos de vivienda con recursos propios, esfuerzo que se ve reflejado en los últimos años en la ejecución de obras de mayor envergadura como edificios de apartamentos y locales comerciales, conjuntos cerrados de vivienda, dirigidos a todos los estratos sociales. Los proyectos se han ajustado con éxito a la demanda del mercado cumpliendo siempre las normas urbanísticas y sismo-resistentes. A la fecha se han construido alrededor de 100.000 mt² en más de 25 proyectos que abarcan aproximadamente 1.300 unidades de vivienda.⁸

⁸ COLPROYECTOS. Nosotros. [en línea] [citado 15 de junio de 2016] Disponible en: <http://www.colproyectos.com/web/index.php/nosotros2>

Con el fin de mejorar funcionalmente y brindar un mejor servicio y producto a nuestros clientes en el mes de noviembre de 2014 se inició la implementación del sistema Lean Construcción en nuestros proyectos, y en el mes de octubre de 2015 se logró la certificación en ISO 9001, OHSAS 18001 lo que redundará en ser más competitivos a nivel regional y nacional.

3.1.1 Ubicación de la Constructora Colproyectos S.A.S. Dirección: Centro Comercial y de Negocios Ventura Plaza Oficina 4-115.

Teléfono: PBX. 5755151 - 5754900 - 5756804 - 320 848 7555

Correo: contreras@colproyectos.com

3.1.2 Nuestro LEMA. Construimos proyectos con calidad y cumplimiento

3.1.3 Quienes somos. Somos una empresa constructora cuyo principal objetivo es el diseño, construcción y comercialización de proyectos inmobiliarios, cumpliendo con las normas urbanísticas y sismo-resistentes. Enfocados en diseños arquitectónicos atractivos, precios asequibles al mercado brindando a nuestros clientes un producto de calidad que cumplirá sus necesidades y expectativas.

Colproyectos S.A.S. también participa en licitaciones y realiza proyectos de infraestructura vial.

3.1.4 Misión. Colproyectos S.A.S es una empresa cuyo principal objeto social es el Diseño, Promoción, Comercialización y Construcción de Vivienda, bajo el cumplimiento de las normas urbanísticas y sismo-resistentes, satisfaciendo las necesidades y expectativas de los clientes y grupos de interés.

3.1.5 Visión. Para el año 2020 Colproyectos S.A.S, consolidará su liderazgo a través de estrategias encaminadas a aumentar el número de clientes satisfechos y se fortalecerá en la ejecución de proyectos con altos estándares de calidad y seguridad, constituyéndose como una de las cinco primeras empresas con mayor número de ventas en el sector de la construcción de vivienda de Norte de Santander.

3.1.6 Política del sistema de gestión integral. Colproyectos S.A.S garantiza la satisfacción de las necesidades y expectativas de los clientes y grupos de interés, a través de la construcción de viviendas con altos estándares de calidad, personal competente y materiales altamente resistentes.

La empresa enfoca sus esfuerzos hacia la prevención de accidentes de trabajo y enfermedades laborales que se puedan presentar durante la ejecución de los proyectos, a través de actividades y programas de prevención y autocuidado, con el fin de garantizar el bienestar de los trabajadores, contratistas, subcontratistas y visitantes. De igual manera la Gerencia se compromete a destinar todos los recursos necesarios para la implementación, mantenimiento y mejora continua del Sistema de Gestión Integral, con el fin de lograr la sostenibilidad y rentabilidad de la empresa.

3.2 MARCO DE ANTECEDENTES

PINTO VEGA, Lady Johana. Mejoramiento de la productividad en la obra tayrona de urbana S.A. basado en la filosofía lean Construction. Bucaramanga: Universidad Industrial De Santander, 2010.

El objetivo de este trabajo de grado es presentar las actividades ejecutadas durante la practica el planteamiento de los objetivos planteados inicialmente en

lean Construction en la obra tayrona de la constructora urbana s.a. mediante el uso de técnicas de mejoramiento de procesos como el análisis y estudios de rendimientos de mano de obra y la aplicación del sistema el ultimo planificador.⁹

SARMIENTO CUBAQUE, Jeyson Leonardo. Diseño de una propuesta para la implementación de la metodología lean Construction en una empresa del sector construcción. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada, 2014.

El objetivo de este proyecto es que se basó en la problemática actual en la industria de la construcción en Colombia y el deseo de mejorar cada vez los procesos de producción y poder disminuir la variabilidad de las actividades que se van a ejecutar se toma como base la filosofía de producción Lean Construction y la herramienta del Last Planner que se define como un flujo de información de recursos desde la materia prima hasta la entrega del producto final. Los sistemas de gestión tradicionales carecen de un sistema que permita predecir con exactitud si se cumplirá con las fechas establecidas desde el inicio del proyecto¹⁰.

DELGADO ORDUZ, Elberth. Aplicación de la metodología de planeación Last Planner en el mejoramiento de la productividad, efectividad y eficiencia en el sistema constructivo aporticado (lean Construction).trabajo de grado para optar el título de ingeniero civil. Universidad Industrial de Santander. (2007).

El objetivo de este trabajo de grado es que mediante la aplicación de la filosofía de lean Construction se ve el mejoramiento de las actividades así como también la planeación de estas misma evitando cuellos de botellas y una mejor logística de obra brindado siempre el beneficio de administrar adecuadamente las tareas y los recursos utilizados, para reducir los desperdicios y las pérdidas en el proceso, con

⁹ Ibid., p. 10.

¹⁰ SARMIENTO CUBAQUE, Jeyson Leonardo. Diseño de una propuesta para la implementación de la metodología lean Construction en una empresa del sector construcción. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada, 2014. p. 45.

el fin de facilitar el cumplimiento de los plazos establecidos y aumentar las utilidades finales del proyecto en la implementación de la filosofía¹¹.

3.3 MARCO TEÓRICO

Fundamentos de la filosofía de Lean Construction. Según botero L. (2002) Lean Construction nace de la implementación de una filosofía de producción (lean manufacturing) que se origina en Japón en el año de 1950, la cual fue aplicada en el Sistema de fabricación Toyota (TPS).

Que es Lean. Según botero L. LEAN CONSTRUCTION (Construcción sin pérdidas); Como estrategia de gestión en proyectos de construcción. Presentación de Diapositivas. Universidad EAFIT, Medellín. (2014): *“Lean es un término que se refiere a una forma de hacer negocios donde se centraliza en maximizar el valor para los cliente eliminando todas las pérdidas de las actividades que no generan valor. Para obtener la eficiencia en las actividades se evalúa el desempeño en calidad, tiempo, costo del proyecto.”*¹².

La filosofía de Lean Construction se fundamenta en la optimización de los procesos productivos mediante la identificación y eliminación de desperdicios, y el análisis de la cadena de valor, para lograr un flujo de material estable, constante, en la cantidad adecuada, con la calidad asegurada y en el momento en que ésta filosofía sea necesario, es decir, tener la flexibilidad y fiabilidad de que el producto sea fabricado en el tiempo en que lo solicite el cliente, sin producir más o menos de lo requerido. (Pérez Velásquez, 2011).

¹¹ DELGADO ORDUZ, Elberth. Aplicación de la metodología de planeación Last Planner en el mejoramiento de la productividad, efectividad y eficiencia en el sistema constructivo aporticado (lean Construction). Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2007. p. 15.

¹² BOTERO. Op. cit., p. 47.

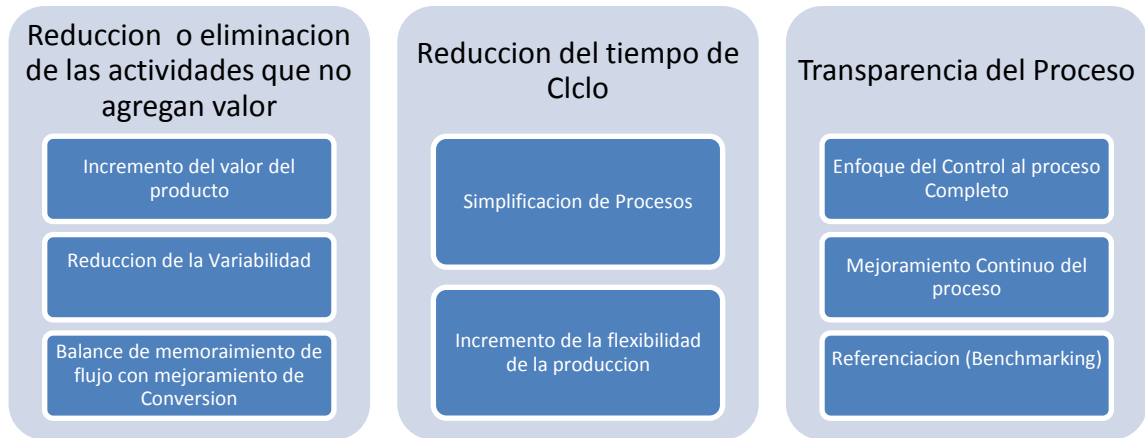
Beneficios de LEAN. Según lo expresado por botero LEAN CONSTRUCTION (Construcción sin pérdidas); Como estrategia de gestión en proyectos de construcción. Diapositivas de presentación, universidad EAFIT, Medellín. (2014): *La reducción de los costos de operación es a través de la minimización de actividades sin valor. Ser capaz de entregar el proyecto con mayor rapidez, con un flujo de trabajo más consistente, la realización de un producto de calidad adecuada y estableciendo una cultura que trabaje continuamente en el mejoramiento del desempeño”*¹³.

Teniendo como modelo el Lean Production Japonés, donde Laura Koskela sistematiza los conceptos más avanzados de la administración moderna, junto con la ingeniería de métodos reformula los conceptos tradicionales de planificar y controlar obras. Es aquí donde Koskela propone esta nueva filosofía de control de producción en su tesis de Doctorado "Application of the New Production Philosophy to Construction", en 1992; encaminaba la nueva filosofía hacia la administración de la producción en construcción, donde su objetivo fundamental es la eliminación de las actividades que no agregan valor, es decir, las pérdidas.

Además Koskela, pretendía analizar los principios y las aplicaciones del justo a tiempo (JIT) y del control total de la calidad (TQM) en el campo de la construcción, introduciendo así principios que cambian el marco conceptual de la administración del mejoramiento de la productividad enfocando los esfuerzos a la estabilidad del flujo de trabajo. También facilita la obtención del origen de los problemas y la toma oportuna de decisiones relacionada con los ajustes necesarios en las operaciones para tomar acciones a tiempo, lo cual incrementa la productividad.

¹³ Ibid., p. 47.

Figura 2. Principios de Lean Construction



Fuente: KOSKELA, Lauri. Application of the new production philosophy to Construction. New York: Stanford University, 1992.

Una manera de medir la productividad según Koskela de un proyecto es enfocándose en las actividades que tienen mayor impacto económico y temporal dentro de estos en nuestro caso por ejemplo son las actividades de estructura y mampostería. El objetivo principal de esta investigación es medir la productividad del recurso mano de obra, el cual está relacionado directamente con el tiempo total de ejecución de estas dos las actividades durante la ejecución del proyecto.

Los objetivos de Lean Construction. Los objetivos productivos a analizar en esta metodología se dividen en tres categorías durante el tiempo total de ejecución en obra:

Según botero la Identificación y eliminación de pérdidas en los proyectos de construcción. Diapositivas de presentación, universidad EAFIT, Medellín. (2014):

Trabajo Productivo (TP): (Actividades que agregan valor). Es el trabajo que cambia la forma o la naturaleza del producto (o servicio) de una manera que contribuye a la forma final que el cliente está dispuesto a pagar.

Trabajo Contributivo (TC): (Actividades de soporte). Es aquel tiempo dedicado a labores de apoyo necesarias para que se realicen las acciones productivas. Ejemplos de esta categoría son: Transporte, Aseo, Instrucción, Medición, etc. (Véase el Cuadro 1).

Trabajo No Contributivo (TNC): (Actividades que no agregan valor). Es cualquier otra actividad que no corresponde a las categorías anteriores y que implica tiempo que no sea aprovechado por diferentes causas. Ejemplos: Viajes, Descanso, Tiempo Ocioso, Necesidades Fisiológicas, etc. (Véase el Cuadro 2).

La condición ideal desde el punto de vista de la productividad de los proyectos de construcción es lograr maximizar el tiempo productivo minimizando el tiempo contributivo y eliminando el tiempo no contributivo.

Cuadro 1. Actividades clasificadas como tiempo contributivo

CATEGORIAS TIEMPO CONTRIBUTIVO
Transporte
Recibiendo instrucciones
Realizando mediciones
Realizando limpieza
Preparando mezclas, materiales y superficies
Andamios, elementos de seguridad
Desplazamientos
Otros

Fuente: BOTERO, Luis. Diez años de implementación lean en Colombia: Logros y dificultades (Construcción sin pérdidas). Medellín: Universidad EAFIT, 2014.

Cuadro 2. Actividades clasificadas como tiempo no Contributivo

CATEGORIAS Y CAUSAS DE TIEMPO NO CONTRIBUTIVO	
CATEGORIA	CAUSA
Espera	Falta de equipo o herramienta Falta de materiales Superpoblacion Actividad previa sin terminar Falta de continuidad Cambio de mezcladora o mixer Falta de instrucción Otros
Tiempo Ocioso	Actitud del trabajador Tomando decisiones Superpoblacion Falta de supervision Conversando Otros
Desplazamientos	Falta de recursos Falta de supervision Superpoblacion Pobres condiciones de trabajo Actividad previa sin terminar Otros
Descanso	Agotamiento
Necesidades fisiologicas	Hidratacion Aseo personal Ir al baño Otros
Reprocesos	Trabajo mal ejecutado Daños por cuadrillas anteriores Falta de Planeacion Cambio de planos
Transporte	Mala distribucion de recursos Falta de equipo Métodos inadecuados Otros

Fuente: BOTERO, Luis. Diez años de implementación lean en Colombia: Logros y dificultades (Construcción sin pérdidas). Medellín: Universidad EAFIT, 2014.

Concepto de productividad en la construcción. Una aproximación a la definición de productividad presenta la relación existente entre lo producido y lo gastado. De una manera más amplia, podemos definir la productividad en la construcción como "la medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un proyecto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado"¹⁴. (Serpell, 1999).

¹⁴ CANTÚA, Alejandro; MORENOA, Jorge; GALLINAA, Mauro y GARCÍA, Germán. Productividad real en obras civiles. Análisis de un caso [en línea]. Disponible en Internet en: <http://www.cetarq.com.ar/productividad.pdf>

El logro de la productividad involucra entonces la eficiencia y la efectividad, ya que no tiene sentido producir una cantidad de obra si ésta presenta problemas de calidad. El objetivo de cualquier proceso productivo es lograr una alta productividad, lo que se consigue mediante la obtención de alta eficiencia y efectividad.

3.3.1 Diferencia entre la producción Lean y la Tradicional. La diferencia entre la producción LEAN CONSTRUCTION (LEAN) y la tradicional, radica en que la filosofía LEAN está orientada en encontrar todos los factores que influyen a que existan pérdidas, para así poder concientizar globalmente y hallar un plan con el fin de mitigar aspectos que no conllevan a un fin esperado, y que por el contrario generan pérdidas, consumiendo tiempos, recursos, costos y espacio y las cuales ameritan ser revisados y estudiados¹⁵.

Como objetivo de la utilización del nuevo enfoque de producción LEAN, se encuentra el hacer más eficientes las actividades de transformación que agregan valor, minimizando o eliminando las actividades que no lo generan (pérdidas). Una comparación entre el sistema tradicional de producción y la nueva filosofía Lean Production, se describe a continuación (Véase la Cuadro 3).

Cuadro 3. Comparación entre los esquemas de producción

	PRODUCCIÓN TRADICIONAL	LEAN PRODUCTION
CONCEPTO	La producción está compuesta por una serie de actividades de conversión que agregan valor	La producción está compuesta por Flujos (no agregan valor y conversiones (agregan Valor)
CONTROL DE PRODUCCIÓN	Dirigido al costo de las actividades.	Dirigido el tiempo, costo y valor de los Flujos.

¹⁵ LEAN CONSTRUCTION. Administración de proyectos civiles [en línea]. Disponible en Internet en: <http://www.leanconstructionenterprise.com/documentacion/lean-construction>

	PRODUCCIÓN TRADICIONAL	LEAN PRODUCTION
MEJORAMIENTO	Incremento al costo de las actividades	Eliminación de las actividades que no agregan valor (perdidas), incremento la eficiencia de las actividades que lo generan, a través del mejoramiento continuo y la implementación de una nueva tecnología

Fuente: BOTERO, Luis. Diez años de implementación lean en Colombia: Logros y dificultades (Construcción sin pérdidas). Medellín: Universidad EAFIT, 2014.

Variable humana. El comportamiento del trabajador y el desempeño de su trabajo obedecen a muchos factores, pero inicialmente la real influencia y que de allí se desglosan los demás factores, está ligada o va de acorde al ambiente o entorno de sí mismo¹⁶.

Siendo nuestro caso en el mundo de la construcción los factores a tener en cuenta principalmente son como se mencionó anteriormente, las condiciones necesarias para que el trabajador se sienta en agrado de realizar su trabajo, reflejando así en resultados, un pago, un trato, un equipamiento justo. Lo mencionado son solo algunos aspectos a tener en cuenta, pero son para la investigación y para los resultados arrojados tal vez de la misma, los más importantes, ya que engloban en si los factores de productividad y eficiencia en tiempos¹⁷.

Ley de Pareto. Antes de analizar cuales actividades cumplían las anteriores características para la selección de actividades se utilizó la ley del 80/20 o ley de PARETO, su principio describe que el 20% de una serie de factores es responsable del 80% de los impactos que los generan.

¹⁶ SÁNCHEZ, A. Eficiencia de tiempos en las actividades de: Estructura convencional, mampostería estructural y enchape para VIS, tomando como base la filosofía de Lean Construction. Zipaquirá: Corporación Universitaria Minuto de Dios, 2014. p. 54.

¹⁷ INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS CHILE. [en línea]. Disponible en Internet en: <http://www.ine.cl/>

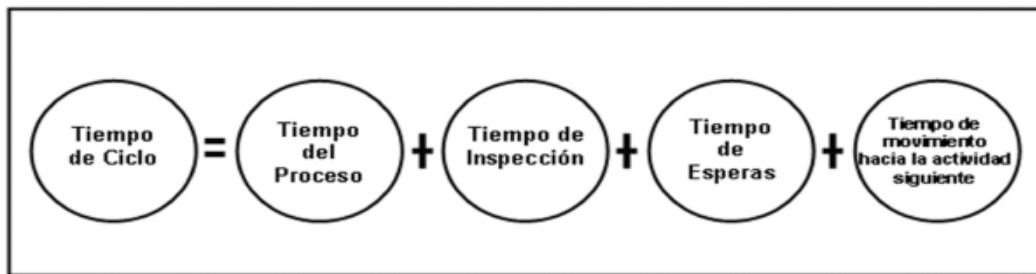
Reducción o eliminación de las actividades que no agregan valor. La experiencia ha demostrado que las actividades que no agregan valor predominan en el sistema de producción, pero este principio no se puede llevar al extremo pues algunas actividades aunque no agregan valor para el cliente directamente son primordiales para la eficiencia global de los procesos como el control de calidad, capacitación de la mano de obra.

Incremento del valor del producto. Este es otro principio fundamental. El valor se genera por la realización de exigencias del cliente, no como un mérito inherente de conversión. Para cada actividad hay dos tipos de clientes el interno y el externo. El fundamento práctico de este principio consiste que en planificar la producción de un proyecto se identifiquen los clientes y se analicen sus exigencias.

Reducción de la variabilidad. Todos los procesos de producción son variables así se utilicen los mismos materiales y la misma mano de obra, hay dos motivos para reducir la variabilidad del proceso, primer lugar desde el punto de vista del cliente un producto uniforme siempre es mejor. En segundo lugar la variabilidad especialmente en la duración de algunas actividades que aumenta el volumen de actividades que no agregan valor y aumentan los tiempos de ciclo

Reducción del tiempo del ciclo. El tiempo es una medida natural para los procesos de flujo. El tiempo entrega una medida más útil y universal que el costo o la calidad ya que puede ser usado de mejor forma para la mejora de los otros dos (M. Krupka 1992). Un flujo de producción puede ser caracterizado por el tiempo de ciclo que se refiere al tiempo requerido para que un material atraviese parte del flujo. El tiempo de un ciclo puede representarse como se presenta en la figura 3.

Figura 3. Representación de un ciclo de un proceso



Fuente: BOTERO, Luis. Diez años de implementación lean en Colombia: Logros y dificultades (Construcción sin pérdidas). Medellín: Universidad EAFIT, 2014.

Simplificación de procesos. Si no intervienen otros factores la complejidad misma de un producto o del proceso aumenta los costos más allá de la suma de sus costos de sus partes individuales o pasos. Otro problema fundamental de complejidad es la fiabilidad del sistema simplemente se puede entenderse como: reducir la cantidad de componentes de un producto y reducir la cantidad de pasos en el flujo de información o de materiales.

Incremento de la flexibilidad de la producción. Aunque parezca contradictorio a la simplificación, el principio de flexibilización ha dado muy buenos resultados. Para obtener estos resultados hay que generar modelos modulares, estandarizar piezas y partes del producto y utilizar cuadrillas que se adapten al nuevo modelo de producción (multicadrillas que realizan varias labores). Se refiere a la posibilidad de alterar las características de los productos entregados a los clientes sin aumentar los costos de los mismos. Se puede definir con la mejora de las características del producto entregado a los clientes sin aumentar el costo de estos. Por ejemplo: productos finales personalizados, uso de tecnologías que permite la personalización del producto sin carga importante para la producción y la formación de mano de obra versátil.

Transparencia del proceso. Concepto que se relaciona a la mejora del control visual de la producción, la calidad y la organización del lugar del trabajo. Por ejemplo: Aumentar la transparencia significa retirar los obstáculos del camino, dejando informaciones visibles, utilizando las herramientas y controles visuales en la obra.

Enfoque del control al proceso completo. Conocer el proceso en su totalidad para hacer posible el reconocimiento de los resultados globales de la empresa y probar soluciones mucho más eficaces. Por ejemplo: supervisar el desempeño de las células de producción en las diferentes fases de la construcción.

Mejoramiento continuo del proceso. Estar abierto a recibir o a buscar informaciones relevantes para agregar el valor al proceso. Por ejemplo: realizar capacitación en obra, introducir nuevos equipamientos y motivar a los trabajadores para sugerir mejoras al proceso. Observar los procesos y analizar lo que se puede mejorar, tanto en relación con los flujos y sus cambios. Por ejemplo: una forma de equilibrar la mejora del flujo y las conversiones es la utilización de mecanismos que disminuya el tiempo de la ejecución de una tarea.

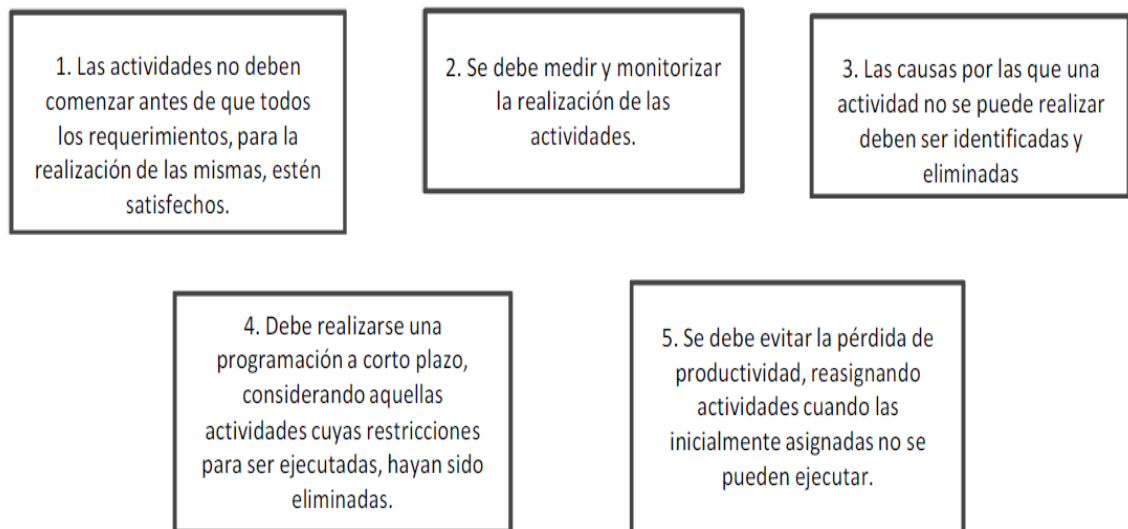
Las herramientas de Lean Construction. Botero, conceptos básicos de planificación y sistema de planificación y control el ultimo planificador (Last Planner). Diapositivas de presentación. Universidad EAFIT, Medellín. (2014): *“habla de las herramientas de Lean Construction que es un planificador según lo expresado por botero 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.”*

Sistema de control Last Planner y su implementación. Botero L 2002 Universidad EAFIT Medellín; Last Planner es un sistema de control de proyectos en donde se rediseñan los sistemas de planificación convencionales para lo cual

participan nuevos estamentos, incorporando en algunos casos a supervisores, subcontratistas, entre otros actores, con el fin de lograr compromisos en la planificación. El concepto de planificación no debe ser entendido simplemente como la utilización de un programa computacional para organizar las actividades del proyecto, la planificación debe determinar lo que se debe hacer, cómo se debe hacer, qué acción debe tomarse, quién es el responsable de ella y por qué.

El profesor “*Glenn Ballard, desarrollo conceptualmente el modelo denominado el último planificador (Last Planner), como tesis doctoral en la Universidad de Birmingham, (2000)*”, basado en los siguientes principios: (Véase la figura 4. Principios del Last Planner.)

Figura 4. Principios del Last Planner



Fuente: BOTERO, Luis. Diez años de implementación lean en Colombia: Logros y dificultades (Construcción sin pérdidas). Medellín: Universidad EAFIT, 2014.

El sistema Last Planner apunta fundamentalmente a aumentar la fiabilidad de la planificación y con eso a mejorar los desempeños. Este incremento de la confiabilidad se realiza tomando acciones principalmente en dos niveles:

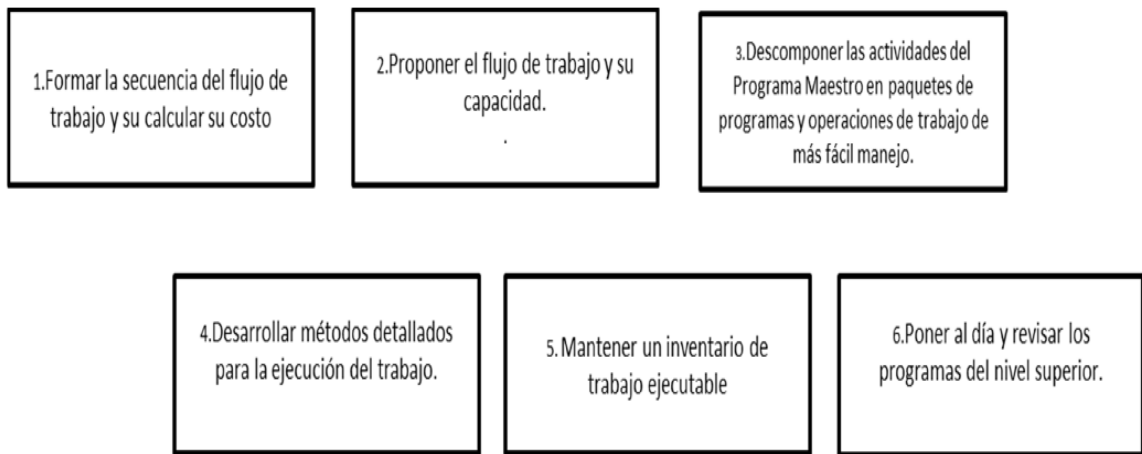
planificación intermedia y planificación semanal Partiendo del programa Maestro, la planificación intermedia está conformada por el conjunto de actividades que deberían hacerse en un futuro cercano. Estas actividades pueden tener restricciones asociadas (requisitos previos, necesidad de recursos), que determinan si la actividad puede o no ser ejecutada. Identificadas las actividades y las restricciones dentro del proceso de planificación intermedia, se procede al análisis de las restricciones con objeto de eliminarlas y así poder definir el inventario de trabajo ejecutable formado por todas las actividades que se pueden ejecutar por estar libres de restricciones.

Partiendo de la planificación intermedia y en concreto del inventario de trabajo ejecutable se define la planificación semanal que presenta un gran nivel de detalle en la planificación de las actividades que serán ejecutadas la próxima semana.

Dentro de esta herramienta cabe destacar el concepto de porcentaje de actividades completadas, definido como el número de actividades planificadas completadas dividido por el número total de actividades planificadas. Este factor mide el grado de compromiso del equipo en el desempeño del proyecto.

En la planificación jerárquica, el proceso Lookahead o planificación intermedia, cumple la función de controlar los flujos de trabajo. La planificación Lookahead es común en las actuales prácticas, pero típicamente desempeña la función de resaltar lo que se debería hacer en un futuro cercano. A diferencia de los sistemas tradicionales, el proceso de planificación Lookahead en el sistema "Last Planner" tiene parámetros a seguir. (Botero L 2002 Universidad EAFIT Medellín)

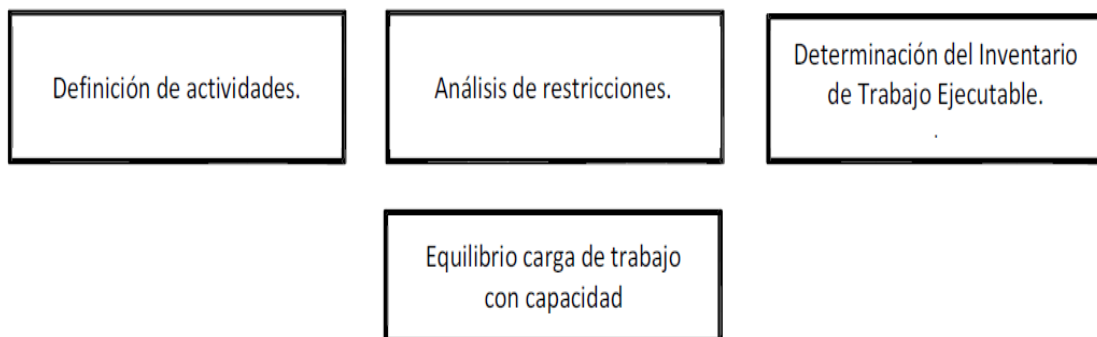
Figura 5. Lineamientos y funciones del Last Planner



Fuente: BOTERO, Luis. Diez años de implementación lean en Colombia: Logros y dificultades (Construcción sin pérdidas). Medellín: Universidad EAFIT, 2014.

Para cumplir las funciones antes mencionadas se definen los siguientes procesos específicos (véase la figura 6):

Figura 6. Procesos específicos para la aplicación del Last Planner



Fuente: BOTERO, Luis. Diez años de implementación lean en Colombia: Logros y dificultades (Construcción sin pérdidas). Medellín: Universidad EAFIT, 2014.

El intervalo de tiempo que abarca la Planificación intermedia, se encuentra entre 4 y 8 semanas, dependiendo de las características del proyecto, la confiabilidad del

sistema de planificación, y los tiempos de respuesta para la adquisición de información, materiales, mano de obra y maquinaria.

Para preparar la Planificación intermedia, se descomponen las actividades del Programa Maestro o Programación De Seguimiento En Obra, que estén contenidas dentro del intervalo de tiempo definido, en actividades más concretas, con objeto de identificar con mayor precisión las restricciones que nos impiden realizarlas, entendiendo por restricción algo que limita la manera en que una actividad es ejecutada. Las restricciones asociadas a cada una de las actividades definidas en la Planificación intermedia permiten determinar si la actividad puede ejecutarse o no.

Análisis de restricciones. Identificadas las actividades y sus restricciones, se realiza el análisis de las restricciones. Este análisis no se limita poner un “si” o un “no” a la posibilidad de ejecutar una actividad, sino que también implica proponer los medios para eliminar las restricciones identificadas. Se puede dividir en dos etapas: Revisión de restricciones y preparación de restricciones.

Revisión de restricciones. Se determina el estado de las actividades de la Planificación intermedia con respecto a sus restricciones: posibilidad de eliminarlas antes del comienzo programado de la actividad, o necesidad de adelantarlas o retardarlas con respecto al Programa Maestro o Programación De Seguimiento En Obra.

La revisión de las restricciones asociadas a cada actividad es la primera oportunidad que se presenta en el sistema para establecer el flujo de trabajo, ya que se pone de manifiesto que existen actividades que, llegado el momento de ejecutarlas, no podrían realizarse por tener restricciones que lo impiden. La revisión no sólo se realiza cuando se identifican las actividades a considerar en la

Planificación intermedia, sino que se repite en cada ciclo de planificación, cuando se actualiza la planificación intermedia y se incorpora una nueva semana.

3.2.2 Programación con línea de balance. “La línea de producción o montaje consiste en repartir las tareas de modo que los recursos productivos estén utilizados de la forma más ajustada posible, a lo largo de todo el proceso”. Sumé, Arcusa y Gil (2004), El problema del equilibrado de líneas de producción consiste en subdividir todo el proceso en estaciones de producción o puestos de trabajo donde se realizaran un conjunto de tareas, de modo que la carga de trabajo de cada puesto se encuentre lo más ajustada y equilibrada posible a un tiempo de ciclo. Se dirá que una cadena está bien equilibrada cuando no hay tiempos de espera entre una estación y otra.

La industria de la construcción inmobiliaria depende esencialmente de la eficiencia de sus procesos, en los que el costo unitario de los inmuebles pueda entrar a competir en un mercado amplio con calidad, cantidad y precio. La planeación y programación de esta clase de industria, se basa en el aprovechamiento de la capacidad disponible de recurso y su eficiencia para cumplir con calidad y tiempo a los clientes. Por tanto establecer el mecanismo de planeación que más se adapte a los requerimientos del mercado y lo exigente de los clientes se vuelve indispensable para la empresa constructora hoy en día.

LDB es una técnica de programación que permite mostrar el trabajo que se realiza en un proyecto de construcción como una sola línea o barra, en una Gráfica. La programación con LDB está siendo usada en proyectos donde se construyen unidades repetitivas; para el caso de una empresa constructora de vivienda se implementa en casas y apartamentos en edificaciones en donde cada vivienda es una unidad que se repite n veces tan grande sea el proyecto.

El objeto es analizar en cada unidad de vivienda el orden lógico, disposición de recursos de las actividades anteriores y posteriores y de esta forma establecer un factor multiplicador, identificando los recursos que están quedando ociosos y también donde hace falta de tal forma que se pueda balancear y no tener pérdidas. Este método se representa por medio de barras colocada en diagonal dependiendo de la duración, las cuales se pueden correr; modificando los rendimientos de acuerdo a nuestra conveniencia; estas barras no se pueden cruzar ya que quiere decir que hay conflictos técnicos. Adicionalmente se puede ver la fecha de inicio y terminación de cada actividad, determinando cuando termina una y puede empezar otra.

Aspectos que se deben tener en cuenta:

- Plena identificación de las actividades.
- Estimación de la duración en días de cada actividad.
- Establecer escala de tiempo donde todas las actividades serán realizadas.
- Establecer el método de trabajo o plan.

El propósito del método de programación con línea de balance es, como su nombre lo indica, balancear el rango del progreso de cada actividad, así como planear actividades para eliminar tiempos perdidos por que pueden ser utilizados en otras actividades o en su defecto, adelantados a su plan inicial. Se presenta en forma general la metodología práctica de la línea de balance, citando algunas referencias para mostrar las ventajas de esta metodología.

El presente ejemplo consiste en la construcción de 10 casas; con 7 actividades de la construcción.

Figura 7. Calculo de la línea de balance

Calculo de la línea de balance									
N.	Actividad	Duración t : días	Tiempo de n-1 casa T : días	Holgura	Tipo de holgura	Inicio de la casa 1		Inicio de la casa 10	
1	Cimentaciones	5	45	2		0 (inic activ)	0	0+45=	45
2	Muros	8	72	3	Inicio	0+5+2=	7	7+72=	79
3	Pisos	6	54	2	Fin	90-54=	36	79+8+3=	90
4	Redes 1	3	27	1	Fin	98-27=	71	90+6+2=	98
5	Acabados	5	45	2	Inicio	71+3+1=	75	75+45=	120
6	Redes 2	2	18	1	Fin	127-18=	109	120+5+2=	127
7	Fachadas	4	36		Inicio	109+2+1=	112	112+36=	148
Total tiempo del proyecto= 148+4=152 días. Aproximadamente 30 semanas de 5 días por semana									

Fuente: NEAL, Richard y NEAL, David. Citado por PÉREZ CERVANTES Julio Cesar. Técnicas de Planeación. México: Universidad de las Américas Puebla. 2004.

Columna 1: Lista de actividades.

Columna 2: Duración en días de cada actividad.

Columna 3: Tiempo para cada actividad n-1; n = número de unidades que se construirán.

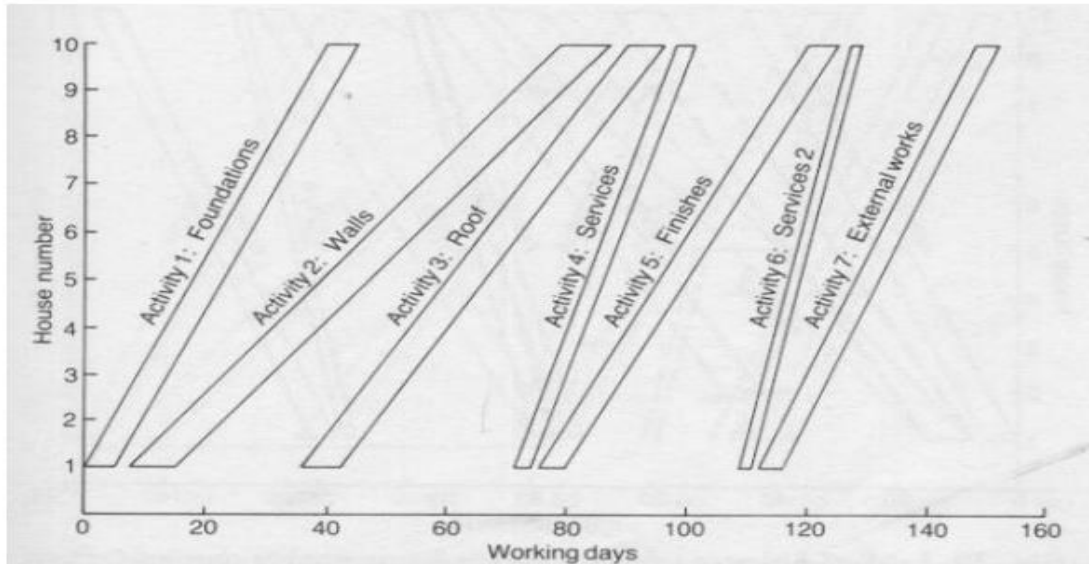
Columna 4: Holgura de cada actividad.

Columna 5: Tipo; inicio o fin.

Columna 6: Calculo de cada actividad inicio o fin. Actividad 1 empieza de cero (incluyen holguras).

Columna 7: Calculo de cada actividad inicio o fin. Actividad 1 termina en 45 (incluyen holguras) La línea de balance resultante es el siguiente:

Gráfico 1. Técnicas de planeación



Fuente: NEAL, Richard y NEAL, David. Citado por PÉREZ CERVANTES Julio Cesar. Técnicas de Planeación. México: Universidad de las Américas Puebla. 2004.

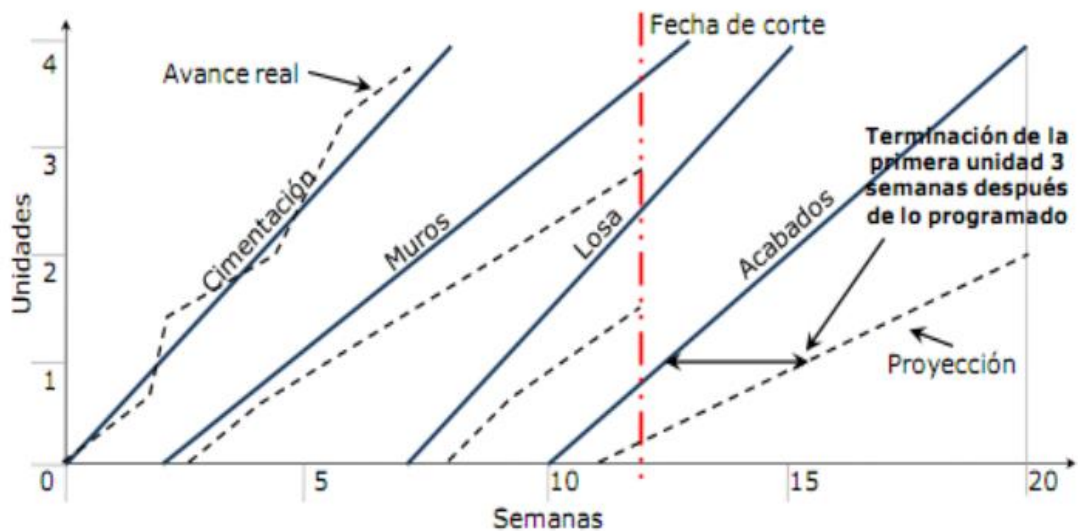
En la gráfica 1 el eje “x” representa el tiempo y el eje “y” el número de unidades. Sin embargo, en la LDB se pueden representar unidades de trabajo tales como metros lineales, m² y m³, o inclusive las tres al mismo tiempo en el eje “y”, cada una para una operación diferente. De acuerdo a esta gráfica se entra a analizar el comportamiento de cada actividad.

En este caso las actividades 2 y 4 esta desbalanceada; y se toman las decisiones correspondientes para solucionar la situación; disminuyendo el tiempo y aumentando productividad. Otro autor nos ilustra el control que se hace de acuerdo al avance de la obra.

La gráfica nos muestra el avance real de cada actividad a una fecha de corte determinada. Se puede determinar una fecha probable de terminación del

proyecto de acuerdo al ritmo real de trabajo o realizar ajustes para cumplir con las fechas requeridas.

Gráfico 2. Terminación de la primera unidad 3 semanas después de lo programado



Fuente: NEAL, Richard y NEAL, David. Citado por PÉREZ CERVANTES Julio Cesar. Técnicas de Planeación. México: Universidad de las Américas Puebla. 2004.

La gráfica 2 de línea de balance, tiene corte a la semana 12 y se puede apreciar que los muros y la losa están retrasadas, pero el ritmo de trabajo ya está graficado por tanto si se quiere cumplir con el cronograma se debe incrementar la producción de muros, losas y acabados.

3.3.3 Layout (logística interna de la obra). EL layout de obra es la logística que se va a manejar durante la construcción de obra en otras palabras es la distribución de planta pero para el área de la construcción es la distribución de donde se va a localizar cada área de proceso por ejemplo los almacenes, oficinas de residente, casino, baños y por ultimo las casas en su ubicación.

3.3.4 Logística desde el punto de vista de dirección de la construcción. Se define a la dirección de la cadena de valor a "la manera de controlar, manejar, y de dirigir una secuencia de actividades que una empresa realiza para crear productos (servicios) que aumenten beneficio, disminuyan tiempo y costo, y mejoren la calidad para la empresa y generan beneficio (valor) para el cliente.

El concepto de dirección basada en la logística está definido como "el proceso de planificación, implementación, control de la ejecución eficiente de los flujos, el almacenamiento y aprovisionamiento de materiales, y de la administración eficiente de la información relacionada desde el punto de origen del flujo hasta el punto de ejecución con el fin de satisfacer los requisitos del cliente". En términos de la construcción, la logística se puede entender como un proceso multidisciplinario que intenta garantizar en el tiempo exacto, el costo y la calidad del proceso:

- Suministro de materiales, su almacenaje, procesamiento y dirección.
- Suministro de mano de obra.
- Control de los programas de construcción.
- Movimiento de la maquinaria de construcción en terreno.
- Dirección de los flujos de construcción.

Las funciones de la logística en una empresa constructora se pueden dividir en logística de recursos y la logística en terreno del proceso.

La logística de proveedores se relaciona con las actividades que son cíclicas en el proceso de producción. Estas actividades son básicamente: proveer los recursos necesarios (materiales, equipo y mano de obra), planificación de los suministros, adquisición de recursos, transporte al terreno y su entrega y control de almacenaje.

3.3.5 Evaluación del PAC. La evaluación del pac (planificación de actividades), es el indicador de la actividad planeada la cual es evaluada en función de cumplimiento a lo establecido para que se ejecute. Pac es un herramienta que nos indica por medio de un indicador el rango en el que se encuentra la obra en general para muchos el pac se puede evaluar semanal como mensualmente esta herramienta en lean Construction nos abre las puertas del rendimiento de obra y sus actividades en ejecución.

4. METODOLOGÍA

4.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Para la realización del proyecto diseño e implementación de la metodología “Lean Construction” para el proyecto de vivienda en Arboretto, se empleara la investigación descriptiva, este tipo de investigación nos permite conocer las situaciones, costumbres y actitudes predominantes a través de la descripción exacta de las actividades, procesos, procedimientos, que no se limitan a la recolección de datos, sino a la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables que son objeto de estudio; la investigación descriptiva es el método más indicado para la recolección de datos necesario, porque nos permite identificar cada una de las variables que afectan y que se presentan en el sistema actual de producción del proyecto Arboretto, y diseñar una solución basada en la metodología “Lean Construction”.

4.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

4.2.1 Población. El diseño e implementación de la metodología “Lean Construction” para el proyecto de Arboretto, de la constructora Colproyectos S.A.S tiene vinculados a 150 personas, integrado por personal Administrativo y Operativo- El personal actual que labora en el proyecto está integrado por 92 Personas, donde se ejecutarán las actividades propias de la metodología con el fin de mejora el proceso productivo y reducción de desperdicios

4.2.2 Muestra. En la realización del diseño en el proyecto se llevará a cabo en el Proyecto de vivienda Arboretto, que se encuentra conformado por un total de 92

Personas, relacionados de la siguiente manera: 2 ingeniero Civil, 1 ingeniero de Calidad, 1 Profesional en Salud Ocupacional, 9 contratistas (80 oficiales y ayudantes de Construcción), cada una de las personas que laboran en el proyecto Oporto, interviene en la es necesaria en la implementación, por ello es necesario conocer las habilidades de cada grupo de Subcontratistas, se debe indagar sobre los procesos que cada uno ha realizado en obras, experiencia en el medio y técnicas para la ejecución de actividades en los procesos de estructura y mampostería. Para que la metodología sea implementada con éxito se requiere que todos sus trabajadores permitan que se realicen los cambios en su actual modelo de producción y administración de los recursos disponibles suministrados por Colproyectos S.A.S.

4.3 INSTRUMENTOS O TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

4.3.1 Fuentes primarias. Para la realización de la implementación de la metodología “Lean Construction” para los procesos se consultará en primera instancia la obra Arboretto, como instrumento de recolección de información e identificar cuáles han sido las fallas en logística, programación de obra, cumplimiento de actividades, permitiendo conocer las falencias que se pueden presentar en obra, pero pueden ser intervenidas en la planeación. Será necesario conocer la información del proceso productivo que se realiza en el proyecto Arboretto para dar una descripción sencilla de su actual modelo de producción; el cual nos acercará más a la realidad de los que se ejecutan en las empresas del sector construcción.

4.3.2 Fuentes secundarias. Como fuente de información secundaria que fortaleciera la realización del proyecto, se recurrirá a la información que se solicite en la Empresa Colproyectos, sobre trabajos de grado realizados en obras de la

constructora; adicionalmente se consultará fuentes como internet y trabajos de grado, que permitirán tener una visión más clara de cómo realizar la investigación.

4.4 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

La información se analizará a través de hojas de Cálculo Excel, para la realización del Last Planear, Líneas de Balance, los PAC, toma de tiempos en obra, y a través de los cuales se realizarán cambios en la producción de la obra Arboretto, contribuyendo a la reducción de desperdicios en el proyecto, mejoramiento del actual sistema de logística. También se utilizará la herramienta AutoCAD para la evaluación de los Avances de Obra en Arboretto.

5. ANALISIS DE RIESGOS.

5.1 CATEGORÍAS DE RIESGOS:

Esta categoría de riesgos está enfocada a la implementación del lean construcción, con el objetivo de medir los impactos y las causalidades, respondiendo plan de contingencia o darle solución.

Manejaremos la parte interna que son los directamente involucrados en el proyecto y la parte externa que sería los clientes, el cual no se tendrá en cuenta en el objetivo no se considera.

Cuadro 4. Categorías de riesgos.

INTERNOS		EXTERNOS	
TIPO	SUBTIPO	TIPO	SUBTIPO
1. GESTION DE PROYECTO	1.1 PLANEACION	VENTAS	
	1.2 EJECUCION		NSR-10
	1.3 SEGUIMIENYO Y CONTROL	LEGAL	OSAS 18001
2.METODO LEAN	2.1. ESTUDIO DEL LAYUOT		ISO 9001
	2.2 ESTUDIO DEL LAST PLANNER;		RAS2000
	2.21 PLAN GENERAL		RETIE
	2.2.2 PLAN INTERMEDIO		
3. CONSTRUCCION	2.2.3 PLAN SEMANAL		
	3.1 CIMENTACIÓN	NO SE REGISTRA RIESGOS EXTERNOS EN NUESTRO PROYECTO, DEBIDO A QUE NO ESTAN CONSIDERADOS.	
	2.2 ESTRUCTURA		
	3.3 ACABADOS		
3.4 INSTALACIONES DOMESTICAS			

5.1.1 Responsabilidades de Riesgos. En el siguiente cuadro 5; indicamos los responsables de los riesgos más significativos del proyecto, donde se refleja que el constructor debe estar involucrado desde el inicio de la idea del proyecto, en la ejecución y el cierre del mismo.

Cuadro 5. Responsabilidades de riesgos.

RIESGOS	GESTION DE PROYECTO	LEAN CONSTRUCCION	CONSTRUCCION
1 MALA PLANEACION DE PROYECTO	X		X
2 TIEMPOS DE ENTREGAS DE PROYECTO		X	X
3 LOCALIZACION INCORRECTA DE MATERIALES Y EQUIPOS		X	X
4 NO IDENTIFICACION DE LINEA DE BASE DEL PROCESO.	X	X	X
5 USO INADECADO DE LOS EQUIPOS Y MATERIALES			X

Fuente. Autores del proyecto.

5.1.2. Organigrama y Responsabilidades. En el organigrama de responsabilidades se identifican el responsable del sector donde en el cual se desenvuelve.

Cuadro 6. Organigrama y responsabilidades.

INTERNOS			EXTERNOS	
TIPO	RESPONSABILIDADES	SUBTIPO	TIPO	SUBTIPO
1. GESTION DE PROYECTO	DIRECTOR DE PROYECTO	1.1. PLANEACION	CLIENTE	
		1.2. EJECUCION	LEGAL	NSR-10
		1.3. SEGUIMIENYO Y CONTROL		OSAS 18001
	ISO 9001			
2. METODO LEAN	<ul style="list-style-type: none"> • ASESOR DE LAST PLANNER • INGENIERO INDUSTRIAL • INGENIRO RESIDENTE 	2.1.ESTUDIO DEL LAYUOT		RAS2000
		2.2. ESTUDIO DEL LAST PLANNER	NO SE REGISTRAN RIESGOS EXTERNOS EN NUESTRO PROYECTO, YA QUE NO ESTAN CONSIDERADOS.	RETIE
		2.2.1.PLAN GENERAL		
2.2.2. PLAN INTERMEDIO				
3. CONSTRUCCION	INGENIERO RESIDENTE	2.2.3. PLAN SEMANAL		
		3.1 CIMENTACION		
		2.2 ESTRUCTURA		
		3.3 ACABADOS		
		3.4 INSTALACIONES DOMESTICAS		

5.1.3. Equipo de Gestión de Riesgos por Categoría. La identificación del equipo de riesgos es importante para dar respuesta a los posibles eventos que se puedan presentar en el proyecto.

Cuadro 7. Equipo de gestión de riesgos por categoría.

ACTIVIDADES		DIRECTOR DE PROYECTO	EQUIPO DE PROYECTO	EQUIPO DE CONSTRUCCION	IMPLEMENTADOR DEL LEAN CONSTRUCCION	RESPONSABLE DE RIESGO	PARTES INTERESADAS
1	PLANIFICACION DE RIESGOS	X	X		X	X	X
2	IDENTIFICACION DE RIESGOS		X	X	X	X	X
3	ANALISIS DE RIESGOS	X	X		X		X
4	PLANIFICACION DE RESPUESTA A RIESGO	X	X		X		X
5	CONTROL Y MONITOREO DE RIESGO	X				X	X
6	CIRRE DE LA GESTION DE RIESGO	X					

5.1.4 Equipo de Respuesta a Riesgos. Se identifica el equipo de respuesta a las diferentes categorías de riesgo que se presentan en el proyecto.

Cuadro 8. Equipo de respuesta de riesgo.

ACTIVIDADES		DIRECTOR DE PROYECTO	CONTRATISTAS	INGENIERO RESIDENTE	INGENIERO INDUSTRIAL
1	PLANIFICACION DE RIESGOS	X	X		X
2	IDENTIFICACION DE RIESGOS		X	X	X
3	ANALISIS DE RIESGOS	X	X		X
4	PLANIFICACION DE RESPUESTA A RIESGO	X	X		X
5	CONTROL Y MONITOREO DE RIESGO	X			
6	CIRRE DE LA GESTION DE RIESGO	X			

5.1.5 Matriz de Riesgos.

Anexo J. Matriz de riesgos (Hoja de Excel).

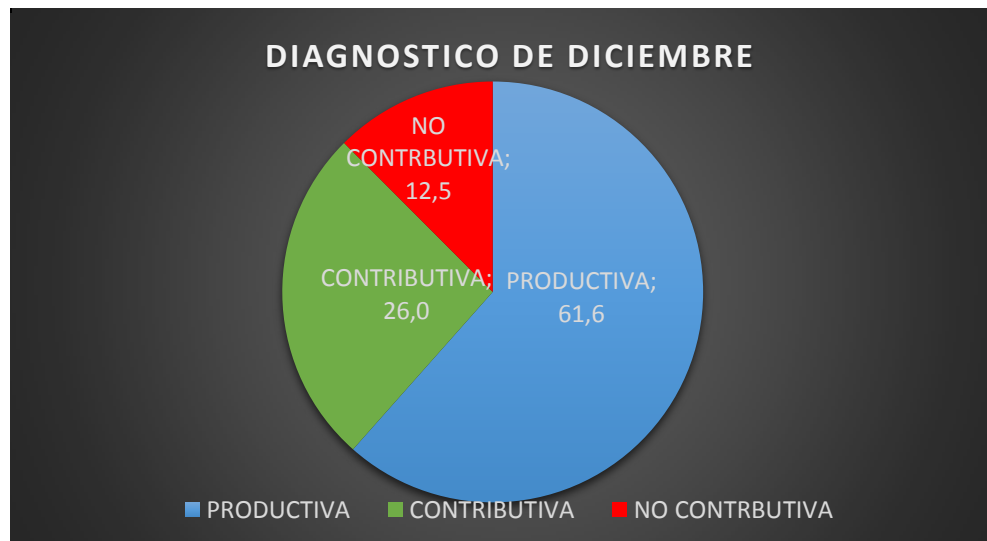
6. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

6.1 ESTUDIO DE RENDIMIENTOS DE PRODUCTIVIDAD EN LA OBRA

Gracias a la implementación de “*lean construction*” y a la sensibilización por parte del área administrativa de la obra se concientizaron sobre el rendimiento de la obra, la productividad y seguimiento de obra, el control de todo el personal que trabaja para obtener un beneficio pero al evaluar la obra en estos 4 últimos meses arrojó una estadística siguiente para los meses de diciembre, enero, febrero, marzo donde se observa un diagnostico productivo y se trata de bajar la tasa de las actividades no contributivas como se observa en las gráficas 3,4,5,6, y un rendimiento apreciable en la gráfica 6 donde se lograr minimizar estas actividades que afectan el rendimiento en obra.

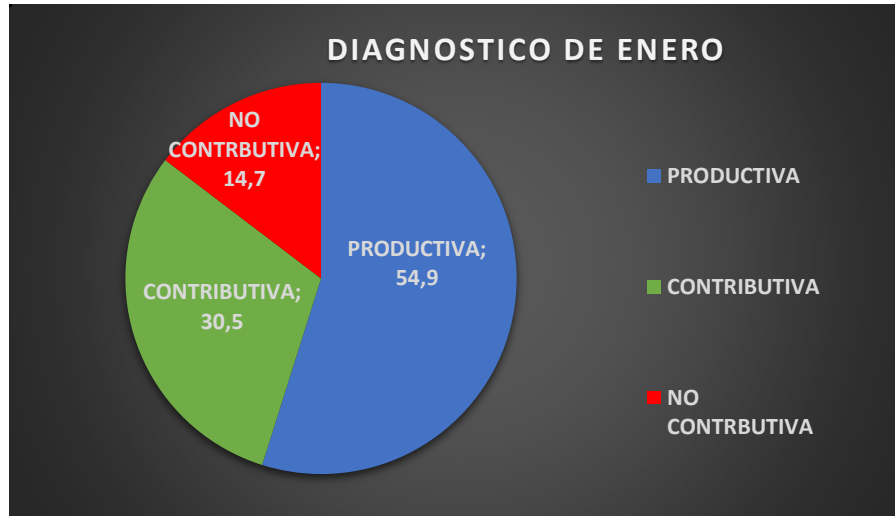
Diciembre:

Gráfico 3. Diagnóstico de productividad de la obra mes diciembre



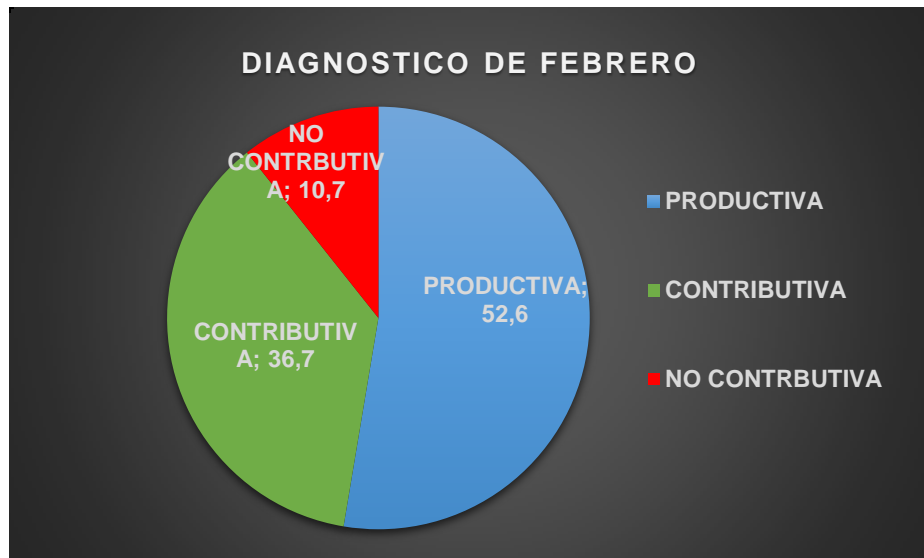
Enero:

Gráfico 4. Diagnóstico de productividad de la obra mes enero



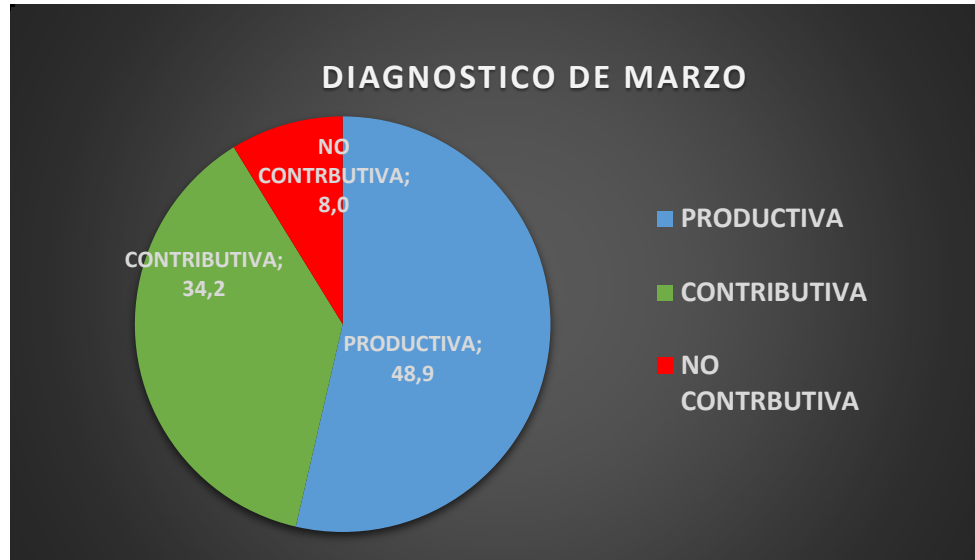
Febrero:

Gráfico 5. Diagnóstico de productividad de la obra mes febrero



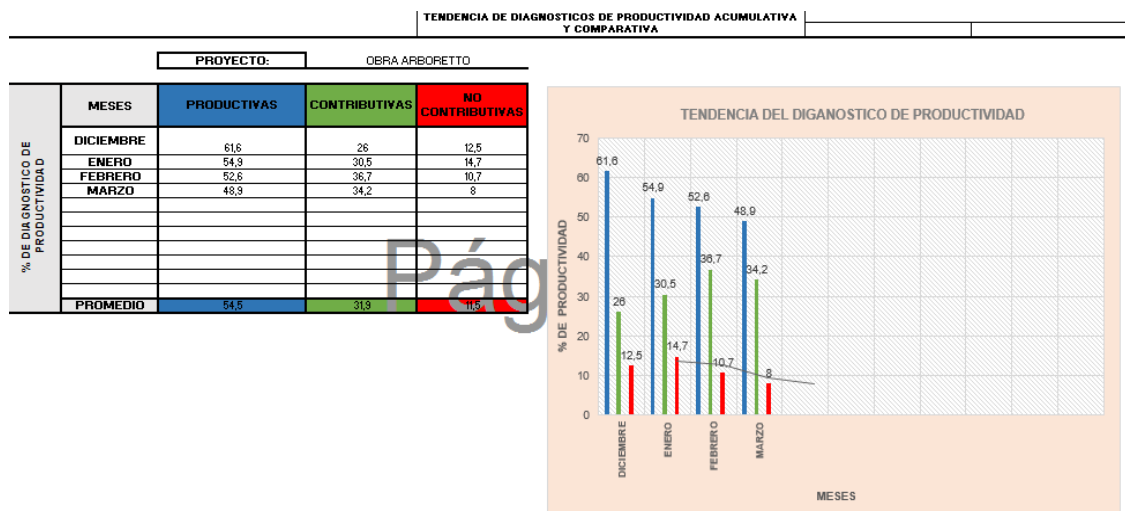
Marzo:

Gráfico 6. Diagnóstico de productividad de la obra mes marzo



6.1.1 Tendencia acumulativa de los diagnósticos de productividad

Gráfico 7. Tendencia de diagnóstico de productividad acumulativa y comparativa



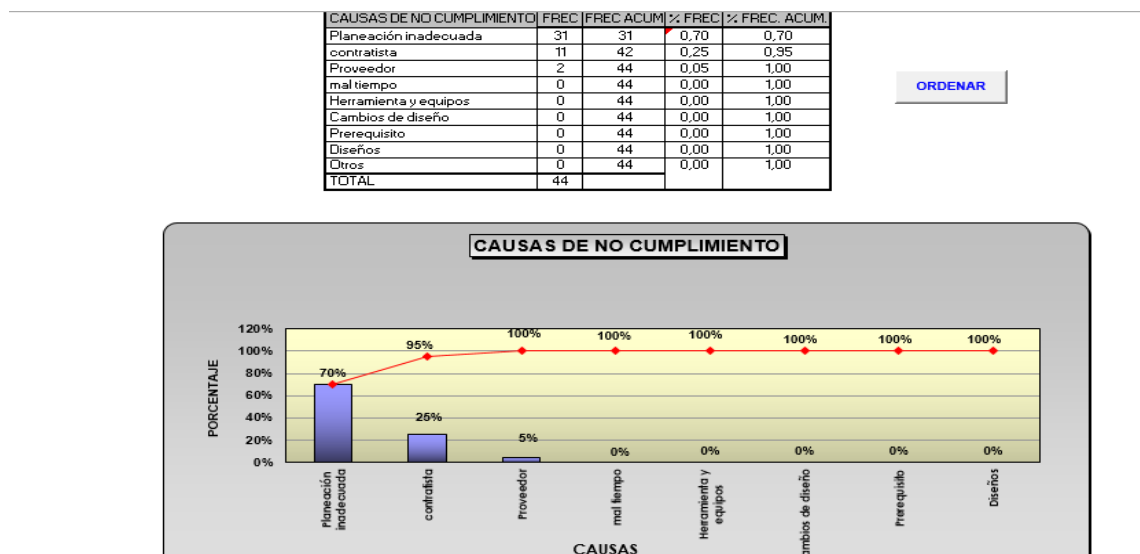
En primer lugar, se evidenció para los primeros meses que las actividades que no agregan valor estaban desmejorando el rendimiento de la obra, donde estos

meses se pasó por un estado crítico donde factores como lo eran tiempos ociosos, desplazamientos y esperas eran la afectación elevada y para algunas actividades. Los atrasos si bien vemos para el mes de diciembre se obtuvo un porcentaje de 12,5% pero a su vez una productividad del 61% que compensaba este porcentaje; sin embargo la empresa no esperaba esos resultados de conteo en rendimiento sino un resultado estándar y que el personal consiguiera una simbolización al momento de construir y la mejora en el rendimiento; eso es lo que se aprecia en el mes de diciembre, enero, donde se pasó a obtener un punto crítico desbalanceado a un estado de mejoras para el mes de febrero y marzo con la ayuda de todos los participantes en la obra Arboretto, lo cual se refleja en la gráfica 7. Para el mes de marzo con una productividad del 48,9%, contributiva del 34,2% y las más atacadas en los últimos meses del 8% esto se ve reflejado en el trabajo en equipo y la eliminación de actividades que generan pérdidas o no agregan valor.

6.2 EVALUACIONES DE LA EFECTIVIDAD DEL PLAN DE MEJORAMIENTO CUANTIFICANDO LA MINIMIZACIÓN DE LAS PÉRDIDAS

Antes:

Gráfico 8. Diagrama de Pareto causas de cumplimiento el antes

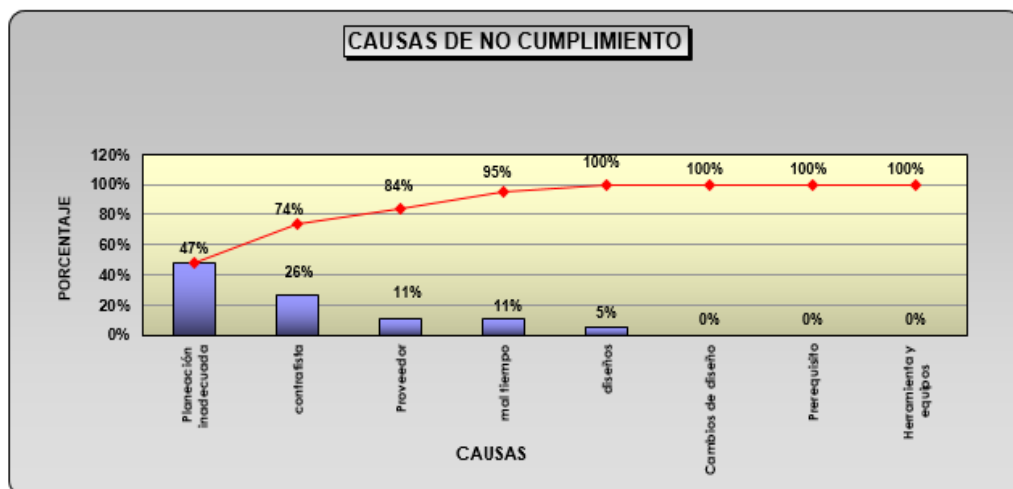


Los planes de acción implementados anteriormente con el fin de identificar las causas de cumplimientos de los rangos mayores, se realizaron por medio de un seguimiento a la programación de la obra donde se puede visualizar las actividades básicas a ejecutar con el fin de planear las actividades previas a realizar. Los compromisos de los contratistas y subcontratistas con respecto a las entregas de sus respectivas actividades, se les analizan y se motivan a realizarlas de forma mensual para asignar la correspondiente calificación. Estas evaluaciones se realizan de igual forma a los proveedores, donde se evalúa el cumplimiento efectivo de la entrega de materiales, con el fin de exigirles un plazo máximo de entrega, y no tener retrasos en la obra por falta de materiales para construcción. Después:

Gráfico 9. Diagrama de Pareto de las causas de no cumplimiento el después

CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO	FREC	FREC ACUM	% FREC	% FREC. ACUM
Planeación inadecuada	9	9	0,47	0,47
contratista	5	14	0,26	0,74
Proveedor	2	16	0,11	0,84
mal tiempo	2	18	0,11	0,95
diseños	1	19	0,05	1,00
Cambios de diseño	0	19	0,00	1,00
Prerequisito	0	19	0,00	1,00
Herramienta y equipos	0	19	0,00	1,00
Otros	0	44	0,00	1,00
TOTAL	19			

ORDENAR



Debido a las acciones tomadas durante la inadecuada planeación, se procedió a realizar un control minucioso de las actividades programadas de una forma

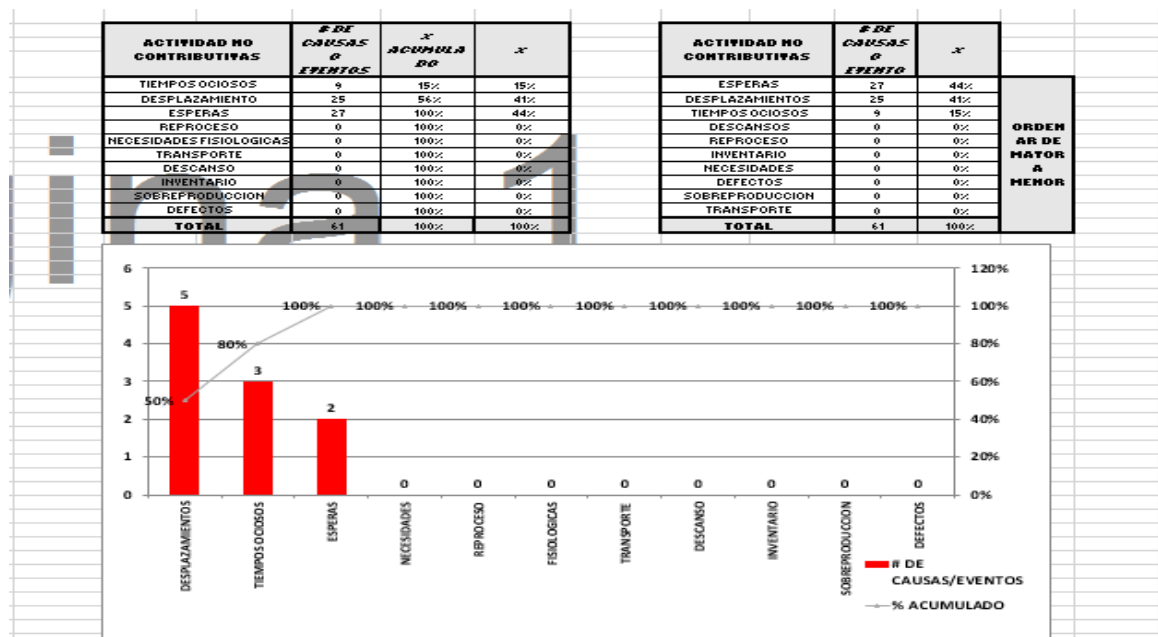
organizada, de los constantes retrasos en mano de obra, y de las demoras en entrega de materiales, con el fin de realizar una buena programación de las actividades y compromisos de los residentes; por medio de reuniones semanales en las cuales se lograron obtener una mejoría del 47% de efectividad en la planeación y control de la obra; con el fin de establecer en cada contrato a los contratistas las actividades previas a realizar, cumpliendo así con el objetivo de reducir en un 100% las demoras de los proveedores de materiales para la obra.

6.3 EVALUACIÓN POR MEDIO DE LA LEY DE PARETO LAS CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO DEL PRIMER Y ÚLTIMO MES DE EVALUACIÓN EN LA PRODUCTIVIDAD DE OBRA

Diciembre el antes en el estudio:

Gráfico 10. Diagrama de Pareto causa de no cumplimiento del mes de diciembre

CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO MESUAL MES DICIEMBRE

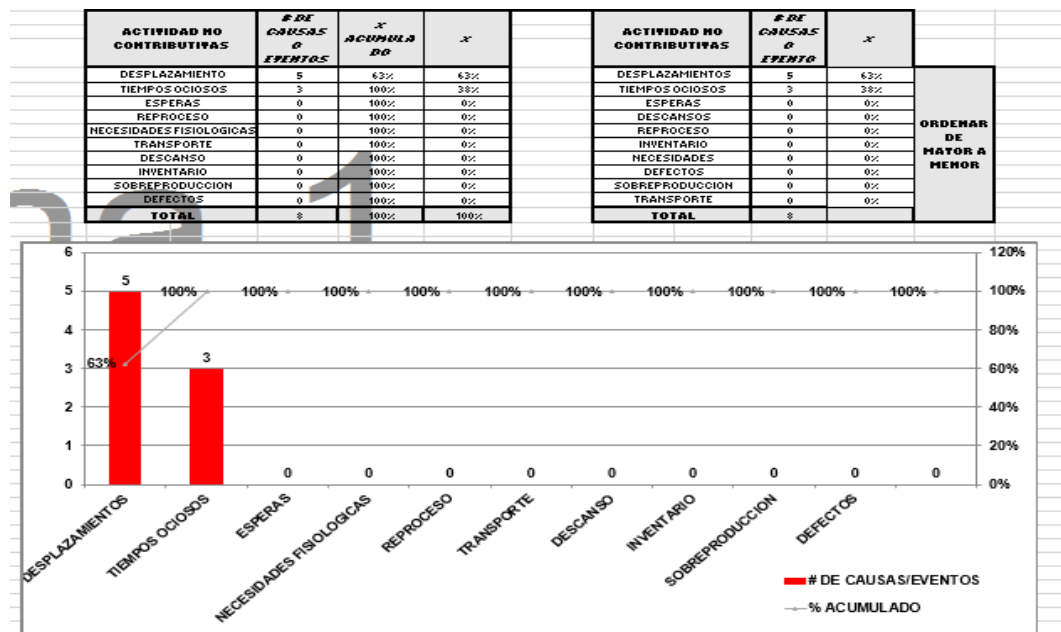


Se identificó una causas principales que no habían figurado en la encuesta de identificación de perdidas como frecuente, y que afectan considerablemente el cumplimiento de las actividades programadas, como la mano de obra que es un recurso dependiente del contratista son los desplazamientos y que en la mayoría de los casos se deben a que no tiene al alcance de sus manos los almacenes de materiales ya que muchos no planifican la actividad a realizar. Además otras causas como los tiempos ociosos generados por las pérdidas de tiempo en obreros que distraen a sus compañeros cuando están realizando alguna labor o simplemente no tienen ninguna actividad por realizar; todas estas causas el no cumplimiento de las actividades planificadas.

Marzo, el después con las mejoras implementadas:

Gráfico 11. Diagrama de Pareto de causas de no cumplimiento para el mes de marzo

CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO MENSUAL MES MARZO



Es necesario igualmente determinar las razones de las causas de no cumplimiento para las asignaciones de trabajo. Esta acción provee información necesaria para

el mejoramiento del PAC, trayendo como resultado que el proyecto sea completado eficientemente.

El análisis de las causas de no cumplimiento de lo planificado ofrece valiosa información, utilizada para evitar la recurrencia de situaciones que generan atrasos y baja productividad en la obra.

Como vemos, para este análisis se observó que esta tabulación y trabajo se pueden llegar a bajar a un 63% de 5 causas de desplazamiento, así como también 100% de 3 causas de no cumplimiento; lo que da entender es que la obra pudo obtener un equilibrio y estar pendiente del trabajo que no genera valor y que hace tener atrasos en obra; con esto se obtiene una ganancia, y se evidencia que haber implementado lean construction fue de utilidad para la obra Arboretto.

6.4 ESTUDIO DE DISTRIBUCIÓN DE MATERIALES, ENTREGA DE LAYOUT EN OBRA

Figura 8. Estudio del layout de obra inicial



Inicialmente el estudio de Layout realizado a la obra arrojó fallencias que se pueden evidenciar en la obra Arboretto, con el fin de implementar la filosofía Lean, como se muestran en las figuras 9, 10, 11,12, 13, las cuales muestran el paso a paso que se analizó desde el primer momento que comenzó a ver fallas hasta llegar al punto de éxito de orden y así minimizar los desperdicios.

Figura 9. El antes con la desorganización y desperdicios



Figura 10. El antes con la desorganización y las áreas no limpias e inadecuadas para la realización del trabajo



Figura 11. El después con los centros de acopio, vías limpias



Figura 12. El después con el orden y aseo de las vías



Figura 13. Almacenamiento de materiales en obra



Gracias a la buena reorganización de los campamentos de almacenajes de material se puede ver en el (Diagrama de Pareto de causas de no cumplimiento para el mes de marzo.) que las esperas por material se redujeron gracias a la organización y un gran apoyo para el ingeniero de almacén, teniendo todo a la mano y la efectividad de la actividad.

Figura 14. El layout actual en la obra Arboretto



De acuerdo con la característica del sector construcción, para el presente utilizaremos el de posición fija que consiste en que el hombre y equipo se llevan al lugar de producción.

Para determinar la localización de cada uno de ellos, se tuvo en cuenta los factores que influyen en la productividad, como la cercanía de las fuentes de las materias primas, así como la calidad de los accesos, por su efecto sobre el costo del transporte y de los sistemas de abastecimiento. Además la disponibilidad de la mano de obra, la topografía de los suelos, el costo del terreno y su disponibilidad.

En la medida en que avanza la obra tienen que cambiar la distribución de los materiales; la administración debe semestralmente cambiar de acuerdo a las condiciones el Lay out en Obra.

Anteriormente cuando se encontraba la actividad de mampostería en todos lados había bloques; la desorganización, y no tener un acceso limpio y seguro obstaculizaban el paso pero a la organización y la nueva planeación en cada punto que se vaya a realizar una actividad de mampostería; todo bloque llegará a ser descargado en orden estibado y así disminuir desplazamiento por material y mantener una vía limpia (Véase la Figura 10 y 11).

6.5 PROPUESTA DE LAST PLANNER (PAC) Y EVALUACIÓN DE LOS CONTRATISTAS Y SUBCONTRATISTAS PARA TENER EN CUENTA EN PRÓXIMAS CONTRATACIONES

Cuadro 9. Tendencia de evaluación a contratistas

TENDENCIA DE EVALUACIÓN A CONTRATISTAS										
		EXCELENTE (mayor a 90% e igual 100%)				BUENO (mayor a 80% e igual 89%)			MALO (menor a 60% e igual a 79%)	
CONTRATISTA	MESES						TOTAL DE LOS MESES	RANKING		
	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO				EXCELENTE (mayor a 90% e igual 100%)	BUENO (mayor a 80% e igual 89%)	MALO (menor a 60% e igual a 79%)
C.T. JESUS RAMIREZ	85%	90%	100%	100%			94%	X		
C.T. Agustín ROJAS	100%	80%	100%	100%			95%	X		
C.T. SILVESTRE ARIZA	90%	90%	100%	100%			95%	X		
C.T. HERNANDO CORREDOR	80%	100%	100%	100%			95%	X		
SUB.C.T. MARCOS OTERO	85%	90%	80%	70%			81%		X	
SUB.C.T. JOSE MENDOZA	60%	80%	100%	90%			83%		X	
C.T. MADERAS MARQUEZ	85%	90%	85%	85%			86%		X	
C.T. MADERAS EL BOSQUE	80%	85%	85%	85%			84%		X	
C.T. CARLOS JIMENEZ	70%	100%	100%	90%			90%	X		
SUB.C.T. HEDER ARMANDO CORREA	100%	100%	100%	100%			100%	X		
SUB.C.T. ANDRÉS ABELLA	100%	100%	100%	100%			100%	X		
SUB.C.T. JHON ARENAS	100%	100%	100%	100%			100%	X		
SUB.C.T. JHON SAN JUAN	100%	90%	100%	100%			98%	X		
SUB.C.T. MELIADES ALVAREZ	100%	100%	100%	100%			100%	X		
SUB.C.T. LUIS ESCOBAR	100%	100%	100%	100%			100%	X		
SUB. C.T. OLINTO VILLAMIZAR	100%	100%	100%	100%			100%	X		
SUB. C.T. RAFAEL BECERRA	100%	100%	100%	100%			100%	X		
SUB.C.T. ALVARO PAEZ	100%	85%	85%	100%			93%	X		
C.T. TECNOLUMINIO FLOREZ			80%	85%			83%		X	
C.T. MANUFACTURAS DE ALUMINIO			100%	90%			95%	X		

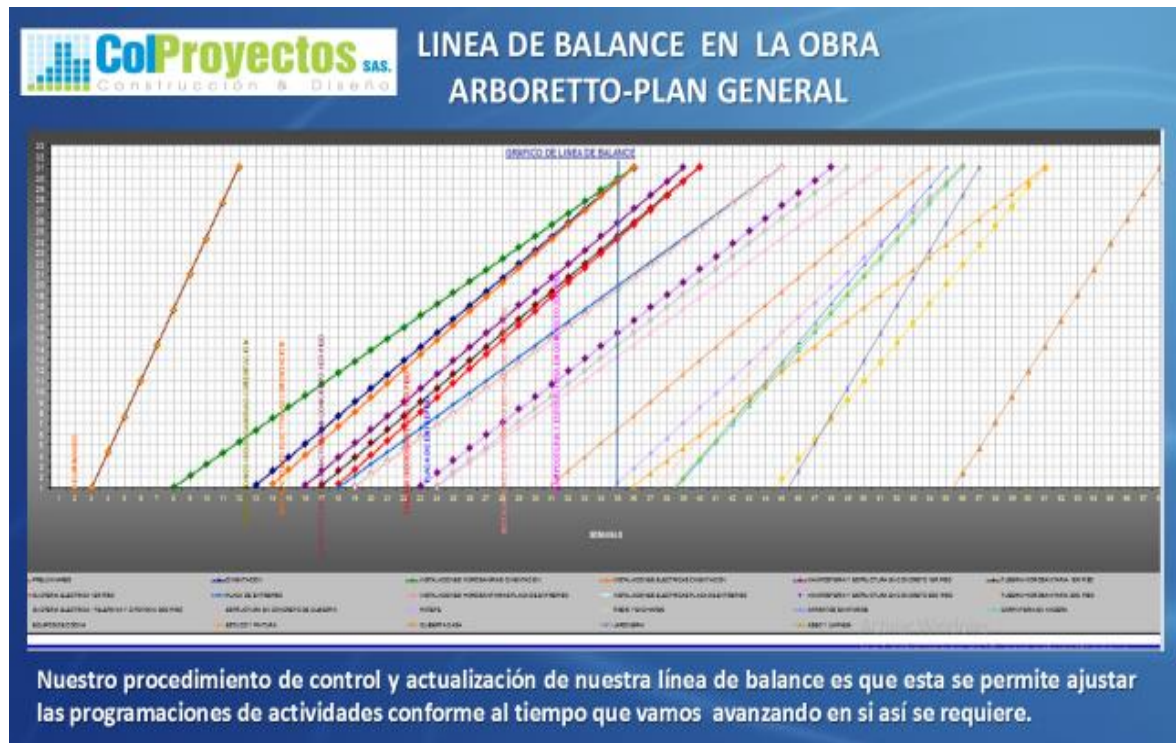
La propuesta acerca de la evaluación a los contratistas para la toma de decisiones a largo plazo, está basada en el momento basada en tener unas normas claras de contratación para establecer un trabajo de calidad por parte del contratista, para esto se ha implementado un ranking de desempeño, el cual consiste en una evaluación de las actividades realizadas por cada contratista, con el fin de dar una calificación de Excelente para los contratistas que superen un porcentaje de calidad en su trabajo superior al 90% e igual al 100%, una calificación de bueno para los contratistas que obtengan un porcentaje de desempeño mayor de 80% e igual al 89%, y una mala calificación para los contratistas que obtengan un porcentaje de rendimiento menor al 60% e igual a 79%. El análisis de esta evaluación del desempeño para los contratistas se hará de una forma mensual y luego se procederá a llevar un registro en un cuadro de evaluación para los contratistas. Con el fin de comprometer a los contratistas con la calidad de su trabajo se realizó una socialización del manejo de esta evaluación del desempeño de los contratistas.

Cuadro 10. Evaluación a contratista y conmemoración al desempeño del mes

CONTRATISTA \$	MES DE DICIEMBRE/2015						TOTAL DEL MES		REGISTRO FOTOGRAFICO DE LA ACCION COMO CONMEMORACION AL CONTRATISTA DESTACADO
	01 - 07 DICIEMBRE	09 - 14 DICIEMBRE	15 - 21 DICIEMBRE	22 - 28 DICIEMBRE	29 DIC. - 04 ENERO				
C.T. AGUSTIN ROJAS	100%	85%	100%	100%	100%	37%			
C.T. HERNANDO CORREDOR	100%	100%	100%	100%	100%	100%			
C.T. SILVESTRE ARIZA	100%	100%	100%	80%	100%	96%			
C.T. JESUS RAMIREZ	100%	100%	100%	100%	100%	100%			
C.T. ALEXANDER ANGARITA	80%	85%	100%	100%	100%	93%	X		
C.T. ORLANDO VILLALOBOS	100%	100%	100%	100%	100%	100%			
C.T. PABLO ROJAS	100%	100%	80%	85%	100%	93%			
C.T. HISAEL CARVAJAL	85%	100%	100%	100%	100%	97%	X		
C.T. VICENTE SUAREZ	100%	100%	SE RETIRO	SE RETIRO	SE RETIRO	100%			
C.T. MARCOS OTERO	80%	85%	100%	100%	100%	93%	X		
C.T. MARCOS RODRIGUEZ	85%	SE RETIRO	SE RETIRO	SE RETIRO	SE RETIRO	85%			
C.T. HADERAS MARQUEZ	85%	85%	85%	100%	85%	88%			
C.T. JOSE MENDOZA	85%	85%	85%	85%	100%	88%			
C.T. LEONARDO OTERO	100%	85%	100%	85%	85%	91%			
C.T. EDUARDO GACERES	100%	100%	100%	100%	100%	100%			
C.T. ALEXANDER CORREDOR	85%	SE RETIRO	SE RETIRO	SE RETIRO	SE RETIRO	85%			
C.T. CARLOS JIMENEZ	85%	85%	100%	100%	100%	94%			
C.T. HADERAS EL BOSQUE	85%	85%	85%	100%	85%	88%			
C.T. JEAN CARLOS CORREDOR	ACTIVO DE ACTIVIDAD	ACTIVO DE ACTIVIDAD	100%	100%	100%	60%			
C.T. ALVARO PAEZ	ACTIVO DE ACTIVIDAD	ACTIVO DE ACTIVIDAD	100%	100%	100%	100%			

6.6 ESTUDIO DEL BALANCE DE OBRA EN LÍNEA DE BALANCE DONDE OBSERVA LOS PUNTOS CRÍTICOS Y A MEJORAR EN OBRA EN CUANTO A PROGRAMACIÓN

Gráfico 12. Línea de balance de la obra Arboretto



La línea de balance de control y actualización de actividades en obra, así que las actividades en la línea avanza a medida que avanza en la obra, llevando una fecha inicial de obra y una fecha final gracias. A esta implementación se puede focalizar la semanas que llevamos programadas vs las casas o apartamentos realizados; así se tiene una visualización más acertada del cronograma de la obra.

Figura 15. Planificación intermedia de Arboretto



En la figura anterior, se muestra el control semanal de la planificación intermedia; es necesario digitar las actividades en la hoja de Excel pues el documento presentado por el ingeniero encargado, en donde se registran los responsables por parte de la empresa, el contratista, la fecha en que se comprometen a realizar la actividad y en caso de que se identifique alguna restricción, debe ser analizada dejando registro del compromiso adquirido o plazo máximo para su liberación; también manejando lista de chequeo del producto para así evitar restricciones en obra.

Cada semana se evalúa la semana inmediatamente anterior y se registra la liberación para cada una de ellas que es el ideal en esta etapa.

Figura 16. Planificación semanal



El sistema del último planificador necesita medir el desempeño de cada plan de trabajo semanal para estimular su calidad. Esta medición que es el primer paso para aprender de las fallas e implementar mejoras.

De esta manera se evalúa hasta qué punto el sistema del último planificador fue capaz de anticiparse al trabajo que se haría en la semana siguiente, es decir, compara lo que será hecho según el plan de trabajo semanal con lo que realmente fue hecho, reflejando así la fiabilidad del sistema de planificación.

El ingeniero de calidad o lean o en su caso el director de obra en conjunto con el comité de planificación elabora un Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE) con todas las actividades que no tengan impedimentos para su ejecución. Es de aclarar que el inventario de trabajo ejecutable son todas aquellas que tienen las restricciones liberadas, y se designa el responsable para cada una de ellas.

La reunión semanal está programada para los días martes en las horas de la mañana. El ingeniero de calidad o lean o en su caso en director de obra es el encargado de convocar la reunión; la presencia de personal administrativo, Ingenieros Residentes, Almacenistas, Auxiliares, Inspectores, Supervisores, contratistas y subcontratistas de obra es indispensable para que todo el equipo de trabajo cumpla un mismo objetivo.

Con base en el registro y control de la planificación intermedia de 4 semanas a 8 semanas atrás, se elabora el plan de trabajo semanal, pues las restricciones que se habían encontrado ya están liberadas y pueden ser ejecutadas.

Los residentes son los encargados de presentar y exponer en la reunión todas las actividades a realizar incluyendo las actividades no incluidas en la programación.

Figura 17. Comité de obra Arboretto



Evolución de la planificación semanal. Sin lugar a duda crear una cultura de planificación y control de las actividades en el sector construcción es bastante difícil; en la experiencia de la práctica empresarial, las primeras semanas de

control con el indicador desilusionaron a los participantes en la programación pues sus porcentajes reflejaron menos del cumplimiento, el personal intentaba comprometerse con el mínimo de las actividades para no trabajar bajo presión con el indicador y sin embargo los resultados no eran favorables; fue necesario la intervención del director de la obra para crear conciencia de la importancia del indicador.

Figura 18. Calificación de los contratistas por su rendimiento semanal



Al ver estas calificaciones, los contratistas obtuvieron al mes unas merecidas conmemoración a su calificación y como fue la motivación un desayuno y regalos al contratista, trabajadores con el mayor desempeño del mes así como se muestra en la siguiente figura 19.

Figura 19. Reconocimiento al desempeño de los trabajadores



Porcentaje de asignaciones completas para la evolución del PAC. Con el objetivo de evaluar la confiabilidad del sistema de la obra así como identificar problemas en la ejecución de dichas tareas e implementar acciones para el buen funcionamiento de la obra.

Este indicador también puede servir para evaluar en general el comportamiento de los subcontratistas de la obra a través de los controles de las actividades pactadas con las realmente ejecutadas por ellos.

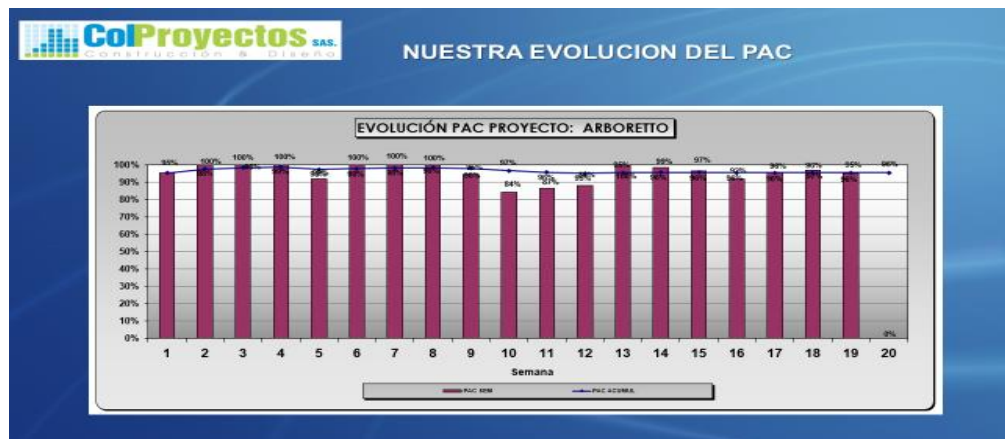
La expresión del cálculo de describe a continuación:

$$\text{PAC} = \frac{\text{NA completas} * 100}{\text{NA programadas}}$$

Donde, NA completas es el número de actividades que se completaron al 100% de lo programado y NA programadas es el número de actividades que se programaron con los contratistas, ingenieros, almacenistas, maestros y demás personas participantes en la reunión de programación. La unidad es dada en

porcentaje y la periodicidad es semanal. La información necesaria para el cálculo son número de asignaciones completas y el número de asignaciones programadas, la fuente de estos es el Director de la Obra. Este indicador se puede obtener por contratistas, personal administrativo en la obra (Ingenieros Residentes, Almacenistas, y demás personal involucrado en la reunión) y el general de obra.

Gráfico 13. Evolucion de PAC Arboretto



6.7 ESTUDIO DE RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA PARA LAS ACTIVIDADES SELECCIONADAS EN ESTE CASO MAMPOSTERÍA

Figura 20. Caso de éxito de la implementación lean construction en la obra Arboretto de la constructora Colproyectos S.A.S.



La implementación lean en la constructora la refleja en una actividad que le genera bastantes desperdicios, y la mano de obra es elevada en costos y como bien se sabe es el pilar de toda estructura para una vivienda; lo que se pretendió con este estudio fue concientizar a los gerente y demás ingenieros de la constructora lo importante que se puede trabajar ordenadamente y seguir un cronograma de actividades que avisan el antes de que sucedan las cosas para así evitar actividades no productivas (que no generan valor).

Mampostería. Bloque o mampostería es una actividad líder que consiste en la construcción de muros mediante la colocación manual de ladrillos, dentro del presupuesto de la obra. Esta actividad involucra varias actividades dependiendo del destino y el tipo de ladrillo o bloque a utilizar.

Figura 21. El desorden y desperdicios



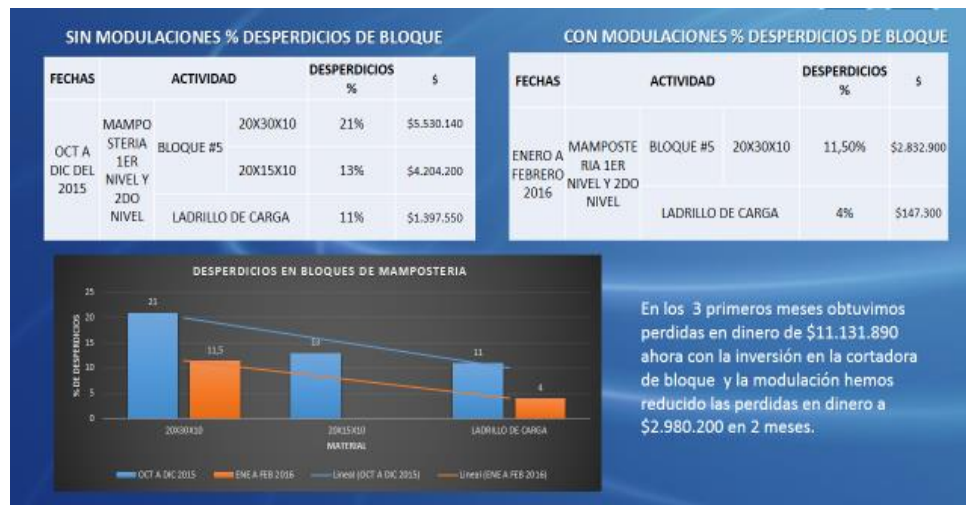
Como se refleja en la figura 21 se observa que en la obra no se contaba con un control de la actividad donde la mano de obra no conocía el buen uso de los materiales y sus desperdicios ya que no se contaba con un guía que se preocupará por los desperdicios pues los trabajadores solo sabían que tenían que trabajar para obtener una buena quincena sin importar que para lograr ellos una

buena ganancia era trabajar en equipo, orden y sin desperdicios; eso es lo que a continuación se refleja en la figura 22.

Figura 22. El antes sin modulaciones de muros



Gráfico 14. Desperdicios de bloque representado en dinero



Se optó por analizar el porcentaje de desperdicio en bloque sin modulación para mostrarle a la gerencia y a presupuesto, además de los subcontratistas de mampostería, que tenían una gran pérdida en bloques y ladrillos de carga ya que la medida como eran transportados hasta la obra eran colocados en forma

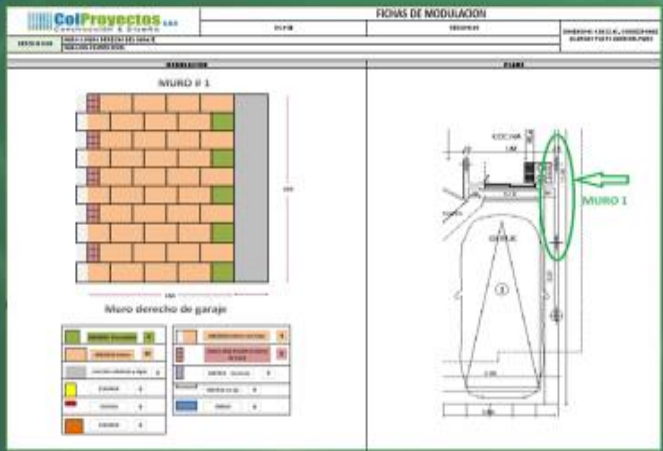
volqueteo en el caso del ladrillo de carga, reflejándose un gran desperdicio puesto que los subcontratistas tenían que escoger el ladrillo, y el caso del bloque era colocado en el lugar más conveniente sin una buena limpieza del área presentándose derrumbes del bloque. Todo se evidenció porque no se contaba con layout de obra (logística interna de obra). (Véase la figura 21,22), (Véase la Gráfica 14).

Enfocándose en el análisis del estudio se realiza una nueva reunión con gerencia para que observe el informe final donde comparan precios y porcentajes donde la diferencia es siempre elevada, pero a su vez de mucha ganancia y sensibilización al personal operativo como ingenieros de obra residentes, subcontratistas de mampostería que si se puede trabajar de una manera ordena sin desperdicios, y con costo de actividad bajos gracias a la implementación de la filosofía lean construction; de esta manera se logró ingresar un personal capacitado para manejar una cortadora bloque y mantener un inventario de bloque y distribuir ordenadamente en cada punto de construcción de mampostería de una manera ordenada sin retrasos (Véase la Figura 22, 23 y 24).

Figura 23. Gracias a las modulaciones y los datos estadísticos



Figura 24. Gracias a las modulaciones de muros en mampostería



The image shows a technical drawing titled 'FOLIOS DE MODULACION' (Modulation Sheets) for a brick wall. It is divided into two main sections: 'MURADO' (Modulation) and 'PLANO' (Plan). The 'MURADO' section shows a brick wall layout for 'MURD 1' and 'MURD 2', with a legend below it listing various brick types and their quantities. The 'PLANO' section shows a cross-section of a wall with a window, labeled 'MURD 1' and 'MURD 2', with dimensions and a green arrow pointing to the wall. The legend includes the following items:

Color	Descripción	Cantidad
Verde	Brick tipo 1	4
Amarillo	Brick tipo 2	4
Naranja	Brick tipo 3	4
Rosado	Brick tipo 4	4
Rojo	Brick tipo 5	4
Blanco	Brick tipo 6	4
Grigio	Brick tipo 7	4
Verde	Brick tipo 8	4
Amarillo	Brick tipo 9	4
Naranja	Brick tipo 10	4
Rosado	Brick tipo 11	4
Rojo	Brick tipo 12	4
Blanco	Brick tipo 13	4
Grigio	Brick tipo 14	4

Modulación de muros: Se determinan la longitud y el número de piezas requeridas para cada muro, se envían cortadas al lugar de trabajo desde la cortadora de modo que se eliminen las perdidas por esperas o desplazamientos por parte de los mamposteros en búsqueda de piezas.

Figura 25. Modulacion de bloque de mampostería



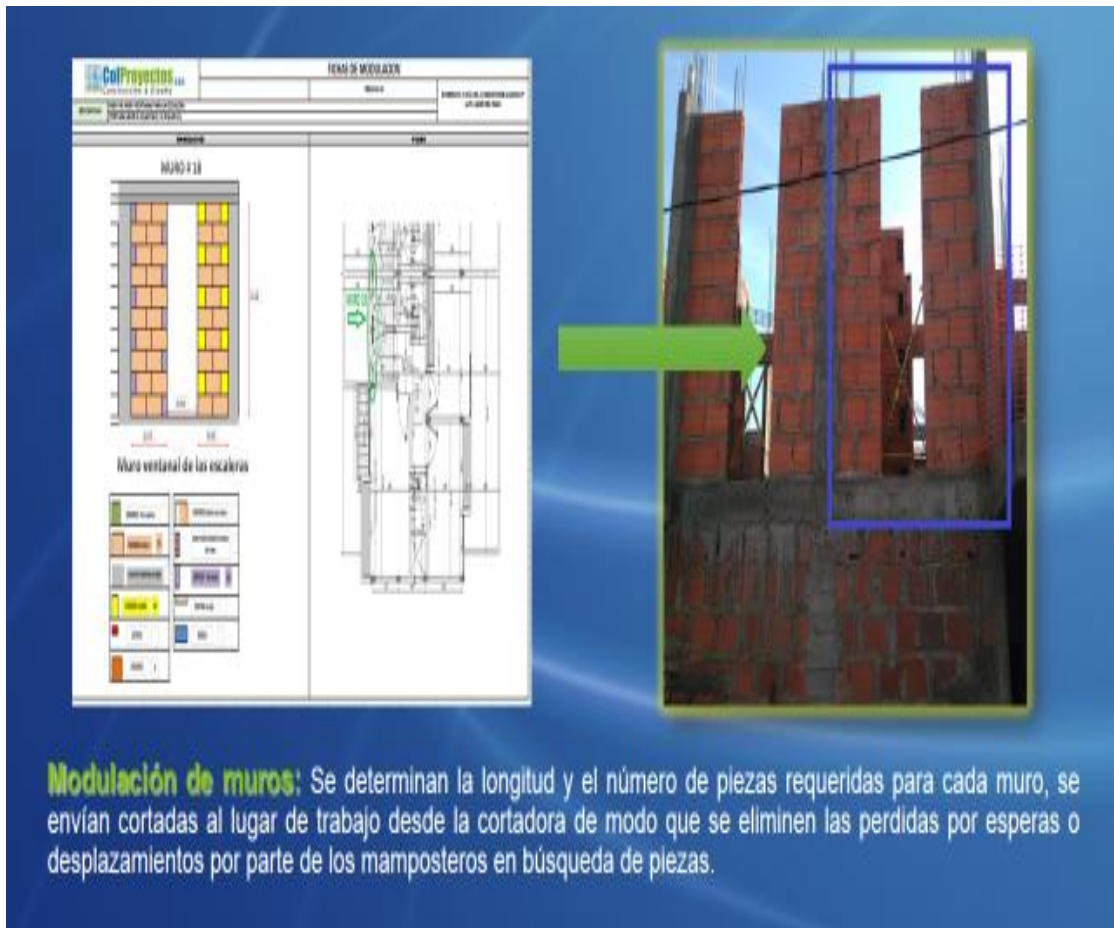
Como se observa en la figura 25, se lograron importantes alcances con la modulacion del bloque de mampostería, en la cual podemos analizar la manera

como el personal operativo se integra y toma conciencia de cómo puede trabajar de forma ordenada y con rendimiento óptimo, pasan de realizar una casa en 20 días, se logra realizar una cada en 12 días; todo esto se le debe a la implementación de la modulación de los muros y el íntegro del área de diseño (el arquitecto de la constructora para planear modulaciones también en la actividad de enchape) con la ayuda de los ingenieros residentes los cuales facilitaron el chequeo del muro. (Véase la figura 26).

Figura 26. Modulación de muro su proceso de construcción



Figura 27. El resultado de emplear modulación de muros



7. CONCLUSIONES

Gracias al diseñar e implementar los formatos obtuvimos una base de datos, facilitaron y mejoraron las actividades relacionadas con el control de los procesos así como la productividad de obra, control de actividades, programación de obra, causas de cumplimiento entre otras; además, las bases de datos creadas, ayudarán al control y el registro de las actividades y rendimiento de obra ya que anteriormente se observaba muchos atrasos debido a las malas programaciones todo este ciclo fue una mejora a tiempo para la obra logrando la implementación de lean construction.

Gracias al resultado obtenido las empresas constructoras de la región contemplan la idea desarrollar proyectos de vivienda con la metodología de lean construction ya que ven que tendrán un enfoque más en la reducción de las actividades que no generan valor hasta de un 8% y su inversión en mejorar la calidad de sus productos en vez de pensar en cómo bajar costos afectando la calidad de los insumos, la mano de obra, se lograran mayores utilidades. Como es el caso para la actividad de la mampostería que al analizarla obtuvimos un antes donde los gastos de material eran elevados en costo de \$11'131.890 y el después en 2 meses con la reducción a \$ 2'980.200 un análisis de ganancia para constructora así como para la obra en beneficios.

Gracias a la implementación de Lean Construction la (Línea de balance) nos permitió organizar las etapas del ciclo productivo secuencialmente de nuestras actividades en obra y se constituyó para la constructora en una herramienta de gran importancia para poder organizar nuestros proyectos en las diferentes etapas constructivas y así la constructora ponerlo en marcha en sus demás obras donde observaran sus ingenieros el control de sus obras a futuro.

Observando en la actualidad la construcción de vivienda de tiene un gran auge en el país y a nivel regional cada vez más el proceso constructivo tiende a industrializarse; dentro de éste la aplicación de la metodología Lean Construction la cual se ha basado en los principios de producción de la Toyota desarrollada en los años 50. Lo que pretende esta metodología es optimizar el proceso productivo mediante la planeación y la retroalimentación del ciclo constructivo una práctica al principio sin paso fuerte y que a medida que se analizaba y se ejecutaba para dar en el caso del éxito para nosotros trayéndonos muchos beneficios para Colproyectos dará pie para que las demás constructoras de la región tenga esta oportunidad de ejecutar esta herramienta de mejoramiento.

Gracias al nuevo enfoque de producción se identificaron y cuantificaron fácilmente las pérdidas evidenciando oportunidades de mejoramiento en las actividades estudiadas.

8. RECOMENDACIONES

Continuar con las mediciones de los indicadores implementados y la dinámica ya creada en la obra en cuanto a la programación y planificación de actividades. La coordinación de las actividades de todo el equipo de trabajo, la continua comunicación genera un ambiente favorable en la obra y contribuye con el mejoramiento de la productividad.

A la Dirección de técnica de la obra se les recomienda, realizar comparativos permanentemente de las actividades presupuestadas Vs las ejecutadas, que indique a tiempo el estado de la obra y no esperar al cierre de la misma para conocerlas.

Dentro de la metodología Lean Construction es muy importante retroalimentar el proceso con el fin de corregir fallas identificadas y esto se logra en el ciclo de aprendizaje, con cada falencia que se logre identificar en el proceso los proyectos se pueden mejorar, además si se reducen al mínimo las actividades que no agregan valor a nuestro producto la utilidad puede incrementarse.

Es importante llevar un control de los formatos implementados para los procesos de conteo de actividades productivas, contributivas, no contributivas así se obtendrá el control de las actividades que están causando algún daño dentro de la obra esto nos podrá alertar a tiempo y tomar decisiones.

Seguir una línea de balance nos hace visualizar en donde vamos con la programación de obra, seguir llevando una planificación intermedia nos ayuda a evaluar las restricciones a liberal y estar pendiente de la actividad a comenzar, así como la planeación semanal que nos informa el compromiso con cumplir en otra.

Para lograr un mayor sostenimiento y control de la metodología lean construction en las obras de la empresa Colproyectos S.A.S. es importante contar con el acompañamiento de ingenieros industriales e ingenieros civiles como equipo de apoyo en cada una de las obras, los cuales permitan llevar a cabo un mayor control de la metodología y gestión de las actividades constructivas.

La cultura de cambio ante el pensamiento tradicionalista de los trabajadores en cualquier sector de la producción es una barrera o desafío a cambiar por parte de los ingenieros industriales y civiles; sin embargo, es importante que el equipo administrativo de las obras en el sector de la construcción se presenten como la entrada a través de apoyo y compromiso con la implementación de nuevas metodologías a ejecutar en el campo de la construcción.

Se recomienda seguir implementando propuestas de mejoramiento para todas las áreas de la empresa, con el fin de contribuir con las políticas de calidad, para mejorar continuamente todos los procesos que intervienen en la actividad productiva de la obra.

BIBLIOGRAFÍA

BOTERO, Luis. Diez años de implementación lean en Colombia: Logros y dificultades (Construcción sin pérdidas). Medellín: Universidad EAFIT, 2014. 47 p.

CAMARGO, Eduardo y GONZÁLEZ, Jorge. Propuesta de un sistema operativo de gestión basado en la filosofía Lean Construction que permita estandarizar las actividades implicadas en el montaje de la estructura metálica de un edificio. Bogotá: Universidad De La Salle, 2011. 96 p.

CANTÚA, Alejandro; MORENOA, Jorge; GALLINAA, Mauro y GARCÍA, Germán. Productividad real en obras civiles. Análisis de un caso [en línea]. [citado 14 de junio de 2016] Disponible en: <http://www.cetarq.com.ar/productividad.pdf>

COLON, Karen y CASTRO, Paulina. Diseño e implementación de un programa de 5s en industrias metálicas San Judas Ltda. Cartagena: Universidad de Cartagena, 2010. 101 p.

COLPROYECTOS S.A.S. [En línea]. [citado 14 de junio de 2016] Disponible en: <http://www.colproyectos.com/web/>.

CORREDOR, German y ROJANO, Ana. (2009). “Lean Construction” Aplicada a proyecto de edificaciones de vivienda unifamiliar. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana, 2009. 152 p.

CUBAQUE, Jeyson. Diseño de una propuesta para la implementación de la metodología Lean Construcción en una empresa del sector construcción. Bogotá: Universidad Nueva Granada, 2014. 18 p.

DELGADO ORDUZ, Elberth. Aplicación de la metodología de planeación Last Planner en el mejoramiento de la productividad, efectividad y eficiencia en el sistema constructivo aporticado (lean Construction). Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2007. 150 p.

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. [En línea]. [citado 18 de junio de 2016] Disponible en: <http://www.dane.gov.co/>

GRANADOS, Brenda. Implementación de la metodología Lean Construction para las actividades de Estructura del proyecto natura del consorcio campo empresarial campestre. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2011. 141 p.

INGENIERIA INDUSTRIAL. [En línea]. [citado 24 de junio de 2016] Disponible en: <http://www.ingenieriaindustrialonline.com>.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS CHILE. [En línea]. [citado 14 de julio de 2016] Disponible en: <http://www.ine.cl/>

KOSKELA, Lauri. Application of the new production philosophy to Construction. New York: Stanford University, 1992. 81 p.

LEAN CONSTRUCTION. Administración de proyectos [En línea]. [citado 8 de julio de 2016] Disponible en: <http://www.leanconstructionenterprise.com/documentacion/lean-construction>

LUENGAS, Carolina. Implementación y seguimiento de la metodología Lean Construction a las actividades constructivas a las actividades constructivas de la obra Metropolitana Business Park en la empresa Marval S.A. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana, 2011. 148 p.

PINTO VEGA, Lady Johana. Mejoramiento de la productividad en la obra tayrona de urbana S.A. basado en la filosofía lean Construction. Trabajo de grado para optar el título de ingeniera industrial. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2010. 105 p.

PIRAQUE, German. Planeación e implementación de la Filosofía Lean Construction en base al estudio de pérdidas y aplicación del sistema Last Planner en un proyecto constructivo de la empresa Marval S.A. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana, 2010. 141 p.

PORTER, M. y KRAMER, M. Estrategia y sociedad: el vínculo entre ventaja competitiva y responsabilidad social corporativa. México: Harvard Business Review, 2006.

SÁNCHEZ, Andrea. Eficiencia de tiempos en las actividades de: Estructura convencional, mampostería estructural y enchape para VIS, tomando como base la filosofía de Lean Construction. Zipaquirá: Corporación Universitaria Minuto de Dios, 2014. 119 p.

SARMIENTO CUBAQUE, Jeyson Leonardo. Diseño de una propuesta para la implementación de la metodología lean Construction en una empresa del sector construcción. Bogota: Universidad Militar Nueva Granada, 2014. 56 p.

TOMMELEIN, I. Pull-Driven Scheduling for Pipe-Spool Installation: Simulation of Lean Construction Technique. Journal of Construction Engineering and Management, 1998. Vol. 124, no. 4, p. 279-288.

ANEXOS

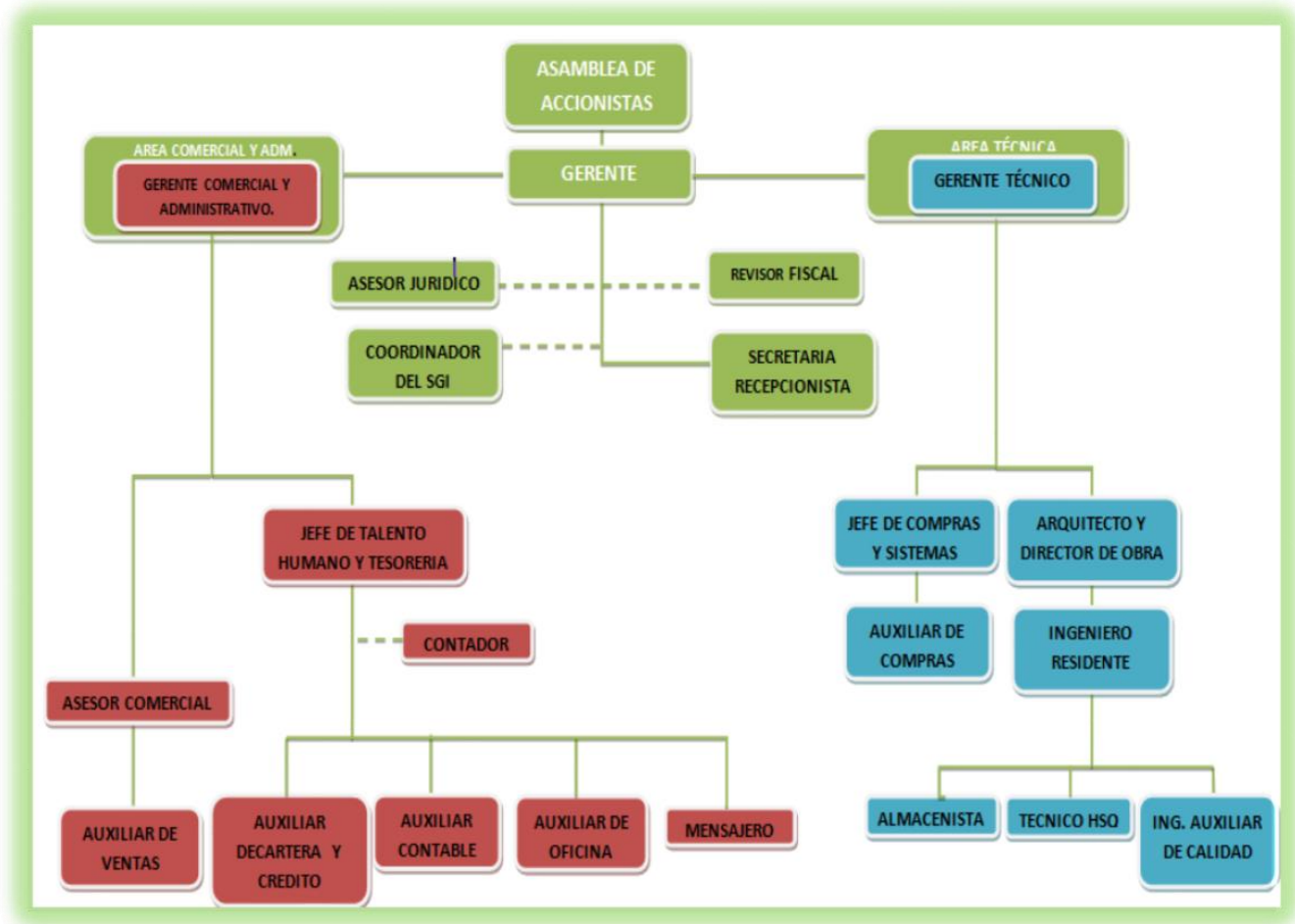
Anexo A. Formato para recolectar los datos de la productividad en obra así como también las pérdidas en mano de obra

OBRA: <u>ARBORETTO</u>		RESPONSABLE: _____		FECHA: _____			
NOMBRE DEL TRABAJADOR	CARGO	CONTRATISTA	ACTIVIDAD / UBICACIÓN	AGREGA VALOR (P)	SOPORTE (C)	NO AGREGAN VALOR (NG)	OBSERVACIONES
Oscar		Otero	Via 7 / M2 C 21 + Lad. 1/6				
Horacio		Otero	Via 3 / M2 C 21 T Lad. 1/6		X		
Eduardo Racene		Otero	Via 3 / M2 E C 11 P. Fachosa	X	X		
George Eli C.		Alex Anganti	Via 3 / M2 E C 18 Desencofrado	X			
George C. Contreras		Alex Anganti	Via 3 / M2 E C 18 Mezcla	X			
Miguel Ramirez		Alex Anganti	Via 3 / M2 E C 18 Nanquena	X			
Alejandro		Adm/Otero	Via 3 / M2 C 37 Aseo				
Leonardo a.		Leonardo otero	Via 3 - Via 2 piscina		X		Descansado, des. pue. de 1/6
Edwin Anganti		Alex Anganti	Via 3 - M2 C 37 Sembr. Arroz	X	X		
Nelson Enrique		Leonardo otero	Via 3 - Via 2 piscina quitando T.		X		
Pablo Camargo R.		Leonardo otero	Via 3 - Via 2 piscina quitando T.		X		
Yelmer Antonio		Leonardo otero	Via 3 - Via 2 piscina quitando T.		X		
Muis Carlos Betello		Orlando Ullaliba	Via - 2 M2 C 18 Mezclando C	X			
Orlando Ullaliba		Otero	Via - 2 M2 B - 33 papete interna	X			
Via Eduardo Moreno		Pablo Rojas	Via 2 M2 B - 30 T. Cemento	X	X		
Jose Ricardo Espino		Pablo Rojas	Via 2 M2 C 25 amallado	X			
Daniel		Adm	Via 1 M2 C 25 amallado				
		Pablo Rojas	Via 1 M2 B 08			X	Descansando
		Pablo Rojas	Via 1 M2 B 08			X	Descansando
		Pablo Rojas	Via 1 M2 B 08			X	Descansando
		Pablo Rojas	Via 1 M2 B 08			X	Descansando
Nelson Avran	plomero	Marco otero	Via 1 M2 A 1-2 excavando	X			
		Marco otero	Via 1 M2 A 1-2 excavando	X			
		Marco otero	Via 1 M2 A 1-2 excavando	X			
		Marco otero	Via 1 M2 A 1-2 excavando	X			
		Marco otero	Via 1 M2 A 1-2 excavando	X			

Anexo B. Registro fotográficos del contratista del mes



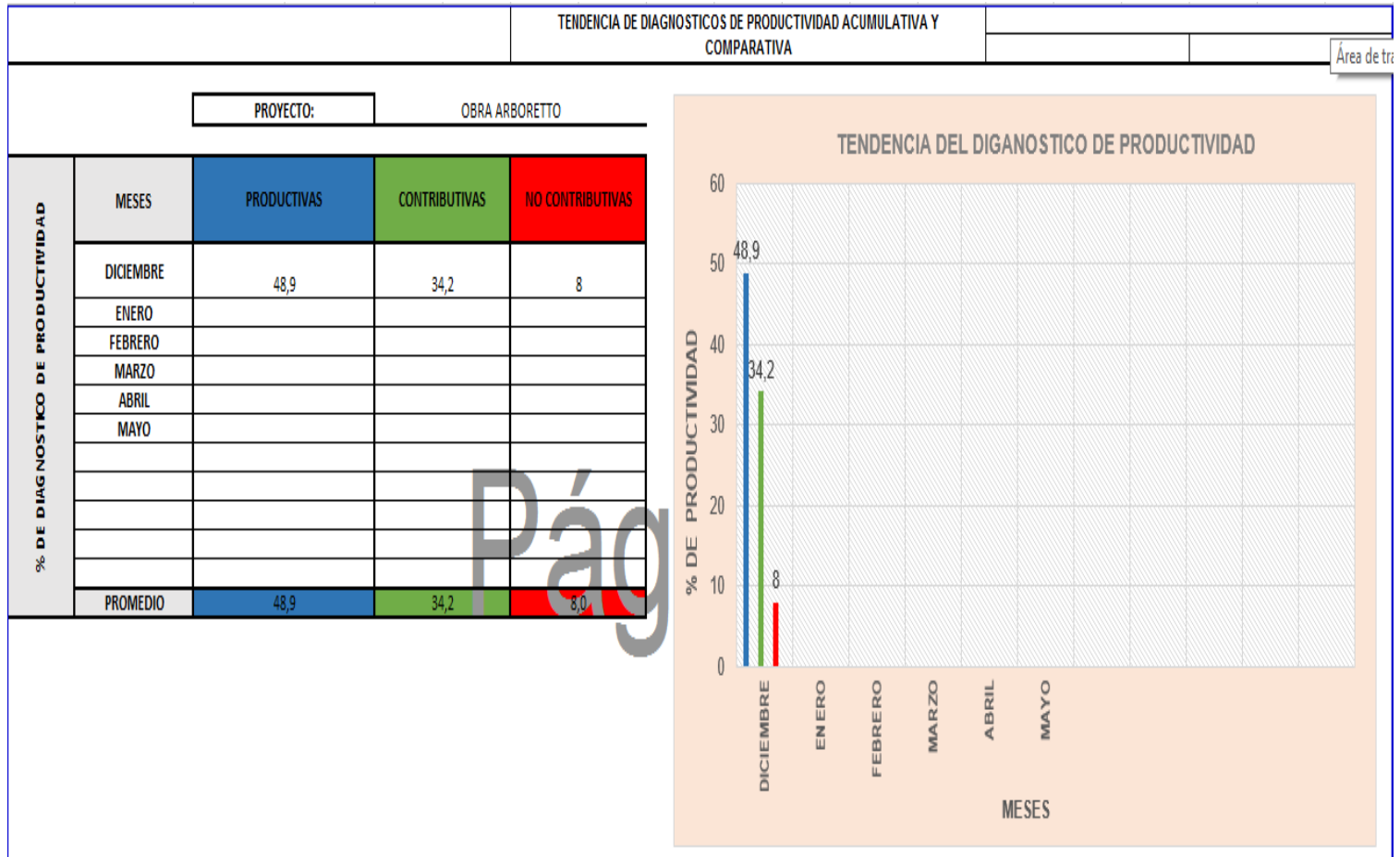
Anexo C. Estructura organizacional en la constructora



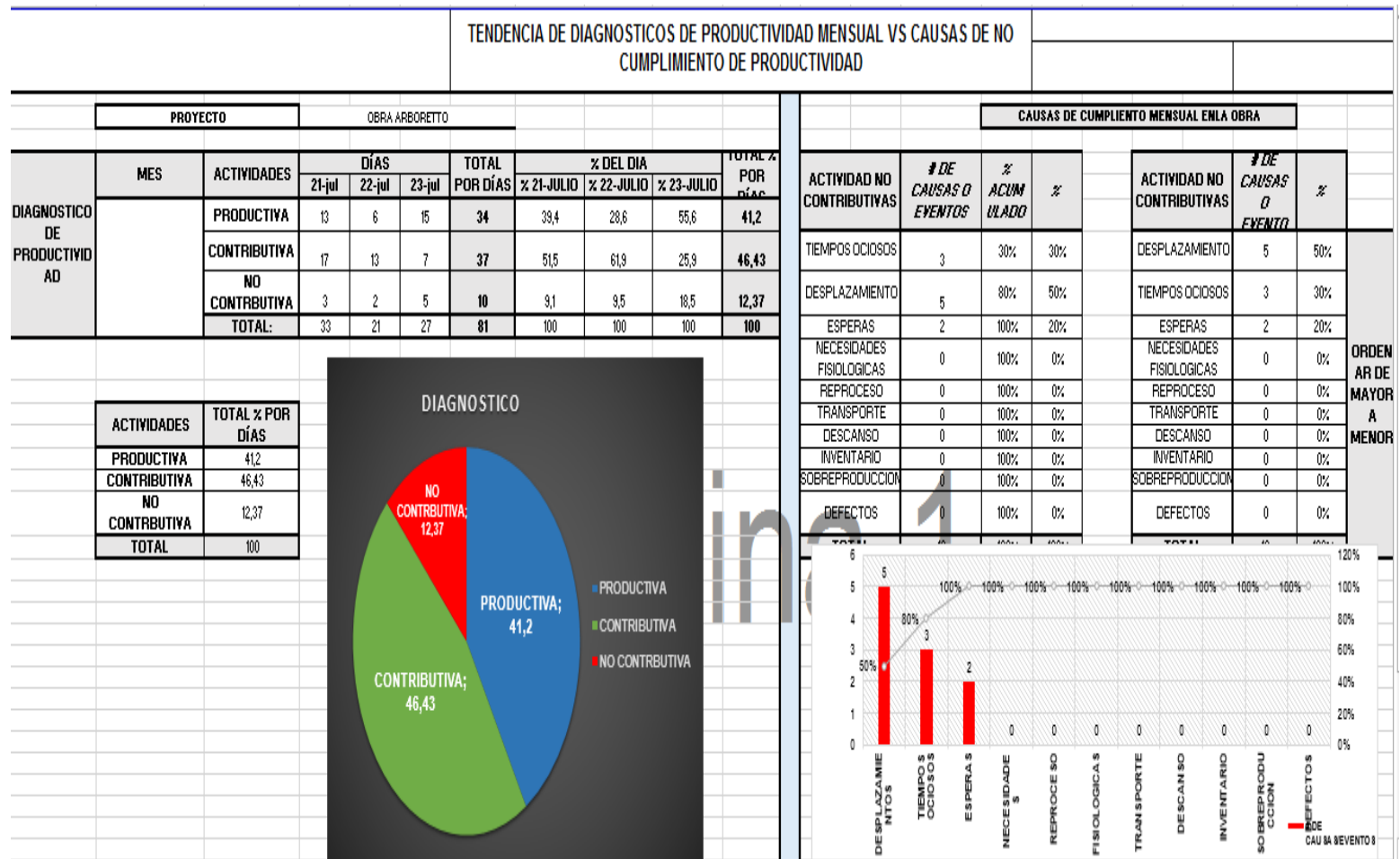
Anexo E. Formato de tendencia de evaluación y desempeño a contratistas

TENDENCIA DE EVALUACIÓN Y DESEMPEÑO A CONTRATISTAS											
EXCELENTE (mayor a 90% e igual 100%)			BUENO (mayor a 80% e igual 89%)			MALO (menor a 60% e igual a 79%)					
MARCA CON UNA X SI EL RANKING DE EVALUACION DE DESEMPEÑO FUE EXCELENTE - BUENO - MALO											
CONTRATISTA	MESES							TOTAL DE LOS MESES	RANKING		
	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	MES 1	MES 2	MES 3		EXCELENTE (mayor a 90%)	BUENO (mayor a 80% e igual 89%)	MALO (menor a 60% e igual 79%)
C.T. JESUS RAMIREZ	90%	84%	100%	100%	94%	100%	100%	95%			
								0%			
								0%			
								0%			
								0%			
								0%			
								0%			
								0%			
								0%			
								0%			
								0%			
								0%			
								0%			
								0%			
								0%			

Anexo F. Formato de tendencia de diagnóstico de productividad acumulativa y comparativa



Anexo G. Formato tendencia de diagnósticos de productividad mensual vs causas de no cumplimiento de productividad en obra




Anexo I. Formato del plan semanal y pac semanal

	PLAN SEMANAL	

PROYECTO: CONJUNTO CERRADO ARBORETTO	Fecha Actualización: _____	DIA INICIAL	DIA FINAL
--------------------------------------	----------------------------	-------------	-----------

REGISTRO DE PLANIFICACIÓN SEMANAL																					
ACTIVIDAD	Responsable	Meta		CALIFICACIÓN	Semana							Causas de no Cumplimiento							Observaciones		
		COMPROMETIDO	ALCANZADA		L	M	W	J	V	S	D	Proveedor	Herramientas-Equipos	Falta de personal a causa del	Mal tiempo	Prerequisito	Falta de Diseños	Cambios de diseños		Mala planeación	Otros
*D(1-4) INSTALACIÓN DE LLAVE DE CORTE 100%.	AGUSTIN ROJAS	100%	100%	100%	1	1	1	1	1	1											
*B(5-8) INSTALACIÓN DE TUBERÍA SANITARIA DE PLACA ENTREPISO 100%.	AGUSTIN ROJAS	100%	100%	100%	1	1	1	1	1	1											
*C(34-38) INSTALACIÓN DE SIFONES DE PLACA TANQUE 100%.	AGUSTIN ROJAS	100%	100%	100%	1	1	1	1	1	1											
*D(4-5) INSTALACIÓN DE SIFONES DE PLACA TANQUE 100%.	AGUSTIN ROJAS	100%	100%	100%	1	1	1	1	1	1											
*E(17-20) PAÑETE 1ER NIVEL 100%.	ALEXANDER ANGARITA	100%	100%	100%	1	1	1	1	1	1											
*C(28-35) PAÑETE 2DO NIVEL 100%.	ALEXANDER ANGARITA	100%	100%	100%	1	1	1	1	1	1											
*D(1-4) CUCHILLAS 40%.	ALEXANDER ANGARITA	40%	40%	100%	1	1	1	1	1	1											
*E(17-20) PAÑETE 2DO NIVEL 40%.	ALEXANDER ANGARITA	40%	40%	100%	1	1	1	1	1	1											
*B(34-35) FUNDIDA DE PLACA TANQUE 100%.	ORLANDO VILLALOBOS	100%	100%	100%	1	1	1	1	1	1											
*B(32-35) FUNDIDA DE VIGA CANAL 100%.	ORLANDO VILLALOBOS	100%	100%	100%	1	1	1	1	1	1											

Anexo J. Formato de evaluación a contratistas y el pac semanal

		EVALUACIÓN A CONTRATISTAS					
PROYECTO:							
CONVENCIONES:		Calificar por % cada uno de los aspectos a evaluar de cada contratista teniendo en cuenta que dicha calificación se realiza en porcentaje.					
No.	CONTRATISTA	ACTIVIDAD QUE REALIZA EL CONTRATISTA	ASPECTOS A CALIFICAR				TOTAL 100%
			CALIDAD 30%	CUMPLIMIENTO PAC 30%	SEGURIDAD INDUSTRIAL 20%	ORDEN Y ASEO 20%	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

Anexo K. Matriz de Riesgos

(Ver carpeta anexa)