

# GESTIÓN DE ACERO EN OBRA

David Restrepo Mora



**ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA  
INGENIERIA CIVIL  
ENVIGADO  
2011**

# **GESTIÓN DE ACERO EN OBRA**

**David Restrepo Mora**

**Jorge Enrique Sierra Suárez**

**Ingeniero de producción**

**Especialista en Gerencia de la Calidad**



**ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA  
INGENIERIA CIVIL  
ENVIGADO  
2011**

Para mis padres

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA

## **AGRADECIMIENTOS**

Para el desarrollo de este trabajo fue indispensable el apoyo de las Ingenieras María Fernanda Bedoya y Juliana Zapata Giraldo y el ingeniero Jorge Enrique Sierra Suárez a quienes agradezco su acompañamiento y asesoría.

Agradezco también a todas y cada una de las empresas constructoras que me abrieron sus puertas para la toma de datos de las diferentes etapas de la gestión de acero, y a los ingenieros entrevistados quienes de manera amable respondieron todas las preguntas de encuesta, la cual fue una herramienta indispensable para el resultado obtenido de este trabajo.

Por último quiero agradecer a la escuela de ingeniería de Antioquia y a todos los profesores que han hecho parte de mi formación como ingeniero civil.

# CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN.....	15
1. PRELIMINARES.....	16
1.1 Planteamiento del problema .....	16
1.2 Contexto y caracterización del problema .....	16
1.3 Formulación del problema .....	17
1.4 Antecedentes .....	17
1.5 Justificación.....	18
2. OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	19
2.1 Objetivo General.....	19
2.2 Objetivos Específicos .....	19
3. MARCO DE REFERENCIA .....	20
3.1 LOGISTICA .....	20
3.1.1 Outsourcing y negocio principal.....	20
3.1.2 Compras.....	20
3.1.3 Almacenamiento.....	21
3.1.4 Proceso logístico comercial y proceso de almacenamiento .....	21
3.2 Modelos básicos de producción.....	22
3.3 LEAN MANUFACTURING (manufactura esbelta).....	23
3.3.1 5 s en la producción .....	23
3.3.2 6 tipos de inventario .....	24
3.3.3 Lean manufacturing identifica 8 tipos de desperdicios .....	24
3.3.4 FIFO (first input – first output).....	25

3.3.5	Diseño del layout (disposición o distribución) de una planta .....	25
3.3.6	Rapid plant assent RPA (Evaluación rápida de planta).....	26
3.4	LEAN CONSTRUCTION (construcción sin pérdidas) .....	27
3.4.1	Principios fundamentales de lean construction .....	27
3.4.2	Lean construction en la práctica .....	29
3.4.3	Pérdidas .....	29
4.	METODOLOGÍA DEL PROYECTO .....	31
5.	DESARROLLO DEL PROYECTO .....	33
5.1	Herramientas útiles para la gestión de acero .....	33
5.2	Identificación y evaluación de prácticas .....	33
5.3	Obras encuestadas .....	36
5.4	Resultados obtenidos .....	37
5.5	Medición de subprocesos para la gestión de acero en obra .....	37
5.5.1	Obra 1B.....	38
5.5.2	Obra 2C.....	39
5.5.3	Obra 2F .....	40
5.5.4	Obra 2D.....	41
5.5.5	Obra 5I .....	42
5.5.6	Obra 3G .....	42
5.5.7	Obra 6J .....	44
6.	PRÁCTICAS RECOMENDADAS.....	45
6.1	Titulo 1. Planos arquitectónicos .....	45
6.2	Titulo 2. Prioridades de entrega.....	45
6.3	Titulo 3. Métodos constructivos .....	46

6.4	Titulo 4. Planos estructurales.....	46
6.5	Titulo 5. Ubicación del sitio de almacenamiento. ....	47
6.6	Titulo 6. Especificaciones del sitio de almacenamiento.....	47
6.7	Titulo 7. Corredores de distribución .....	48
6.8	Titulo 8. Equipo para transporte horizontal y vertical.....	48
6.9	Titulo 9. Zona de descargue .....	49
6.10	Titulo 10. Reserva .....	50
6.11	Titulo 11. Seguridad.....	51
6.12	Titulo 12. Aseo.....	51
6.13	Titulo 13. Verificacion .....	51
6.14	Titulo 14. Distribución de información .....	52
7.	CONCLUSIONES.....	54
8.	RECOMENDACIONES.....	56
	BIBLIOGRAFÍA.....	57

# LISTA DE TABLAS

pág.

Tabla 1	Numeración y características generales de las obras visitadas .....	36
Tabla 2	Resultados obtenidos de encuesta.....	37
Tabla 3	Tiempo por tonelada y porcentaje de tiempo por tonelada para cada una de las categorías de la obra 1B.....	38
Tabla 4	Tiempo por tonelada y porcentaje de tiempo por tonelada para cada una de las categorías de la obra 2C.....	40
Tabla 5	Tiempo por tonelada y porcentaje de tiempo por tonelada para cada una de las categorías de la obra 2F.....	40
Tabla 6	Tiempo por tonelada y porcentaje de tiempo por tonelada para cada una de las categorías de la obra 2D.....	41
Tabla 7	Tiempo por tonelada y porcentaje de tiempo por tonelada para cada una de las categorías de la obra 5I.....	42
Tabla 8	Tiempo por tonelada y porcentaje de tiempo por tonelada para cada una de las categorías de la obra 3G.....	43
Tabla 9	Tiempo por tonelada y porcentaje de tiempo por tonelada para cada una de las categorías de la obra 6J.....	44
Tabla 10	Símbolos para la clasificación de los subprocesos.....	58
Tabla 11	Medición y clasificación de subprocesos para la gestión de acero en obra 1B59	
Tabla 12	Medición y clasificación de subprocesos para la gestión de acero en obra 1B60	
Tabla 13	Medición y clasificación de subprocesos para la gestión de acero en obra 2F 61	
Tabla 14	Medición y clasificación de subprocesos para la gestión de acero en obra 2F 62	
Tabla 15	Medición y clasificación de subprocesos para la gestión de acero en obra 5I	63
Tabla 16	Medición y clasificación de subprocesos para la gestión de acero en obra 3G	64



Tabla 17 Medición y clasificación de subprocesos para la gestión de acero en obra 6J 65

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1 Carencia de sistema de almacenamiento en obra 1B. Fotografía tomada por David Restrepo Mora en febrero de 2011.....	39
Figura 2 Transporte de acero en la obra 3G. Fotografía tomada por David Restrepo Mora en febrero de 2011. ....	43
Figura 3 Torre grúa, equipo para transporte horizontal y vertical. Fotografía tomada en febrero de 2011. ....	49

## **LISTA DE ANEXOS**

pág. ANEXO 1 Medición y clasificación de subprocesos para la gestión de acero en las diferentes obras

## GLOSARIO

**Almacenamiento**, manipulación del acero dentro del sitio donde este es ordenado racionalmente siguiendo una metodología previamente establecida

**Pérdidas**, actividades que no agregan valor, ya que consumen tiempo, recursos y espacio generando costos extras en el proceso de construcción.

**Trabajo contributivo**, tiempo empleado por el trabajador realizando labores de apoyo necesarias para la ejecución de las actividades productivas

**Trabajo no contributivo**, actividad realizada por los obreros que no hace parte del trabajo productivo ni del contributivo.

**Trabajo productivo**, tiempo utilizado por el trabajador en la producción de alguna unidad de construcción

## **RESUMEN**

Este trabajo presenta un plan de gestión de acero en obra donde se dan recomendaciones para optimizar su recepción, transporte, almacenamiento, selección y distribución con el fin de disminuir costos y tiempos durante la construcción de cualquier proyecto. Esto basándose en la observación de los procedimientos ejecutados en diferentes obras de la ciudad de Medellín, y en el estudio de teorías de logística, lean manufacturing y lean construction las cuales dan recordaciones para el almacenamiento y el manejo de materiales en las diferentes industrias y específicamente en la industria de la construcción.

## **ABSTRACT**

This paper presents a management plan for steel in construction where recommendations are given for effective and optimal management during the reception, transportation, storage, sorting and distribution process. This will aid to reduce cost and time during construction of any project based on the observation of the procedures performed in different constructions in the city of Medellin, along with the study of theory of logistics, lean manufacturing and lean construction which give recommendations for the storage and handling of materials in various industries, with focus on the construction industry.

## INTRODUCCIÓN

Para la realización de este trabajo se empezó con el estudio de teorías que dan recordaciones para el almacenamiento y el manejo de materiales en las diferentes industrias, específicamente en la industria de la construcción, donde se encontraron relevantes las teorías de logística, lean manufacturing y lean construction.

Posteriormente se visitaron 10 obras de construcción diferentes en la ciudad Medellín con el fin de identificar de qué manera se lleva a cabo la gestión de acero. Para esto se aplicó una encuesta basada en la *Evaluación rápida de planta*, presentada por la teoría de Lean manufacturing, se midió el tiempo y las distancias de transporte, y se identificó el personal encargado y los equipos utilizados en cada subproceso.

Entre las obras visitados se encuentran proyectos de comercio y vivienda, edificaciones de diferentes alturas, en diferentes sectores de la ciudad y de diferentes empresas constructoras.

Una vez tabulados los resultados, se procedió a analizarlos identificando las carencias, necesidades y errores de la gestión de acero realizada en cada una de ellas, lo cual hace que esta actividad sea generadora de pérdidas de tiempo, espacio y por ende recursos económicos.

Por último se presentan prácticas recomendadas para la gestión de acero en obra, las cuales buscan optimizar el tiempo, el personal y los recursos económicos demandados por esta actividad.

# 1. PRELIMINARES

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.2 Contexto y caracterización del problema

La búsqueda por mejorar procesos en las obras de construcción para aumentar la productividad, genera entre otras la necesidad de planear y diseñar más detalladamente el almacenamiento de los materiales utilizados, de manera que se minimice el área requerida y se optimice su manipulación y distribución dentro de la obra, disminuyendo así el tiempo necesario para su búsqueda y transporte. Cabe resaltar que un buen almacenamiento de cualquier material utilizado en una construcción facilita inventarios, mejora procesos de control administrativo y disminuye costos del proyecto.

Es entonces el acero de refuerzo uno de los materiales que por sus características, demanda más espacio para su almacenamiento, debido a variables como peso, forma, longitud y constante flujo dentro de la obra presenta más complicaciones para su manipulación, generándose costos extras al requerir mayor cantidad de horas de personal y maquinaria.

El problema de almacenamiento de barras de acero empieza desde el momento en el que el proveedor hace la entrega en obra, pues estas son descargadas por personal que de manera empírica o intuitiva lanza grupos de barras desde el camión, cayendo unas encima de otras de manera desordenada, y en ocasiones peligrosa.

Las empresas productoras y distribuidoras de acero de refuerzo de la ciudad de Medellín, prestan el servicio de despachar paquetes de barras de igual diámetro y longitud, los cuales se entregan debidamente marcados o etiquetados con el fin de facilitar su almacenamiento en obra. Sin embargo en ocasiones resulta más sencillo para los trabajadores desagrupar estos paquetes antes de ser descargados, de manera que se pierde el orden y posteriormente se requiere más tiempo para su selección.

Aunque es común el uso de equipos para facilitar el transporte y almacenamiento de acero en obra, como lo son grúas, montacargas, torre grúas, plumas, entre otros, sigue existiendo la necesidad de personal que pasa largas jornadas de trabajo transportando barras de acero de un lugar a otro buscando una varilla con un diámetro y longitud específica. Todo esto por la falta de un plan de almacenamiento que modifique desde su recepción, hasta su método de entrega para ser armado el elemento reforzado con acero.



### **1.3 Formulación del problema**

El peso, longitud y forma de las barras de acero utilizado en obras de construcción, hacen de este un material difícil de almacenar, lo que genera la necesidad de formular un plan de almacenamiento que facilite su transporte, separación y distribución minimizando tiempo requerido de personal y equipo.

Se identifica que en la ciudad de Medellín no existen métodos de almacenamiento de barras de acero adecuados que se adapten a los procesos constructivos utilizados en la ciudad, por esto es necesario planear y buscar formas de almacenamiento que hagan del control del acero una actividad más sencilla y a su vez que disminuyan tiempos utilizados en actividades que aunque son indispensables no aportan resultados visibles en el producto final, tales como el transporte y almacenamiento que solo aumentan en gran medida los costos y el tiempo de elaboración del elemento estructural.

Se genera entonces la siguiente pregunta: ¿Cómo almacenar las barras de acero en obra de la manera más efectiva disminuyendo tiempos de transporte y selección?

### **1.4 ANTECEDENTES**

Actualmente en la ciudad de Medellín la manipulación de acero en obra es muy improvisada, ya que no se invierten recursos y tiempo ni para una planeación estratégica de unas adecuadas instalaciones, ni para el equipo especializado necesario que permita una mayor productividad y eficiencia

Empresas como Corporación Aceros Arequipa S.A han visto la dificultad que se tiene con el control de acero en obra como una oportunidad de negocio, ofreciendo un plan de manejo del acero que da recomendaciones desde el diseño estructural hasta el almacenamiento, ofreciendo maquinaria especializada para su descargue y transporte y andamios que facilitan el almacenamiento horizontal de las barras de acero.

Otras empresas como Material Handling Solutions y Action Handling Equipment ofrecen diferentes estanterías para el almacenamiento de acero, pero aun no se ofrecen soluciones integras que hagan de la manipulación del mismo un proceso más eficiente, reduciendo pérdidas económicas debido al tiempo y personal requerido.

En diferentes empresas constructoras del mundo con el interés por disminuir los tiempos y costos de las diferentes actividades implicadas en la construcción de sus proyectos han implementado prácticas recomendadas por la teoría de Lean construcción (IGLC, 2011), pero no se conoce registro de la aplicación de esta prácticas recomendadas a actividades contributivas tales como la gestión de acero en obra que implica la recepción, transporte y almacenamiento del acero antes de ser utilizada en la construcción del elemento estructural.

## **1.5 JUSTIFICACIÓN**

El acero es uno de los materiales de mayor flujo e importancia en una obra de construcción, por lo cual debe buscarse un plan de almacenamiento que permita disminuir el tiempo que se dedica actualmente en su selección, transporte y ubicación, pues la carencia de un plan genera la necesidad de improvisar, lo que se ve reflejado en la repetición de procesos por actividades o factores que no se logran tener en cuenta cuando se toman decisiones arbitrarias día a día.

Se identifica el almacenamiento de acero en obra como una actividad que actualmente se ejecuta de manera improvisada, y que además de ser generadora de pérdida de tiempo y de recursos para la ejecución de la obra, es una actividad supremamente desgastante física y mentalmente para los trabajadores. Se busca entonces impactar positivamente los proyectos constructivos planteando posibles soluciones para mejorar las condiciones de almacenamiento de acero en obra con el fin de reducir los costos del proyecto.

## **2. OBJETIVOS DEL PROYECTO**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Proponer un plan de gestión de acero en obra donde se den recomendaciones para la efectiva y óptima manipulación de este, con el fin de disminuir costos y tiempos durante la construcción de cualquier proyecto.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar elementos claves para un almacenamiento efectivo propuestos por las diferentes teorías de almacenamiento.
- Identificar las formas de almacenamiento de acero en obra actualmente utilizadas en la ciudad de Medellín por diferentes compañías constructoras, de acuerdo con parámetros de medida preestablecidos
- Proponer buenas prácticas en el almacenamiento de acero en obra.

### **3. MARCO DE REFERENCIA**

#### **3.1 LOGÍSTICA**

La logística hace referencia al proceso de planear, implantar y controlar de manera eficiente y económica el flujo y almacenamiento de materias primas, inventarios en proceso, productos terminados e información vinculada desde el punto de origen hasta el punto donde se la da uso a esta materia prima con el propósito de adecuarse a las necesidades del cliente (Carranza 2005).

##### **3.1.1 Outsourcing y negocio principal**

El outsourcing es el servicio de logística que presta una empresa acogiendo las actividades menos relevantes de la empresa contratante, entendiéndose estas actividades como procesos indispensables para obtener el producto final y que a su vez demandan tiempo y detalle que se sale del alcance de la empresa contratante.

Para entender y poder considerar el outsourcing como una herramienta es fundamental identificar el negocio principal, concepto de la teoría administrativa que sugiere a la empresa concertarse en sus habilidades principales y fortalecerse con el apoyo de otras empresas (pequeñas y medianas) que tienen como habilidad principal la prestación de un servicio necesario para obtener el producto final.

Para la identificación del negocio principal de una empresa se debe buscar aquellas habilidades relativas que por su competitividad en el entorno tenga los menores costos, el mayor valor relativo dentro del negocio o ambos. Para esto se debe identificar que eslabón de la cadena esta mejor posicionado no solo en la industria específica sino en todas las industrias que tenga ese eslabón o proceso específico en su cadena de producción.

Una vez identificado el negocio principal se piensa entonces en subcontratar los otros procesos de la empresa o eslabones de la cadena, teniendo en cuenta que elementos con potencial o posible potencial de generar ventaja competitiva no deben ser subcontratados.

##### **3.1.2 Compras**

Las compras es otro ítem importante que la logística abarca haciendo de la relación con los proveedores un importante vínculo que hace más eficiente el control del flujo de materias primas. Octavio Carranza (2005) presenta la definición de la función de compras como “las actividades esenciales relacionadas con la adquisición de materiales, servicios y equipo usado en la operación de una organización”

### **3.1.3 Almacenamiento**

El interés de las empresas por mejorar sus el almacenamiento es cada vez mayor. Las diferentes compañías han empezado a ver este como un campo de desarrollo y a su vez se ha encontrado que las bodegas enfrentan desafíos que hacen que la excelencia sea aún más difícil de adquirir y mantener, lo que impulsa a las empresas a interesarse más por este tema con el fin de mejorar su posición competitiva utilizando el almacenamiento como arma estratégica.

Como afirma Carranza (2005), El verdadero valor del almacenamiento esta en tener el producto en el momento oportuno y el lugar correcto. Es decir, el almacenamiento provee la utilidad del tiempo y el lugar necesario para que una empresa cumpla con sus objetivos de servicio.

Cabe aclarar que la construcción de una bodega y la ubicación de la misma no solo consiste en acondicionar el lugar de manera limpia e instalar repisas, embarrados o anaqueles. Tampoco es algo estático y tiene un tiempo exacto determinado de uso, ya que el cambiante y dinámico entorno hace que las bodegas estén en constante planeación haciendo obsoletos los planes anteriores, por esto, “la planeación de un almacén es una actividad continua cuyo proyecto se observa y adapta constantemente para anticiparse a los requerimientos” (Carranza, 2005) Se entiende entonces el éxito de una bodega como el momento en el cual esta es capaz de maximizar el uso efectivo del espacio al mismo tiempo que satisface los requerimientos de flujo de los clientes.

### **3.1.4 Proceso logístico comercial y proceso de almacenamiento**

La logística comercial se encarga de administrar funciones específicas de la compañía tales como el transporte, control de inventario, embalaje, selección de ubicación de las bodegas, servicio a clientes y procesamiento de pedidos. Carranza (2005) presenta una definición más elemental presentando la logística como el arte de entregar los productos correctos, en el lugar indicado y el momento oportuno.

La incertidumbre que se presenta en logística y por ende en almacenamiento genera la necesidad de una solución flexible y óptima para múltiples escenarios que prevea costos y provea planes de contingencia. Esta incertidumbre es generada por algunos factores que generan cambios en las empresas y afectan el almacenamiento, los cuales se listan a continuación

- Niveles de actividad creciente o decreciente
- Cambio de comportamiento de los clientes
- Cambio en el modo de transporte
- Cambios en el producto elaborado por la empresa
- Cambio en el perfil de los pedidos
- La necesidad del espacio del almacén actual para otros fines

En una empresa dinámica, estos factores se presentan con frecuencia y en ocasiones simultáneamente. Cuando se generan cambios, el tamaño de las bodegas no responde a las necesidades ya sea porque el lugar de espaciamento es mayor o menor de lo que se necesita o porque su ubicación no es la mejor.

Otra variable que es claro debe tenerse en cuenta para el almacenaje es la producción no solo de la empresa sino también de los proveedores a través de los tiempos estimados de abastecimientos de los elementos que se necesitan comprar para poder producir, pues de esto depende en gran parte el tamaño de la bodega o lugar de almacenaje.

Es imposible analizar o tomar decisiones sobre el almacenamiento sin considerar el transporte de los elementos almacenados, en muchas industrias el transporte se lleva incluso costos mucho más altos que los de almacenaje, por lo tanto una decisión que considere solo el almacenaje olvidando el transporte conlleva a un grave error de diseño de red logística en la empresa lo que se convierte sin duda en una desventaja competitiva.

El éxito para la gestión de almacenamiento depende de la elaboración de un plan que indique procedimientos detallados cuidadosamente de lo que debe realizarse fuera y dentro del almacén.

El plan incluye decisiones tales como el diseño del lugar donde se almacenara (llámese almacén, bodega, patio entre otros), donde se deben considerar dos operaciones, el almacenamiento como tal y el movimientos de los materiales en el mismo como lo son la entrada, la preparación para la entrega, la salida y la separación.

También deben incluirse procedimientos para situaciones poco frecuentes dentro del sitio de almacenamiento, un espacio para desperdicios o materiales contaminados o deteriorados.

### **3.2 MODELOS BÁSICOS DE PRODUCCIÓN**

Los modelos básicos de producción se basan en la transformación de las entradas (tales como materiales, mano de obra e información) en las salidas (que corresponden al producto terminado como tal) buscando minimizar los costos de cada uno de los procesos para disminuir el costo total del producto final, donde el valor de este está directamente asociado con los costos de sus entradas.

Cuando estos modelos de producción se tratan de implementar a la industria de la construcción se presentan algunas deficiencias, las cuales se presentan a continuación:

Los modelos básicos de producción no consideran la mayoría de los flujos físicos de materiales y mano de obra entre las actividades de transformación. Nótese que a diferencia de estas actividades de transformación, los flujos no agregan valor.

Se estima que más del 50% del tiempo gastado por los trabajadores en las obras es invertido en actividades que no agregan valor, tales como transporte de material, retrocesos e interrupciones por falta de materiales y de instrucciones (Botero,2006).

Por otra parte el control que se hace en búsqueda del mejoramiento de los procesos es enfocado excesivamente a cada uno de los subprocesos y no al sistema de producción considerado como un todo, lo que limita el mejoramiento de la eficiencia global ya que se deteriora la eficiencia de los flujos y de algunas actividades de transformación. Pues el mejoramiento de estos subprocesos no disminuye el tiempo gastado en actividades que no generan valor como el transporte de materiales.

Por lo anterior es evidente que cuando se trata de la industria de la construcción se debe tener especial cuidado con las actividades que no generan valor como la gestión de recepción, transporte, clasificación y recepción que implica el acero en obra (Botero, 2006)

Por lo anteriormente mencionado se presenta entonces un nuevo enfoque de producción llamado lean manufacturing que Lauri Koskela define como el flujo de materiales o materia prima hasta el producto final, donde se tiene en cuenta que los materiales son transformados, inspeccionados y a su vez son transportados y en ocasiones se encuentran en espera, es decir todo el proceso productivo se compone de transformaciones y flujos (Carranza, 2005).

### **3.3 LEAN MANUFACTURING (MANUFACTURA ESBELTA)**

Lean manufacturing o manufactura esbelta es una teoría desarrollada y expuesta por la compañía Toyota como una forma de producir con la mínima cantidad de desperdicio. Esta teoría consta de varios conceptos, recomendaciones y teorías que fueron especialmente diseñadas para plantas de producción, los cuales se pueden aplicar fácilmente a la gestión del acero en obra.

Lean manufacturing surge entonces como la unión de diferentes modelos y conceptos con el fin de cubrir diferentes campos y etapas de la producción, los cuales se expondrán a continuación como la bibliografía los presenta.

#### **3.3.1 5 s en la producción**

Las 5 s en la producción son Cinco palabras que dan cuerpo a una metodología útil para lograr una mayor eficiencia en el trabajo, basándose en el control visual y en la producción lean:

- 1) Clasificación (seiri): separar los artículos necesarios y los innecesarios.
- 2) Organizar (seiton): asignar un lugar para cada objeto
- 3) Limpieza (seiso): dar mantenimiento a los objetos
- 4) Estandarizar (seiketsu): sistematizar los procesos y los métodos de trabajo

5) Disciplinar (shitsuke): repetir con regularidad los términos anteriores

### 3.3.2 6 tipos de inventario

- *Buffer stock* (reserva de estabilización) inventario que protege a la compañía en caso de que en un período muy corto haya un aumento en la demanda que supere la capacidad de producción.
- *Stock de seguridad*, inventario de emergencia, asegura el arranque del proceso ante alguna posible falla de los proveedores
- *Producto terminado*, artículos terminados en espera de ser embarcados
- *Materia prima*, material que se usa en las instalaciones de la planta, pero que no ha sido procesado.
- *Inventario de embarque*, inventario en líneas de embarque. *Trabajo en proceso (WIP)*, artículos entre pasos de procesos

### 3.3.3 Lean manufacturing identifica 8 tipos de desperdicios

#### Sobreproducción

- Producto que no se envió.
- Producto que será vendido a un precio más bajo.
- Producto realizado antes de ser requerido.

#### Inventario

- Producto terminado y almacenado.
- Producto almacenado entre fases del proceso.

#### Movimiento de materiales o transporte

- Movimiento de materias primas en el proceso de producción (desde la compra hasta la entrega al cliente).
- Productos defectuosos o retrabados
- Productos que requieren volverse a trabajar por tener defectos

#### Movimientos

- Procesos innecesarios entre pasos del proceso.

#### Proceso

- Realización de pasos y movimientos innecesarios para la obtención del producto requerido por el cliente.

#### Espera



- Período de producción nula, en el cual el operador, la máquina, o ambos esperan algo para continuar trabajando

#### Información

- Falta de exceso de información; también se refiere al mal uso que se haga de ella.

### **3.3.4 FIFO (first input – first output)**

FIFO es una práctica que busca mantener la producción precisa y el orden de que lo que primero entra al proceso o al almacén es también lo primero que sale, Villaseñor y Galindon (2007) afirman que esta práctica sirve para asegurar que las partes no se hagan obsoletas y los problemas de calidad no se escondan en los inventarios.

La secuencia u orden en el sistema FIFO es regulado por una barrera física que mantiene una cantidad fija de inventario. El proveedor llena ese espacio y el cliente llena otro espacio, lo que indica que si se llenan ambos espacios no se puede recibir más material, ayudando así a evitar la sobreproducción.

### **3.3.5 Diseño del layout (disposición o distribución) de una planta**

Para el diseño del layout de una planta Villaseñor (2007) recomienda que se debe seguir los siguientes pasos:

- ✓ Consolidar los procesos de manufactura relacionados con el producto y colocar en secuencia: con el fin de reducir distancias de transferencia de manejo y de movimiento de material, lo que genera un flujo continuo al disminuir los obstáculos, se optimiza en espacio utilizado y se hacen eficientes las operaciones existentes.
- ✓ Diseñar los layouts de tal forma que estén enfocados en el producto, no en el proceso: se mejora el control visual y la comunicación, se simplifica en flujo del acero minimizando los desperdicios de transporte y de movimiento de personal.
- ✓ Colocar las operaciones en la planta para maximizar la flexibilidad y la comunicación.
- ✓ Incorporar rampas de recepción y embarques en el área de producción. En el caso de acero en obra se puede pensar en la incorporación de plataformas que faciliten la entrega en el lugar de almacenamiento y la recepción cerca de la ubicación definitiva del hierro (elemento estructural).
- ✓ Identificar claramente la rutas de flujo de material en la planta: ayuda a disminuir daños causados al acero transportado o otros elementos ubicados en la ruta por donde se transporta este, se aumenta la seguridad del personal, se apoya el flujo sincronizado de material y se mejora el control visual.

- ✓ Diseñar las rutas de material lejos de áreas con tráfico de personal.
- ✓ Diseñar el tamaño y la localización de la bodega para apoyar el tiempo objetivo.
- ✓ Diseñar la planta, equipo, proceso y áreas de trabajo con manejo visual. Villaseñor resalta que el tener la planta, o para nuestro objeto de estudio la obra, con indicadores visuales, se logran las siguientes ventajas:
  - La disposición de los espacios es fácil de reconocer y las condiciones anormales son evidentes
  - Se evalúa fácilmente el desempeño
  - El ambiente es seguro, limpio y fácil de administrar
  - Las 5's (clasificación, organización, limpieza, estandarización y disciplina) se implementan de forma constante
- ✓ Diseñar un dispositivo de almacenamiento que apoye los sistemas de entrega de material. Se refiere a un sistema que permita entregar las piezas en el punto de uso para eliminar o minimizar los inventarios en proceso o en almacén.
- ✓ Incorporar técnicas de fábrica visual para facilitar el almacenamiento de material, asegurando que las áreas de almacenamiento estén claramente marcadas y tengan niveles mínimos y máximos definidos.

### **3.3.6 Rapid plant assent RPA (Evaluación rápida de planta)**

Esta es una metodología desarrollada por la universidad de Michigan donde se pretende evaluar una planta basándose en la observación y el sentido común, esta define once puntos con los cuales se evalúa la planta y se compara la implementación del lean manufacturing de la compañía evaluada con un compañía que ha llegado a un punto ideal de lean manufacturing.

- Satisfacción del cliente.
- Seguridad, medio ambiente, limpieza y orden
- Sistema de administración visual
- Sistema de programa de producción
- Utilización de espacio, movimiento de materiales y flujo de línea de producción
- Niveles de inventarios y trabajo en proceso
- Trabajo en equipo y motivación
- Mantenimiento de equipo y herramientas
- Administración de la complejidad y variabilidad
- Integración de la cadena de suministros

- Compromiso con la calidad

### **3.4 LEAN CONSTRUCTION (CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDAS)**

A principios de los noventa Lauri Koskela publica “application of the new production philosophy to construction”, technical report No 72. Stanford University, donde presenta la teoría de lean manufacturing enfocada y adaptada a la industria de la construcción, también llamada lean construction.

#### **3.4.1 Principios fundamentales de lean construction**

- ✓ **Reducir o eliminar las actividades que no generan valor**

Se ha demostrado que las actividades que no generan valor al sistema de producción oscilan entre un 80 y 93% de las actividades en el sistema de producción. Por esto la importancia de determinar las actividades de flujo para controlarlas y estratégicamente eliminarlas. (Botero, 2006)

- ✓ **Incrementar el valor del producto, con base en los requerimientos de los clientes**

Debe considerarse los clientes internos que hacen referencia a la siguiente actividad del proceso, por lo tanto los clientes deben estar bien definidos y claramente establecidos los requerimientos y necesidades de cada uno de ellos.

- ✓ **Reducir la variabilidad**

Por la naturaleza de los procesos constructivos la variabilidad en estos tiende a ser supremamente alta y sólo una parte de esta variabilidad puede ser reducida con la normalización de procesos. Cabe aclarar que esta variabilidad está dada por falta de planeación de cada una de las etapas de la construcción.

- ✓ **Reducir el tiempo de ciclo**

El tiempo de ciclo hace referencia a la sumatoria de los tiempos de transformación de la materia prima, de espera, de inspección y de transporte. Para la aplicación de este principio es vital identificar qué actividades pueden ser ejecutadas al mismo tiempo, y buscar anular la dependencia de una actividad con otra para que estas puedan ser ejecutadas a la misma vez.

Este principio como gran impulsador del mejoramiento de los procesos pretende disminuir los tiempos de ciclo reduciendo las actividades que no generan valor, lo que presenta entre otras las siguientes ventajas (Botero, 2006):

- Entrega más rápida al cliente, es evidente que las entregas rápidas del producto final reducen los costos financieros del proyecto y se puede llegar a convertir como una ventaja competitiva y/o agente diferenciador.
  - El sistema de producción es menos vulnerable a cambios de la demanda, al disminuir los tiempos de ciclo y sin elevar considerablemente los costos se adquiere flexibilidad para atender la demanda y los cambios que ésta representa.
- ✓ **Simplificar por medio de la minimización de pasos y partes**

Botero (2006) afirma que “la complejidad de un proceso incrementa sus costos, en una relación mayor que la sumatoria de los costos de los pasos o partes individuales”, para esto es entonces necesario optimizar los pasos de las actividades y/o reorganizar el proceso de producción.

Se identifica que los procesos que requieren mayor cantidad de equipo o elementos tienen mayor subprocesos que no agregan valor por la simple aparición de tareas de preparación.

✓ **Incrementar la transparencia del proceso**

Para incrementar la transparencia del proceso se debe procurar que este sea visible, entendible y limpio desde el principio hasta el fin, con el fin de facilitar el control y aumentar la disposición de información requerida para realizar las actividades.

Entre algunas estrategias para aumentar la transparencia de los procesos Botero (2006) presenta:

- Utilización de elementos visuales, como la demarcación de áreas, señalización, carteleras que faciliten y suministren la información relevante para el sistema de producción.
- Colocación en sitios visibles indicadores de desempeño de la producción y la evaluación de contratistas y proveedores.

✓ **Mejorar continuamente en el proceso**

Para una mejora continua es de suprema importancia estandarizar los procesos con base en las mejores prácticas y entregar responsabilidades de mejoramiento a todos los empleados.

✓ **Referenciar**

Para una empresa lograr ser competitiva debe identificar sus puntos fuertes para ser siempre potencializados y a su vez, debe estar constantemente en búsqueda de adoptar buenas practicas externas basados en la observación de empresas similares.

### 3.4.2 Lean construction en la práctica

Para el uso de esta teoría se ha encontrado como barrera lo arraigado que está en la cultura el enfoque tradicional de producción, que se ve claramente en los diferentes sistemas convencionales de planeación y control. A continuación se presenta algunas ideas fundamentales para la implementación efectiva del lean construcción (Botero, 2006):

- **Compromiso desde la gerencia**

Es indispensable desde la gerencia el cambio, pues si la gerencia no se compromete con este y no se adapta a esta nueva cultura, para los otros niveles de la organización será imposible implementarla.

- **Medición del desempeño y mejoramiento**

Botero afirma que “la elaboración de indicadores que muestren el mejoramiento y el desempeño del sistema de producción motiva al grupo de empleados y, en general, a toda la organización”. Para esto debe establecerse mediciones de las pérdidas, tiempo de ciclo, variabilidad y valor de los procesos.

### 3.4.3 Pérdidas

Las pérdidas o desperdicios hacen referencia a todos los recursos extras de materiales, máquinas y mano de obra adicional a lo mínimo realmente necesitado para llevar a cabo el producto final. En construcción son consideradas pérdidas los tiempos de espera por falta de instrucción o falta de material, los transportes innecesarios de material o equipo, retrocesos por actividades mal ejecutadas o por simple deficiencia en la planeación.

#### 3.4.3.1 Causas de las pérdidas en la construcción

Botero (2006) clasifica las causas de las pérdidas en la productividad en 7 categorías:

- ✓ **Problemas de diseño**

En el etapa de diseño arquitectónico y estructural no se considera el proceso constructivo que este implica lo que genera diseños complejos y difíciles de construir, sin mencionar las pérdidas por atrasos causados por la falta de diseños.

- ✓ **Deficiente administración**

Una deficiente administración es provocada por una mala organización del personal dentro de la obra lo que refleja una mala comunicación dentro de la misma y/o una pobre supervisión de las actividades.

- ✓ **Método de trabajo inadecuado**

Un método de trabajo inadecuado se puede detectar con equipo subutilizado, materiales desperdiciados y cuadrillas de trabajo sobredimensionadas o subutilizadas.

Esto puede ser generado por la falta de evaluación de alternativas o tecnologías más eficientes para la realización de actividades o por la ausencia de un registro de experiencias anteriores para eliminar la repetición de errores.

✓ **Problemas de recurso humano**

Factores como la falta de capacitación, la inseguridad dentro de la obra y la falta de motivación e incentivos para el personal son los principales generadores de los bajos rendimientos y la mala calidad de los elementos construidos

✓ **Problemas de seguridad**

✓ **Sistemas de control deficiente**

En las construcciones se implementa periódicamente el control de costos comparando costos reales con los presupuestados, en la teoría planteada por Botero (2006) se identifican las siguientes deficiencias:

- No se mide la productividad, lo cual impide las acciones correctivas para este fin.
- La información presentada es en muchos casos poco oportuna, lo que no permite acciones inmediatas de corrección.
- Se enfatiza en el control de las actividades que sobrepasan el presupuesto, desperdiciando oportunidades de mejoramiento en todas aquellas que se encuentren dentro de lo presupuestado.

✓ **Deficientes grupos y actividades de apoyo**

La deficiente función administrativa en el control de almacenes y bodegas, y la inadecuada distribución de las instalaciones provisionales en las obras causa problemas de transporte, almacenamiento y circulación lo que genera indudablemente pérdidas y desperdicios estas actividades que son netamente de apoyo que no hacen parte del producto final.

## 4. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

El trabajo se dividirá en tres etapas fundamentales de acuerdo con los objetivos planteados:

### **Etapas I: Identificación de elementos claves para un almacenamiento efectivo propuestos por las diferentes teorías de almacenamiento.**

Se estudiarán las diferentes teorías de almacenamiento para conocer que se presenta en la bibliografía como prácticas recomendadas, e identificar lo que de estas teorías se puede aplicar a la gestión de acero en obra.

### **Etapas II: Identificación de formas de almacenamiento de acero en obra actualmente utilizadas en la ciudad de Medellín por diferentes compañías constructoras.**

Se visitarán diferentes obras de construcción en la ciudad Medellín con el fin de conocer la manera como llegan a cabo la gestión de acero en obra las diferentes empresas de construcción de la ciudad. De estas visitas se dejará un registro fotográfico y de cada una de ellas se hará un reporte donde se redacte claramente cuáles son las carencias o problemas identificados de la manipulación de acero dentro de la obra. Para esto se elaborará una planilla con las etapas de la manipulación del acero que se analizarán (recepción, transporte interno, separación, almacenamiento y distribución) especificando los aspectos a evaluar, medir e indagar en dichas etapas.

Las obras que se visitarán serán 10 edificaciones con diferentes características, es decir, se pretende visitar proyectos de comercio y vivienda, edificaciones de diferentes alturas, en diferentes sectores de la ciudad y de diferentes empresas constructoras.

Para detectar problemas o falencias se completarán las siguientes actividades:

- Realizar una encuesta previamente diseñada, dirigida al personal administrativo, (ingenieros residentes) en las diferentes obras. Esta encuesta busca conocer como se programa la llegada de acero a obra, las dificultades encontradas para su manipulación, la forma como se administra el acero en obra y su percepción de dicho proceso.
- Registrar maquinarias o equipos utilizados para dicha actividad.
- Registrar tiempos de las diferentes etapas de la manipulación de acero

### **Etapas III: Proponer buenas prácticas en el almacenamiento de acero en obra.**

Se redactará como producto final un documento en el que se den recomendaciones para el buen almacenamiento y manipulación de acero en obra con sus debidas justificaciones, argumentos y mediciones, de tal forma que las prácticas recomendadas tengan un impacto en la optimización del tiempo, personal y en el presupuesto de la obra.

El proyecto en su fase de diagnóstico será descriptivo, donde se identificará como se hace la gestión de acero en cada una de las obras, luego en la etapa de construcción de la propuesta será propositivo.



## 5. DESARROLLO DEL PROYECTO

### 5.1 HERRAMIENTAS ÚTILES PARA LA GESTIÓN DE ACERO

La logística es sin duda una herramienta útil para intervenir la gestión de acero en obra con el fin de planear, implantar y controlar eficiente y económicamente su flujo y almacenamiento, desde el momento en el que el acero es despachado por la empresa proveedora hasta que este es transportado al sitio donde se armará el elemento estructural.

La logística considera el almacenamiento como una posible arma estratégica, pues este subproceso puede convertirse en ente diferenciador dando a la empresa una mayor fuerza de competitividad en el mercado, pues un almacenamiento óptimo representa disminución en los tiempos de separación, selección y transporte de esta una actividad contribuyente, lo que se ve reflejado en la disminución de costos y la eliminación de reprocesos.

Los modelos y conceptos que presenta la teoría de lean manufacturing son sin duda de gran ayuda para la organización, planeación, ejecución e inspección de los procesos de producción de una planta.

En el caso de una obra de construcción esta teoría es completamente aplicable teniendo en cuenta que la planta de producción en una obra es el mismo producto final, es decir, la planta esta en constante cambio lo que implica una planeación que considere los cambios físicos de la misma.

La teoría de lean construction, analiza el dinamismo de las obras de construcción para aplicar de forma acertada los conceptos de lean manufacturing, por esto las prácticas recomendadas expuestas en este trabajo son fundamentadas en esta teoría

### 5.2 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE PRÁCTICAS

Con el fin de identificar el estado actual del almacenamiento en las diferentes obras de Medellín y conocer en que medida y como se están implementando adecuadas prácticas para la gestión de acero en obra, se visitaron diferentes obras de la ciudad aplicando una encuesta basada en la *Evaluación rápida de planta*, presentada por la teoría de Lean manufacturing.

La encuesta evalúa siete aspectos:

**Satisfacción**, corresponde a la calificación dada a la gestión de acero que se hace en las obras visitadas. Esta calificación es el promedio aritmético de la puntuación dada por el ingeniero encuestado a las diferentes etapas del proceso, el cual involucra la recepción, transporte, clasificación y distribución del acero dentro de la obra. Evalúa a su vez los

sitios de descargue y acopio, el proceso de entrega por parte de la empresa proveedora de acero y el sistema utilizado para su almacenamiento.

Con el fin de unificar y estandarizar la calificación dada por los encuestados, se establecieron los siguientes parámetros:

- Una excelente gestión debe estar enfocada a minimizar los desperdicios de material, tiempo y espacio.
- Excelentes condiciones hacen referencia a acero libre de sustancias contaminantes tales como lodos, tierra, pinturas, entre otras, y acero que no haya sido maltratado (doblado) y/o expuesto a la corrosión.
- Para la calificación de la empresa proveedora de acero se debe considerar el cumplimiento de fechas y horarios y el equipo suministrado por dicha empresa para el descargue.
- Un excelente almacenamiento es aquel que optimiza la utilización del espacio y facilita la selección de las diferentes figuras, longitudes y diámetros.

**Seguridad, limpieza y orden**, Califica la seguridad, limpieza y orden durante todo el proceso. Para definir un valor que calificara las diferentes etapas de la gestión de acero en obra se verificaron los siguientes aspectos:

Utilización de todos los elementos de seguridad industrial necesarios para la manipulación de acero en obra.

Limpieza de los sitios de descargue y almacenamiento del acero, donde se entiende “sitio limpio” como área libre de contaminantes y de materiales de construcción diferentes al acero”.

Existencia o implementación de una metodología para ordenar el acero almacenado en patios.

**Sistema de administración visual**, el valor que califica este aspecto depende de la existencia total, parcial y nula de un sistema de administración visual, donde se verifica la delimitación de corredores por donde se transporta el acero dentro de la obra, y los sitios de recepción y almacenamiento. Chequea también que el acero almacenado en obra se encuentre separado y etiquetado para diferenciarse ya sea por su longitud, figura o diámetro.

**Sistema de programación de producción**, busca conocer como se lleva a cabo la programación de las diferentes etapas de la gestión que implica el acero en obra.

Con el fin de conocer cómo se programan en cada una de las obras los pedidos de acero. Las preguntas que se realizaron fueron las siguientes:

- ¿Se hacen los pedidos por niveles, torres o elementos?

- ¿Con que periodicidad se hacen estos pedidos?
- ¿El acero es pide figurado, o es figurado en obra?
- ¿Con que anterioridad de empezar a armar el elemento se solicita el acero de este?

Se obtuvo un valor para comparar las obras analizadas, verificando el conocimiento por parte del ingeniero residente (encargado de la gestión de acero en obra) de los siguientes elementos, los que demuestran la existencia de una programación para cada uno de los subprocesos que implica la gestión del acero:

- Conocimiento de la cantidad máxima de toneladas de acero que la obra puede almacenar
- Existencia del control de calidad y cantidad en el momento de la recepción del acero en obra.
- Horarios establecidos para la recepción de acero.
- La existencia de bodegas previamente acondicionadas.
- Existencia de equipos que faciliten la selección y almacenamiento tales como repisas y emburrados

**Movimiento de materiales y flujo de la línea de producción**, el valor asignado para este aspecto se obtuvo tras la verificación de la existencia de equipo y herramienta que facilita el transporte vertical, el transporte horizontal y la recepción empleados, disminuyendo el tiempo necesario para la ejecución de estos subprocesos.

**Administración de la variabilidad**, busca conocer de que manera fue planeada la ejecución de la obra durante la realización del diseño arquitectónico y estructural, y como se consideró la gestión de acero en la planeación de la ejecución de la misma. Para asignar un valor se hicieron 4 preguntas con el fin de estandarizar la evaluación, este valor representa el porcentaje de planificación de los siguientes elementos:

- Equipos para el transporte vertical y horizontal
- Estudio previo de la Ubicación de los patios de almacenamiento de acero durante todo el desarrollo de la obra.
- Cálculo de toneladas que lo obra estaría dispuesta a almacenar.
- Existencia de un plan de almacenamiento.

**Compromiso con la calidad**, corresponde a la existencia o no de un sistema o proyecto que compromete con la calidad a todas y cada una de las personas involucradas en la gestión de acero en obra, donde la calidad hace referencia a prácticas donde el acero no se vea expuesto a factores físicos que los deterioren y donde la manipulación de este no ponga en juego la salud y vida de las personas presentes en la obra.

### 5.3 OBRAS ENCUESTADAS

La encuesta fue realizada en 10 obras ubicadas en diferentes zonas de Medellín, las cuales pertenecen a 6 empresas diferentes de la ciudad.

Se asignó un número a cada empresa y una letra a cada proyecto como lo muestra la tabla 1, donde se presenta también las características generales de cada una de las obras visitadas

La muestra fue construida de manera racional considerando la representatividad de las empresas constructoras de la ciudad de Medellín. Por esto se visitaron proyectos de empresas importantes como Concreto, AiA, Edicrete PSI, Óptima y Capital, es decir empresas que dominan por su experiencia y competitividad un gran porcentaje de los proyectos constructivos de la ciudad.

El número de empresas visitadas estaba limitado por el contacto que se logró hacer con ellas, pues es difícil acceder a obras donde se implementan procesos constructivos y equipos de uso exclusivo, y porque la entrada de un visitante a una obra implica tiempo por parte de la obra que estas no están dispuestas a gastar.

Los resultados de este trabajo de grado se limitan entonces a las obras visitadas, ya que solo de estas se identificaron las carencias, problemas y necesidades que se tenía en la gestión de acero que se hace en ellas. Pero cabe aclarar que estas recomendaciones se presentan de manera general para ser implementadas en cualquier proyecto de construcción.

**Tabla 1 Numeración y características generales de las obras visitadas**

Empresa	Obra	Ubicación	Uso	Estrato	Numero de pisos	Sistema constructivo
1	A	Los Balsos	Vivienda	6	16	Sistema de muros estructurales con losa nervada de 5 cm de espesor
	B	Villa Carlota	Vivienda	4	22	Estructura aporticada con losa nervada de 5 cm de espesor
2	C	La Aurora	Vivienda	1	9	Sistema de muros portantes con losa de 5 cm
	D	El Poblado	Comercio	6	8	Estructura aporticada con losa de 10 cm de espesor
	E	San Lucas	Vivienda	5	3	Mampostería estructural y Losa aporticada de 10 cm de espesor
	F	Buenos Aires	Vivienda	1	9	Sistema de muros portantes con losa de 5 cm
3	G	Simesa	Vivienda	5	26	Estructura aporticada con losa nervada de 5 cm de espesor
4	H	El Diamante	Vivienda	6	13	Estructura aporticada con losa nervada de 5 cm de espesor
5	I	Buenos Aires	Vivienda	4	8	Sistema de muros estructurales con losa maciza de 10 cm de espesor
6	J	Belén	Servicios de Salud	3	6	Estructura aporticada con losa nervada de 5 cm de espesor

## 5.4 RESULTADOS OBTENIDOS

En tabla 2 se presentan los resultados obtenidos de la encuesta descrita en el numeral 5.2, donde se muestran calificación obtenida para cada uno de los aspectos evaluados en las diferentes las obras visitadas.

**Tabla 2 Resultados obtenidos de encuesta.**

EMPRESA		1		2				3	4	5	6
OBRA		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
ÍTEM EVALUACIÓN DE LA PRÁCTICA	Satisfacción	2,50	2,75	2,50	1,75	3,25	4,00	3,25	2,50	1,25	3,00
	Seguridad, limpieza y orden	3,33	3,33	3,33	1,67	3,33	5,00	2,50	1,67	1,67	5,00
	Sistema de administración visual	2,50	2,50	1,25	1,25	0,00	1,25	1,25	0,00	0,00	0,00
	Sistema de programación de producción	1,00	1,00	1,50	1,00	1,00	3,50	1,00	1,50	1,50	2,00
	Movimiento de materiales y flujo de la línea de producción	1,67	1,67	1,65	1,67	0,00	0,00	1,67	1,67	1,67	0,00
	Administración de la variabilidad	0,00	0,00	1,88	0,53	0,00	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
	Compromiso con la calidad	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,50

## 5.5 MEDICIÓN DE SUBPROCESOS PARA LA GESTIÓN DE ACERO EN OBRA

Se visitaron diferentes proyectos en construcción de la ciudad de Medellín, donde se midió el tiempo y las distancias de transporte, se identificó el personal encargado y los equipos utilizados en cada subproceso de la gestión de acero en obra con el fin de identificar como se pueden reducir los desperdicios de tiempo, espacio o material en cada uno de ellos.

Los resultados obtenidos se presentan desde la tabla 11 hasta la 17 en las cuales se clasifica cada uno de los subprocesos como operación, transporte, almacenamiento, inspección o espera; esta clasificación se realizó siguiendo los siguientes criterios:

**Transporte**, acarreo del acero de un lugar A un lugar B dentro de la obra.

**Almacenamiento**, manipulación del acero dentro del sitio donde este es ordenado racionalmente siguiendo una metodología previamente establecida.

**Operación**, actividades intermedias entre otros subprocesos tales como la realización del pedido y la selección del acero antes de ser transportado al sitio donde el elemento estructural será armado

**Inspección**, medición y el conteo del acero para ser recibido.

**Espera**, tiempo que se detiene una actividad debido al subproceso precedente.

En estas también se calcula el tiempo total de ciclo por tonelada, el cual hace referencia al tiempo requerido por la obra y por las empresas proveedoras de acero desde el momento en el que se realiza el pedido y hasta que el acero es dispuesto en el sitio donde se armara el elemento estructural. Adicionalmente se muestra la sumatoria de los tiempos de cada subproceso de los cuales la obra es responsable, excluyendo el tiempo que el proveedor de acero requiere para hacer la entrega del pedido y por último se presenta el porcentaje total del ciclo a cargo de la obra.

En las tablas 3 a la 9 se muestra el tiempo por tonelada necesario en cada una de las obra para transporte, almacenamiento, operación, inspección o espera en la gestión de acero en obra, adicionalmente presenta el porcentaje de tiempo por tonelada que cada una de las categorías anteriormente mencionadas requieren dentro del tiempo total de ciclo que depende netamente de la obra.

A continuación se analizan los resultados obtenidos para cada una de las obras.

### **5.5.1 Obra 1B**

El 35 % del tiempo invertido por la obra en la gestión de acero es gastado en actividades clasificadas dentro de operación, del cual el 90,9 % de ese tiempo se utiliza en la búsqueda y selección del acero, lo que se debe a la falta de un sistema de almacenamiento que facilite su selección, pues el hecho de no ser organizado racionalmente implica la constante búsqueda, ya que el acero continúa desorganizado como se muestra en la figura 1, esto se percibe también en la calificación dada para esta empresa en el sistema de programación (Ver tabla 3).

**Tabla 3      Tiempo por tonelada y porcentaje de tiempo por tonelada para cada una de las categorías de la obra 1B.**

<b>Categoría</b>	<b>h/ton</b>	<b>% de h/ton por categoría</b>
<b>Tiempo operación</b>	7,33	35%
<b>Tiempo transporte</b>	13,33	64%
<b>Tiempo almacenamiento</b>	0,00	0%
<b>Tiempo inspección</b>	0,11	1%
<b>Tiempo espera a cargo de la obra</b>	0,00	0%



**Figura 1** Carencia de sistema de almacenamiento en obra 1B. Fotografía tomada por David Restrepo Mora en febrero de 2011.

El 64% del tiempo invertido por la obra en la gestión de acero es usado en actividades clasificadas dentro de transporte, porcentaje que se podría disminuir notablemente con la implementación de un sistema de administración visual adecuado que tenga delimitados y marcados los corredores de flujo por donde se lleva a cabo el transporte horizontal, pues la carencia de una buena demarcación genera retrasos cuando otros materiales o equipos son ubicados en estos corredores. Adicionalmente un previo estudio que identifique equipo para ser implementado en el transporte horizontal disminuiría el tiempo de transporte que actualmente se hace de forma manual.

Llama la atención que el tiempo invertido en almacenamiento de acero es nulo, lo que debe entenderse como una gran carencia de la gestión de acero ejecutada en la obra visitada, pues el almacenamiento implica la organización racional del acero haciendo más fácil la selección y evitando retrocesos de búsqueda.

### **5.5.2 Obra 2C**

Es evidente el alto porcentaje de tiempo invertido en el almacenamiento de acero, 58% del tiempo total del ciclo a cargo de la obra (véase tabla 4), lo que disminuye notablemente el tiempo por tonelada del ciclo total de la gestión de acero realizada en obra; este podría disminuir aún más con la implementación de equipos para transporte horizontal y vertical en caso de que el estudio de la ubicación del sitio de almacenamiento arroje que es imposible ubicarlo más cerca.

**Tabla 4 Tiempo por tonelada y porcentaje de tiempo por tonelada para cada una de las categorías de la obra 2C.**

Categoría	h/ton	% de h/ton por categoría
Tiempo operación (hora/tonelada)	0,69	12%
Tiempo transporte (hora/tonelada)	1,26	21%
Tiempo almacenamiento (hora/tonelada)	3,44	58%
Tiempo inspección (hora/tonelada)	0,56	9%
Tiempo espera (hora/tonelada)	0,00	0%

Nótese que la calificación dada a la administración de la variabilidad es el mayor valor obtenido en todas las obras visitadas lo que justifica los menores porcentajes de tiempos del ciclo invertidos en operación y transporte en comparación con las otras obras de las cuales se tomaron datos. Pues una buena calificación otorgada para la administración de la variabilidad indica planeación donde se identifica equipos para el transporte vertical y horizontal, la ubicación estratégica de los sitios de almacenamiento de acero durante todo el desarrollo de la obra y la existencia de un plan de almacenamiento, haciendo de la gestión de acero un proceso más sencillo y organizado

### 5.5.3 Obra 2F

En comparación con las otras obras analizadas es ésta la que presenta el menor tiempo de ciclo de la gestión de acero a cargo de la obra, lo que se evidencia en los altos puntajes obtenidos en los ítems seguridad, limpieza y orden, y sistema de programación de producción, justificando la importancia de la planeación, donde se especifica como deben ser acondicionados los sitios de almacenamiento, que equipos deben ser utilizados tales como repisas y emburrados para facilitar la selección y almacenamiento, y la limpieza y orden, que además de mejorar la calidad del elemento estructural al disminuir la presencia de sustancias contaminantes en el acero, facilitan el transporte y la selección del acero dentro de la obra.

**Tabla 5 Tiempo por tonelada y porcentaje de tiempo por tonelada para cada una de las categorías de la obra 2F.**

Categoría	h/ton	% de h/ton por categoría
Tiempo operación (hora/tonelada)	0,91	18%
Tiempo transporte (hora/tonelada)	2,14	42%
Tiempo almacenamiento (hora/tonelada)	1,39	27%
Tiempo inspección (hora/tonelada)	0,64	13%
Tiempo espera (hora/tonelada)	0	0%



#### 5.5.4 Obra 2D

Distancias horizontales tan grandes como las observadas en esta obra son el motivo de un tiempo de ciclo de 13,6 horas por tonelada de acero (véase tabla 14), lo que implica altos costos para el proyecto.

Cabe aclarar que esta es una obra de comercio la cual se encuentra sujeta a cambios según las negociaciones hechas con los inversionistas, haciendo de esta una obra donde las prioridades constructivas cambian constantemente así como los planos arquitectónicos y por ende estructurales

El 62,5% del tiempo por tonelada del ciclo de la gestión de acero realizada en esta obra es utilizado para el transporte dentro de la misma debido a que el lugar de almacenamiento está separado notablemente del sitio de descargue del acero y del lugar donde los elementos estructurales son armados. Estas distancias pueden ser disminuidas con la consideración de los sitios de almacenamiento, descargue y transporte del acero dentro de la obra desde el diseño arquitectónico de la misma donde se prevean los cambios que un proyecto de comercio puede tener.

**Tabla 6 Tiempo por tonelada y porcentaje de tiempo por tonelada para cada una de las categorías de la obra 2D.**

Categoría	h/ton	% de h/ton por categoría
Tiempo operación (hora/tonelada)	2,38	17,4%
Tiempo transporte (hora/tonelada)	8,51	62,5%
Tiempo almacenamiento (hora/tonelada)	2,67	19,6%
Tiempo inspección (hora/tonelada)	0,06	0,5%
Tiempo espera (hora/tonelada)	0	0,0%

El 23,51% del tiempo por tonelada usado para el transporte es utilizado para el cambio de posición de acero, con el fin de atender los cambios de prioridades que las negociaciones exigen. Este porcentaje tiene un valor considerable dentro del transporte, el cual no debe aparecer en esta actividad contributiva, demandando tiempo y recursos sin aportar a ninguna actividad productiva. Para anular este subproceso se debe:

- Diseñar sitios de almacenamiento, descargue y transporte del acero dentro en el diseño arquitectónico.
- Garantizar un excelente flujo de información hacia la obra que la actualice constantemente acerca de las negociaciones hechas y por ende las prioridades constructivas que a lo largo del desarrollo del proyecto se presenta.
- Ajustar la planeación periódicamente según las modificaciones realizadas.

### 5.5.5 Obra 5I

En esta obra, en comparación con las otras obras analizadas, se cuenta con un sistema constructivo que permite armar los elementos estructurales antes de ser colocados en su ubicación final, lo que dificulta el transporte vertical del elemento estructural. Además, es evidente que la falta total de tiempo invertido en almacenamiento, es decir en la búsqueda y selección de manera organizada y racional, generan un aumento significativo del porcentaje de tiempo por tonelada del ciclo total usado en “operación”, ya que cada vez que se necesita una varilla con un diámetro, longitud y figura determinada se empieza de nuevo el proceso de búsqueda.

**Tabla 7 Tiempo por tonelada y porcentaje de tiempo por tonelada para cada una de las categorías de la obra 5I.**

Categoría	h/ton	% de h/ton por categoría
Tiempo operación (hora/tonelada)	15,22	49,7%
Tiempo transporte (hora/tonelada)	15,00	49,0%
Tiempo almacenamiento (hora/tonelada)	0,00	0,0%
Tiempo inspeccion (hora/tonelada)	0,13	0,4%
Tiempo espera (hora/tonelada)	0,00	0,0%

Por lo anterior es esta la obra con mayor tiempo por tonelada de ciclo de la gestión de acero (30,6 horas/toneladas), lo que podría disminuirse con la implementación de una metodología de almacenamiento y un sistema de administración visual (Ver tabla 2 ) la que delimite corredores por donde se transporta el acero dentro de lo obra, y los sitios de recepción y almacenamiento, para disminuir tiempos de transporte y operación aumentando el tiempo de almacenamiento.

### 5.5.6 Obra 3G

El 31,9 % del tiempo invertido por la obra en la gestión de acero es gastado en actividades clasificadas dentro de transporte (véase figura 2), del cual gran parte es utilizado en el acarreo del lugar donde el acero es descargado hasta es sitio de almacenamiento, transporte que se hace manualmente y que evidentemente podría ser disminuido con la implementación de equipo para transporte horizontal.



**Figura 2** Transporte de acero en la obra 3G. Fotografía tomada por David Restrepo Mora en febrero de 2011.

**Tabla 8** Tiempo por tonelada y porcentaje de tiempo por tonelada para cada una de las categorías de la obra 3G.

Categoría	h/ton	% de h/ton por categoría
Tiempo operación (hora/tonelada)	1,92	29,5%
Tiempo transporte (hora/tonelada)	2,07	31,9%
Tiempo almacenamiento (hora/tonelada)	0,95	14,6%
Tiempo inspección (hora/tonelada)	0,20	3,0%
Tiempo espera (hora/tonelada)	0,00	0,0%

Para la selección antes del acero ser enviado al destino final es necesario tres trabajadores durante 10 horas por tonelada, subproceso en el que demanda más tiempo en el ciclo total de la gestión de acero lo que evidencia claramente deficiencias en el almacenamiento

### 5.5.7 Obra 6J

Esta obra recibió calificaciones sobresalientes en los ítems seguridad, limpieza y orden y sistema de programación de producción lo que se ve reflejado en un tiempo por tonelada del ciclo total de la gestión de acero de 5,2 h/ton, el cual podría ser aun mas bajo con la implementación de sistemas de administración visual y movimiento de materiales y flujo de línea de producción los que implican la delimitación de corredores por donde se transporta el acero dentro de lo obra, y los sitios de recepción y almacenamiento; un plan de almacenado que especifique como se debe separar el acero y etiquetar para diferenciarse ya sea por su longitud, figura o diámetro, y el equipo y herramienta necesario para facilitar el transporte vertical y horizontal y la recepción según las condiciones de la obra, lo que disminuye el tiempo necesario para la ejecución de los subprocesos que la gestión de acero implica.

**Tabla 9** Tiempo por tonelada y porcentaje de tiempo por tonelada para cada una de las categorías de la obra 6J.

Categoría	h/ton	% de h/ton por categoría
Tiempo operación (hora/tonelada)	0,73	13,98%
Tiempo transporte (hora/tonelada)	2,21	42,24%
Tiempo almacenamiento (hora/tonelada)	2,06	39,25%
Tiempo inspeccion (hora/tonelada)	0,24	4,53%
Tiempo espera (hora/tonelada)	0,00	0,00%

## **6. PRÁCTICAS RECOMENDADAS**

El análisis de los datos obtenidos en las diferentes obras visitadas dio a conocer cuáles son las carencias, necesidades y errores de la gestión de acero realizada en cada una de ellas, lo cual hace que esta actividad sea generadora de pérdidas de tiempo, espacio y por ende recursos económicos. A continuación se presentan entonces algunas recomendaciones basadas en la teoría de lean construction para la planeación y ejecución de la gestión que se le debe dar al acero en obra, los cuales son títulos que deben verificarse antes y durante la ejecución de la obra:

### **6.1 TITULO 1. PLANOS ARQUITECTÓNICOS**

El conocimiento y análisis de los planos arquitectónicos es sin duda la etapa principal de una obra de construcción cuando se pretende planear la gestión de acero, en este análisis se deben identificar los siguientes espacios:

- Zonas libres, terrenos donde se construye que no serán modificados, es decir, no serán intervenidos por la construcción.
- Áreas comunes tales como parqueaderos, corredores de circulación, vías, halls, entre otros.
- Vacíos verticales tales como, fosos de ascensores, escalas o rampas eléctricas o simplemente exteriores alrededor del paramento del edificio.
- Zonas de acceso, es decir, donde el camión que despacha el acero pueda entrar durante todas las etapas de construcción del proyecto.

La información obtenida en este análisis será de gran importancia para el desarrollo de este plan como se indica en títulos siguientes.

La gestión de acero que se hace en obra es siempre una actividad que se adapta a las condiciones que la obra ofrece, lo que puede cambiarse si estas recomendaciones son tenidas en cuenta durante el diseño arquitectónico para lograr una integración total entre la arquitectura y la ejecución de la obra (construcción), lo que aporta indudablemente facilidad constructiva que se traduce en velocidad de construcción y economía.

### **6.2 TITULO 2. PRIORIDADES DE ENTREGA**

Es importante en cualquier tipo de proyecto el suministro de información por parte de la gerencia a los ingenieros constructores del proyecto, donde se debe dar a conocer las prioridades de entrega de las diferentes etapas, zonas o niveles según las negociaciones

hechas con los compradores o dueños del proyecto. Lo anterior con el fin de conocer la disponibilidad de espacios y tiempos durante todas las etapas del proyecto y a su vez identificar con que periodicidad se debe programar la entrega de acero con la empresa proveedora.

Cabe aclarar que en proyectos que estén sujetos a cambios de los diseños arquitectónicos o de prioridades de entrega generados por las negociaciones realizadas con los compradores, tales como proyectos de comercio, se deben establecer fechas exactas donde se reporte a los ingenieros constructores las prioridades constructivas para así poder responder rápida y racionalmente a estos cambios y ajustar la ubicación del sitios de almacenamiento y recepción, corredores de distribución y la metodología que se llevará a cabo en obra para la gestión del acero.

De este título deben quedar entonces listadas las diferentes zonas del proyecto con las fechas tentativas de entrega según la información suministrada.

### **6.3 TITULO 3. MÉTODOS CONSTRUCTIVOS**

La planeación y ejecución de la gestión que se le dará al acero en obra debe basarse en los procedimientos constructivos previamente definidos, en este punto es necesario identificar cual será el método constructivo que se utilizará, es decir, qué equipos tales como andamios y formaleta se utilizarán para la construcción de elementos estructurales y qué disponibilidad se tendrá de estos.

Lo anterior con el fin de conocer cuántos metros cuadrados por semana se construirán según el equipo disponible y los recursos económicos con los que el proyecto cuenta.

### **6.4 TITULO 4. PLANOS ESTRUCTURALES**

El análisis de los planos estructurales genera información indispensable para la planeación de la gestión que se le dará al acero durante toda la construcción del proyecto. De estos se deberá sacar el tenor de kilogramos de acero que un metro cuadrado construido consume según las especificaciones de los planos estructurales, adicionalmente se deben listar las diferentes figuras, diámetros y longitudes que el diseño estructural exige, identificando en que porcentaje de kilogramos de acero de cada figura, diámetro y longitud se consume en los metros cuadrados por semana que la obra está dispuesta a construir, dato que se obtuvo en el título 3.

Para la identificación del tenor de kilogramos por metro cuadrado y de los porcentajes mencionados en el párrafo anterior es necesario tener en cuenta:

- Para edificaciones que cuentan con plantas típicas, tales como edificios de vivienda donde se repite el uso y el diseño arquitectónico y por ende estructural en los diferentes niveles, es suficiente con identificar estos datos para tres niveles y suponer este será el comportamiento y el acero requerido en el resto de la construcción.

- Para edificaciones donde no existe tipicidad tales como clínicas y edificaciones de comercio se conviene conocer los planos de la losa que sea diseñada para mayores cargas de donde se deben sacar los porcentajes y tenor necesario.

## **6.5 TITULO 5. UBICACIÓN DEL SITIO DE ALMACENAMIENTO.**

En los títulos anteriores se han conocido las características de la obra y se puede ir intuyendo las necesidades que la gestión de acero demanda, pero es en este título donde se empiezan a definir datos exactos.

Para determinar la ubicación del sitio de almacenamiento es necesario:

- a) Superponer las zonas identificadas como áreas comunes y vacíos verticales según título 1, localizando una zona ubicada de tal manera, que la sumatoria de las distancias horizontales desde la zona seleccionada hasta las áreas comunes y vacíos verticales sea la menor.
- b) Localizar zonas del terreno donde se construye que no serán modificadas, según título 1.
- c) Localizar Zonas de acceso según título 1.
- d) Localizar zonas del proyecto con menor prioridad de entrega, según título 2.

Una vez localizadas estas zonas se deben superponer, localizando un punto ubicado dentro de una zona libre o en su defecto una zona del proyecto cuya prioridad de entrega sea baja, el cual este ubicado de tal manera que la sumatoria de las distancias horizontales desde este hasta las zonas identificadas en a) y c) sea la menor. Entendiéndose este como la mejor ubicación para el almacenamiento de acero en la obra pues minimiza las distancias al sitio de recepción del acero y corredores de circulación, evitando ser ubicado en un sitio que tendrá que ser intervenido.

## **6.6 TITULO 6. ESPECIFICACIONES DEL SITIO DE ALMACENAMIENTO.**

Una vez ubicado el sitio donde se almacenará el acero es importante diseñar una metodología de almacenamiento la cual debe considerar las siguientes pautas:

- El acero debe ser almacenado en estanterías o embarrados los cuales deben tener tres niveles de almacenamiento; en el nivel inferior se debe almacenar las varillas de longitudes de 0 a 4 metros, en el nivel intermedio las varillas de longitudes mayores a 8 metros y en el nivel superior y más alto las varillas cuya longitud varía de 4 a 8 metros. Esto para varillas rectas, en L (escuadra en un solo extremo) y en U (escuadra en ambos extremos).
- Cada nivel de las estanterías de almacenamiento no debe contener más de dos diámetros, los cuales no deben ser diámetros comerciales consecutivos.
- Las estanterías, en caso de ser necesario más de una, deben estar separadas por un corredor de tres metros de ancho con el fin de facilitar la manipulación de las barras en ambas estanterías. Cabe resaltar que este corredor debe mantenerse limpio de sustancias como lodos u otros materiales de construcción.

- A lo largo de ambos lados de cada estantería debe marcarse cada metro de 1 hasta 12.
- Cada nivel de cada estantería debe contar con etiquetas en los cuatro lados de la estantería indicando el rango de longitudes y los diámetros que el nivel almacena.
- Se debe contar con un espacio adicional para almacenar estribos y ganchos, los cuales deben ser colocados sobre una superficie acondicionada aislando el elemento de acero de tierra, lodo y agua.
- Se debe contar con un sitio adicional donde se pueda hacer la selección de tres elementos a construir tales como tramo de columna, nervio o tramo de viga.
- El sitio de almacenamiento debe tener un techo no sólo para disminuir la corrosión del acero en reacción con el agua, sino también para que en este se pueda trabajar en cualquier condición del clima.
- El sitio de almacenamiento debe ser delimitado y marcado con cintas y carteles que indiquen que este es un sitio exclusivamente para el almacenamiento de acero.
- En caso de hacerse pedidos de acero estándar para ser figurado en obra, este debe ser figurado antes de ser almacenado.
- Debe contarse con un espacio donde se almacena la reserva (título 11)

Este título resalta también la importancia de almacenar, donde se entiende almacenamiento como la manipulación del acero dentro del sitio donde este es ordenado racionalmente siguiendo una metodología previamente establecida haciendo más fácil la selección y evitando retrocesos de búsqueda.

## **6.7 TITULO 7. CORREDORES DE DISTRIBUCIÓN**

Para la distribución del acero desde el sitio de almacenamiento hasta el lugar donde el elemento estructural será armado es importante identificar los corredores por donde se llevará a cabo su acarreo, los cuales una vez identificados deben delimitarse y marcarse para asegurar se mantengan libres de otros elementos que entorpezcan el flujo. Su marcación y delimitación aportan también a la seguridad de los trabajadores que se encuentran realizando otras actividades, pues esta señalización alerta al trabajador de estar en una zona transporte de acero.

El transporte vertical debe hacerse por los vacíos verticales identificados en título 1 que se encuentren a menor distancia del sitio de almacenamiento, y el transporte horizontal debe hacerse principalmente por las áreas comunes identificadas en título 1.

## **6.8 TITULO 8. EQUIPO PARA TRANSPORTE HORIZONTAL Y VERTICAL**

Según el dato obtenido en título 3 que muestra los metros cuadrados que se construirán por semana y el tenor de kilogramos de acero que un metro cuadrado demanda, se pueden conocer cuántos kilogramos deben ser transportados verticalmente por semana, dato con el cual se debe identificar cual es el equipo para transporte vertical mas apropiado según las características de la obra.



Entre los equipos disponibles en el mercado para el transporte vertical se encuentran plumas grúas y torre grúas que varían su capacidad para levantar objetos desde 300 kg hasta 1500 kg, rango que permite seleccionar un equipo que se adapte a las necesidades de la obra y a los recursos con que se cuenta. Se identifica la torre grúa como un excelente equipo tanto para el transporte vertical como horizontal, como se ilustra en la figura 3, el cual debe estudiarse su factibilidad en todas y cada una de las obras.



**Figura 3 Torre grúa, equipo para transporte horizontal y vertical. Fotografía tomada en febrero de 2011.**

Cabe anotar que este equipo de transporte vertical sirve también para el transporte de otros materiales, es decir, se puede tener en obra un equipo para el transporte vertical de acero que sea utilizado también para el transporte de otros materiales.

Se debe considerar el estudio del equipo para transporte vertical cuando las distancias desde el sitio de descargue (título 9) hasta el sitio de almacenamiento superan los 30 metros horizontales y las condiciones del terreno lo permiten.

## **6.9 TITULO 9. ZONA DE DESCARGUE**

Para la ubicación de la zona de descargue debe haberse seleccionado previamente la ubicación del sitio de almacenamiento (título 5).

Para determinar la ubicación de la zona de descargue se deben considerar los siguientes aspectos:

- La distancia al sitio de almacenamiento debe ser la menor posible.
- El acero debe ubicarse contiguo a una zona de acceso (título 1).
- El acero debe ser ubicado sobre una zona libre (título 1), en caso de no existir debe buscarse una zona del proyecto cuya prioridad de entrega sea baja (título 2) o ubicarse en su defecto sobre un zona de acceso.

Esta zona debe estar delimitada y marcada, indicando su uso y recordando la importancia del uso de los elementos de seguridad (título 12). Adicionalmente se debe señalar la vía por donde los camiones que entregan el acero en obra transitarán para alertar a los peatones y al conductor.

Como se mencionó en el título 6, en caso de hacerse pedidos de acero estándar para ser figurado en obra, este debe ser figurado antes de ser almacenado, por esto la zona de descargue debe contar con un espacio para acopiar este acero de longitudes estándar antes de ser figurado.

El contrato realizado con la empresa proveedora de acero debe exigir equipo mecánico para facilitar el descargue con el fin de hacer esta, un actividad que minimice el tiempo de descargue, el riesgo de accidentalidad y el maltrato del acero descargado.

## **6.10 TITULO 10. RESERVA**

Es de gran importancia contar con reserva de acero que responda a las siguientes posibles situaciones:

- Período en el que haya un aumento en el rendimiento y por ende en el consumo de acero en obra superando las cantidades almacenadas.
- Incumplimiento de las empresas proveedoras de acero por causas fuera del alcance de la obra.

Para el cálculo de la cantidad de acero que debe tenerse como reserva es necesario conocer cuantos metros cuadrados por semana la obra esta dispuesta a construir, dato obtenido en título 3. Además se debe conocer el tenor por metro cuadrado obtenido y el porcentaje de kilogramos de barras de acero de cada diámetro son utilizados en los metros cuadrados que la obra tiene planeado construir semanalmente, datos que fueron obtenidos en título 4.

Con los datos obtenidos se debe calcular el número de kilogramos necesarios de cada diámetro para construir lo propuesto semanalmente, según la disposición de equipo y recursos económicos, siendo esta la cantidad de kilogramos de acero por cada diámetro que se debe tener como reserva en varillas de 12 metros de longitud.

## **6.11 TITULO 11. SEGURIDAD.**

La gestión de acero debe también velar por que ésta sea una actividad segura, exigiendo el uso de los implementos de seguridad a continuación listados:

- Casco
- Guantes reforzados de carnaza
- Botas de seguridad con punta reforzada en metal
- El personal encargado del transporte vertical debe usar chaleco reflectivo

La señalización y delimitación en la zona de descargue, el sitio de almacenamiento y los corredores de distribución tanto verticales como horizontales son sin duda un gran aporte a la seguridad de los trabajadores que hacen parte de la gestión de acero y de otras actividades realizadas en la obra, las cuales prohíben paso o alertan al trabajador de estar en una zona de alto riesgo.

## **6.12 TITULO 12. ASEO**

La zona de descargue, el sitio de almacenamiento y los corredores de distribución deben permanecer limpios de lodos, tierra, arena, agua, pintura, escombros y otros materiales presentes en la construcción.

El aseo de la zona de trabajo facilita la manipulación del acero y anula los tiempos de espera generados por la necesidad de mover obstáculos encontrados en cualquier de los sitios donde la gestión de acero se desarrolla.

## **6.13 TITULO 13. VERIFICACIÓN**

A continuación se presenta una encuesta que debe realizarse semanalmente con el fin de identificar una carencia o necesidad en la gestión de acero en obra, esta debe ser realizada por el encargado del acero en obra y en caso de obtener un no como respuesta o una calificación menor a 4 debe reportarse con el ingeniero residente encargado del acero para realizar los ajustes necesarios:

### **Lista de verificación**

Responda las siguientes preguntas de 1 a 5, donde:

- 1 Muy malo
- 2 Malo
- 3 Bueno
- 4 Muy bueno
- 5 Excelente

1 ¿Cómo considera se está haciendo la gestión de acero en obra? Una Excelente gestión debe estar enfocada a minimizar los desperdicios de material, tiempo y espacio.

2 ¿En qué condiciones llega el acero al sitio final donde será colocado? Excelentes condiciones hacen referencia a acero libre de sustancias contaminantes tales como lodos,

tierra, pinturas, entre otras, y acero que no haya sido maltratado (doblado) y/o expuesto a la corrosión.

3 ¿Cómo califica el proceso de entrega de acero por parte de la empresa proveedora? Considere el cumplimiento de fechas y horarios y el equipo suministrado por dicha empresa para el descargue.

Las siguientes preguntas deben responderse rápidamente pues sus posibles respuestas son SI o NO

4 ¿Las personas encargadas de la manipulación de acero en obra cuentan con todos los implementos de seguridad industrial necesarios?

5 ¿Los sitios donde se realiza el descargue y el almacenamiento de acero se encuentran limpios? Entiéndase "sitio limpio" como área libre de sustancias contaminantes y de materiales de construcción diferentes al acero.

6 ¿Se encuentran delimitados los corredores por donde se transporta en acero dentro de la obra y los sitios de recepción y almacenamiento de acero?

7 ¿El acero almacenado en obra se encuentra separado y etiquetado para diferenciarse ya sea por su longitud, figura o diámetro?

La siguientes preguntas son enfocadas solo al sitio de almacenamiento verificando se esté ejecutando las recomendaciones dadas

8 ¿Está el acero almacenado en estanterías o emburrados de tres niveles de almacenamiento?

9 ¿Está cada nivel de cada estantería etiquetada en los cuatro lados indicando el rango de longitudes y los diámetros que el nivel almacena?

10 ¿Se cuenta con un sitio adicional donde se puedan hacer la selección de tres elementos a construir?

11 ¿Se cuenta con acero de reserva en la obra?

## **6.14 TITULO 14. DISTRIBUCIÓN DE INFORMACIÓN**

Una vez se ha diseñado como se hará la gestión de acero en obra es indispensable dar a conocer estos procedimientos a todos los trabajadores involucrados en este proceso, pues de esto depende el éxito de la gestión.

Se debe capacitar todos los trabajadores dándoles a conocer los diferentes procedimientos e importancia de cada uno de ellos anulan procesos subjetivos y genera en ellos la necesidad de mantener y respetar los procedimientos, pues estos pretenden hacer de su trabajo algo más fácil, limpio y seguro donde se puedan identificar fácilmente deficiencias o irregularidades.

La encuesta realizada en el título 13, es un indicador del desempeño de los trabajadores involucrados en esta actividad. Indicadores como este y la toma de tiempos que indiquen un buen seguimiento de las recomendaciones debe ser reportados a los trabajadores, premiándoles por su rendimiento y motivándolos a mejorar.

## 7. CONCLUSIONES

- Ninguna de las obras visitadas registra tiempos de espera generados por subproceso de la gestión de acero a cargo de la obra. El único tiempo de espera registrado es generado por la empresa proveedora de acero, es decir, las empresas proveedoras de acero, por la alta demanda de acero en la ciudad de Medellín, no cumplen con las necesidades del mercado, donde se demanda grandes cantidades de acero producidas en poco tiempo y entregado sin incumplimientos.
- La gestión de acero en obra de las obras analizadas no fue planeado antes del inicio la misma, motivo por el cual, se presentan altos porcentajes del tiempo por tonelada de la gestión de acero invertido en selección, evidenciado la importancia del almacenamiento.
- El tiempo invertido en subprocesos clasificados dentro de almacenamiento resuden en gran escala el tiempo necesario para la ejecución de subprocesos clasificados como operación, esto es, a menor tiempo invertido en almacenamiento, es decir en la búsqueda y selección de manera organizada y racional, generan un aumento significativo del porcentaje de tiempo por tonelada del ciclo total usado en “operación”, ya que cada vez que se necesita una varilla con un diámetro, longitud y figura determinada se empieza de nuevo el proceso de búsqueda.
- Durante la realización de los diseños arquitectónicos y estructurales de los proyectos visitados en la ciudad de Medellín no se considero ni planeo como se llevaría a cabo la gestión de acero en obra, lo que se evidencia en altos tiempos por tonelada de acero usados en su búsqueda, selección y transporte por carencia de un sitio y un plan de almacenamiento.
- Actividades que no generan valor como la gestión de recepción, transporte, clasificación y recepción de acero en obra, son sin duda consumidoras de recursos, lo cual puede minimizarse con la implementación de las practicas recomendadas en el numeral 6.
- Cada proyecto tiene condiciones arquitectónicas y de espacio completamente diferentes lo cual indica que en el diseño del plan de manejo y gestión de acero en obra debe tener consideraciones particulares acorde con estas características.
- La interdisciplinaridad del proyecto da una visión distinta al ingeniero civil, lo que permite reducir costos y mejorar los procesos en obra a partir del conocimiento y aplicación de herramientas de la ingeniería industrial.

- El mejoramiento basado en teorías tales como lean construcción es aplicado a actividades productivas, pero en el 100% de las obras visitadas no se hace para la gestión de acero en obra, actividad contributiva.
- Las prácticas recomendadas por este trabajo pueden extenderse a otros materiales utilizados en una obra de construcción, pues el almacenamiento planificado, la delimitación y marcación de corredores por donde se transportan los materiales y la identificación del sitio de almacenamiento facilita su transporte, almacenamiento, distribución y control.
- Las practicas recomendadas para la gestión de acero en obra expuestas en este trabajo son basadas en la teoría de lean construction, las cuales buscan minimizar el tiempo utilizado para la recepción, transporte, almacenamiento y distribución del acero en obra.
- Las recomendaciones dadas en este trabajo de grado se ha empezado a implementar en la obra Cityplaza ubicada en el municipio de envigado, donde se observa la disminución de espacio necesario para el almacenamiento de acero, y del tiempo invertido en su búsqueda y selección.

## **8. RECOMENDACIONES**

Compromiso desde la gerencia con las prácticas recomendadas para garantizar el apoyo económico y la importancia que a cada actividad se le debe dar.

Realizar un trabajo de selección y evaluación de proveedores que apoyen la gestión de acero en obra entregando en el momento oportuno, con las especificaciones requeridas y con la cantidad solicitada para reducir tiempos de espera, facilitar el manejo y el almacenamiento del acero en obra.

Capacitar a todo el personal involucrado con la gestión de acero en obra con respecto a la implementación del plan para que todos puedan asumir sus responsabilidades y apoyar la implementación del plan.

Capacitar al residente de obra o algún operario en el diligenciamiento del formato o lista de verificación para monitorear permanentemente la ejecución del plan y tomar las acciones correspondientes en caso de detectar alguna no conformidad.



## BIBLIOGRAFÍA

Botero, L. F. (2006). *Construcción sin pérdidas*. Colombia: legis S.A.






Carranza, O. (2005). *Logística. Mejores prácticas en latinoamérica*. Mexico, DF: International Thomson Editores.

Villaseñor, A., & Galindo, E. (2007). *Conceptos y reglas de Lean Manufacturing*. México DF: LIMUSA. Noriega Editores.






IGLC. (2011). *IGLC*. Recuperado el 11 de 02 de 2011, de [www.iglc19peru.com.pe](http://www.iglc19peru.com.pe)

## ANEXO 1 Medición y clasificación de subprocesos para la gestión de acero en las diferentes obras






Tabla 10 Símbolos para la clasificación de los subprocesos

	Operación
	Transporte
	Almacenamiento
	Inspección
	Espera






**Tabla 11 Medición y clasificación de subprocesos para la gestión de acero en obra 1B**

Descripción del subproceso	Distancia (m)	Tiempo (horas)	CICLO					OBSERVACIONES		
								Equipo, maquinas y herramientas	Número de trabajadores	Encargado del subproceso
Elaboración y envío del pedido	-	4	x					Computador	1	Ingeniero residente
Confirmación del pedido	-	12				x		-	-	Empresa proveedora del acero
Fabricación y preparación del pedido	-	248				x		-	-	Empresa proveedora del acero
Medición y conteo del acero recibido	-	2			x			Flexómetro y marcador industrial	1	Encargado del los patios de almacenamiento de acero
Descargue del acero desde el camión	-	2	x					Barras	4	Ayudantes Razos
Búsqueda y selección de acero	-	60	x					flexómetro	2	Ayudantes entendidos
Transporte al lugar de colocación	20	60		x				Torre grúa	4	Maestro
<b>Total ciclo</b>	<b>20</b>	<b>35,2</b>								
<b>Total subprocesos a cargo de la obra</b>	<b>20</b>	<b>20,8</b>								
<b>% del ciclo a cargo de la obra</b>		<b>59%</b>								






**Tabla 12 Medición y clasificación de subprocesos para la gestión de acero en obra 2C**

Descripción del subproceso	Distancia (m)	Tiempo (horas)	CICLO					OBSERVACIONES		
								Equipo, maquinas y herramientas	Número de trabajadores	Encargado del subproceso
Elaboración y envío del pedido		2,5	x					Planos impresos, computador con el aplicativo correspondiente a la empresa	1	Ingeniero Residente
Confirmación de pago del pedido por parte de Confama		24					x	-	-	Confama (Caja de Compensación Familiar quien es la encargada de administrar los recursos del proyecto)
Confirmación de recepción del pedido por parte de la empresa comercializadora del acero		24					x	-	-	Empresa Comercializadora y proveedora del acero
Confirmación de fecha de llegada a obra		24					x	-	-	Empresa Comercializadora y proveedora del acero
Fabricación y preparación del pedido		168					x	-	-	Empresa Comercializadora y proveedora del acero
Llegada del acero a obra y ubicación del camión antes de su descargue		0,5		x				Paleta de "pare y siga" en caso de ser necesario obstruir el tráfico vehicular	2	Encargado de los patios en la obra y un ayudante entendido quien controla el tráfico
Descargue del acero recibido en la bodega donde será almacenado		2,5	x					-	4	Un encargado de patios y 3 ayudantes rasos quienes descargan el material y lo entran a la bodega
Medición y conteo		2,5			x			Marcador o crayolas, flexómetro	4	Un encargado de patios y 3 ayudantes rasos quienes descargan el material y lo entran a la bodega
Separación del material según su diámetro o destino final		15,5					x	Flexómetro	4	Encargado de los patios en la obra y tres ayudantes rasos
Transporte hasta el lugar que será armado el elemento estructural	30	3,1		x				Pluma Grúa con capacidad 300 Kg	7	Encargado de los patios en la obra, quien supervisa la actividad, operador de pluma grúa y 5 ayudantes del contratista del refuerzo
<b>Total ciclo</b>	<b>30,0</b>	<b>19,3</b>								
<b>Total subprocesos a cargo de la obra</b>	<b>30,0</b>	<b>6,0</b>								
<b>% del ciclo a cargo de la obra</b>		<b>31%</b>								






**Tabla 13 Medición y clasificación de subprocesos para la gestión de acero en obra 2F**

Descripción del subproceso	Distancia (m)	Tiempo (horas)	CICLO					OBSERVACIONES		
								equipo, máquinas y herramientas	Número de trabajadores	Encargado del subproceso
Elaboración y envío del pedido		2	x					Computador correo electrónico	1	Ingeniero residente
Confirmación del pedido		36				x		-	-	Empresa proveedora acero
Corte y figuración del pedido		120				x		-	-	Empresa proveedora acero
Recepción del transporte del acero		0,5		x				-	1	Patiero
Conteo y verificación física del material		3,2			x			Flexómetro	3	Patiero y 2 ayudantes
Descargue		3,2	x						3	Patiero y 2 ayudantes
Separación y Transporte al patio de acero	10	5,2					x	Flexómetro	4	Patiero y 3 ayudantes
Selección para entrega a contratista para su instalación		2,1	x					Flexómetro	1	Patiero
Transporte al lugar de colocación	30	7,9		x				Pluma grúa	4	Ayudantes de contratistas y Operador pluma grúa
<b>Total ciclo</b>	<b>40</b>	<b>15,5</b>								
<b>Total subprocesos a cargo de la obra</b>	<b>40</b>	<b>5,1</b>								
<b>% del ciclo a cargo de la obra</b>		<b>33%</b>								






**Tabla 14 Medición y clasificación de subprocesos para la gestión de acero en obra 2D**

Descripción del subproceso	Distancia (m)	Tiempo (horas)	CICLO					OBSERVACIONES		
								Equipo, maquinas y herramientas	Número de trabajadores	Encargado del subproceso
Elaboracion y envio del pedido	-	1,5	x					Computador	1	Ingeniero residente
Confirmacion del pedido	-	24					x	-	-	Empresa proveedora del acero
Fabricacion y preparacion del pedido	-	273					x	-	-	Empresa proveedora de acero
Ubicacion del camion en el lugar donde sera descargara el acero	-	0,2		x				-	1	Indicacion dada por el ingeniero residente
Medicion y conteo del acero recibido	-	1,5			x			Marcador industria y flexómetro	1	Encargado del los patios de almacenamiento de acero
Descargue del acero desde el camion	-	1,5	x					Barras	5	Ayudantes razos
Transporte hasta el lugar que el acero sera almacenado	65	4		x				Torre grúa	6	ayudantes y operario de torregrua
Separacion	-	16					x	-	4	Encargado del los patios de almacenamiento de acero y ayudantes razos
Cambio de ubicación del acero	13	16		x				-	3	Encargado del los patios de almacenamiento de acero y ayudantes razos
Selección antes de ser enviado al destino final	-	24	x					Flexómetro	2	Ayudantes razos
Transporte hasta el lugar que sera armado el elemento estructural	40	22		x				Torregrua	6	Encargado del los patios de almacenamiento de acero y ayudantes razos
<b>Total ciclo (hora/tonelada)</b>	<b>158</b>	<b>26,0</b>								
<b>Total subprocesos a cargo de la obra</b>	<b>118</b>	<b>13,6</b>								
<b>% del ciclo a cargo de la obra</b>		<b>52%</b>								

**Tabla 15 Medición y clasificación de subprocesos para la gestión de acero en obra 5I**






Descripción del subproceso	Distancia (m)	Tiempo (horas)	CICLO					OBSERVACIONES		
								Equipo, maquinas y herramientas	Número de trabajadores	Encargado del subproceso
Elaboración del despiece	-	3	x					-	1	Contratista encargado de la colocación del acero
Elaboración del pedido	-	0,5	x					Computador	1	Ingeniero residente
Confirmación del pedido	-	12					x	-	-	Empresa proveedora del acero
Fabricación y preparación del pedido	-	152					x	-	-	Empresa proveedora del acero
Medición y conteo del acero recibido	-	2			x			Flexómetro y marcador industrial	1	Encargado del los patios de almacenamiento de acero
Descargue del acero desde el camión	-	2	x					Barras	2	Ayudantes Razos
Búsqueda y selección de acero	-	120	x					flexómetro	2	Ayudantes entendidos
Transporte vertical del elemento estructural	7,5	40		x				Torre grúa	6	Maestro
<b>Total ciclo</b>	<b>7,5</b>	<b>40,8</b>								
<b>Total subprocesos a cargo de la obra</b>	<b>7,5</b>	<b>30,6</b>								
<b>% del ciclo a cargo de la obra</b>		<b>75%</b>								

**Tabla 16 Medición y clasificación de subprocesos para la gestión de acero en obra 3G**

Descripción del subproceso	Distancia (m)	Tiempo (horas)	CICLO					OBSERVACIONES		
								Equipo, maquinas y herramientas	Número de trabajadores	Encargado del subproceso
Elaboración y envío del pedido	-	3,5	x						1	ingeniero residente
verificación pedido		24					x			Empresa proveedora de acero
Fabricación y preparación del pedido	-	152					x			Empresa proveedora de acero
Medición y conteo del acero recibido	-	2,5			x			Flexómetros	2	Encargado del los patios de almacenamiento de acero
Descargue del acero desde el camión	-	3	x					Barras	5	Encargado del los patios de almacenamiento de acero y ayudantes rasos
Transporte hasta y en el lugar que el acero será almacenado	40	6		x				-	4	Encargado del los patios de almacenamiento de acero y ayudantes rasos
Separación de acero en el momento del almacenamiento	-	6					x	Flexómetro	4	Encargado del los patios de almacenamiento de acero y ayudantes rasos
Selección antes de ser enviado al destino final	-	10,00	x					Flexómetro	3	Encargado del los patios de almacenamiento de acero y ayudantes rasos
Transporte hasta el lugar que será armado el elemento estructural	35	14,20		x					2	Ayudantes rasos
<b>Total ciclo</b>	<b>75</b>	<b>15,3</b>								
<b>Total subprocesos a cargo de la obra</b>	<b>75</b>	<b>6,5</b>								
<b>% del ciclo a cargo de la obra</b>		<b>42%</b>								



**Tabla 17 Medición y clasificación de subprocesos para la gestión de acero en obra 6J**

Descripción del subproceso	Distancia (m)	Tiempo (horas)	CICLO					OBSERVACIONES		
								Equipo, máquinas y herramientas	Número de trabajadores	Encargado del subproceso
Elaboración y envío del pedido	-	4,5	x						1	Auxiliar de ingeniería
Fabricación y preparación del pedido	-	176				x				Empresa proveedora de acero
Medición y conteo del acero recibido	-	3			x			Flexómetros	2	Encargado del los patios de almacenamiento de acero y ayudante rasos
Descargue del acero desde el camión	-	3	x					Barras	4	Encargado del los patios de almacenamiento de acero y ayudantes rasos
Transporte hasta y en el lugar que el acero será almacenado	52,5	2,74		x				-	4	Encargado del los patios de almacenamiento de acero y ayudantes rasos
Separación de acero en el momento del almacenamiento	-	13					x	Flexómetro	4	Encargado del los patios de almacenamiento de acero y ayudantes rasos
Selección antes de ser enviado al destino final	-	0,68	x					Flexómetro	3	Encargado del los patios de almacenamiento de acero y ayudantes rasos
Transporte hasta el lugar que será armado el elemento estructural	55,4	22,50		x					2	Ayudantes rasos
<b>Total ciclo</b>	<b>107,9</b>	<b>12,2</b>								
<b>Total subprocesos a cargo de la obra</b>	<b>107,9</b>	<b>5,2</b>								
<b>% del ciclo a cargo de la obra</b>		<b>43%</b>								









