

**METODOLOGÍA PARA LA REDUCCIÓN DEL DESPILFARRO EN LA
PRODUCCIÓN Y COLOCACIÓN DE CONCRETO EN VÍAS SECUNDARIAS**

**LINA MARIAN BUENO JAIMES
GINNA CAROLINA SOLANO DÍAZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN
BUCARAMANGA
2012**

**METODOLOGÍA PARA LA REDUCCIÓN DEL DESPILFARRO EN LA
PRODUCCIÓN Y COLOCACIÓN DE CONCRETO EN VÍAS SECUNDARIAS**

**LINA MARIAN BUENO JAIMES
GINNA CAROLINA SOLANO DÍAZ**

**Trabajo de Grado, presentado como requisito para Optar al Título de
ESPECIALISTAS EN GERENCIA DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN**

**Director:
Ing. ORLANDO CONTRERAS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN
BUCARAMANGA
2012**

*A Dios, compañero espiritual de nuestras vidas;
a nuestras familias por su amor y confianza,
apoyo y comprensión en el arduo proceso de
formación profesional.*

Lina Marian, Ginna Carolina

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos:

A la **UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**, a su cuerpo administrativo y docente especializado por brindarnos los conocimientos necesarios para el desarrollo intelectual y moral como parte fundamental de la formación académica.

Al **INGENIERO ORLANDO CONTRERAS**, asesor temático y metodológico, por su paciencia, dedicación y acertados consejos a las autoras para el cumplimiento del fin propuesto.

A **TODAS AQUELLAS PERSONAS** que brindaron asesorías académicas durante el transcurso de la formación profesional y la realización de este trabajo para optar al título de **ESPECIALISTAS EN GERENCIA DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN**.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	18
1. ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO DE GRADO	21
1.1 TÍTULO	21
1.2 DIRECTOR DEL PROYECTO DE GRADO	21
1.3 AUTORES	21
1.4 TIPO PROYECTO GRADO	21
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	22
2.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	23
2.2 JUSTIFICACIÓN	23
2.3 OBJETIVOS	25
2.3.1 General	25
2.3.2 Específicos	25
2.4 METODOLOGÍA	26
3. MARCO TEÓRICO	28
3.1 CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDAS O LEAN CONSTRUCTION	28
3.1.1 Filosofía Lean Construction	31
3.1.2 Sobreproducción	32
3.1.3 Productos defectuosos	32
3.1.4 Inventario	32
3.1.5 Movimientos improductivos	33
3.1.6 Procesos inadecuados	33
3.1.7 Transporte	33
3.1.8 Tiempos muertos o esperas	33
3.2 LA PRODUCCIÓN SIN PÉRDIDAS APLICADA A PROYECTOS DE INGENIERÍA CIVIL	34

	Pág.
3.3 PLANIFICACIÓN DE LA GESTIÓN DEL DESPERDICIO	36
3.4 LA ESENCIA DE LA PÉRDIDA DE PRODUCTIVIDAD	38
3.5 DESPERDICIO DE MATERIALES	40
3.5.1 Clasificación del desperdicio de materiales	42
3.5.2 Causas de desperdicio de materiales	46
4. PROCESOS DE GESTIÓN DEL DESPILFARRO EN OBRAS DE MANTENIMIENTO DE LA MALLA VIAL SECUNDARIA DEL DEPARTAMENTO	50
4.1 LA MALLA VIAL SECUNDARIA DEL DEPARTAMENTO	51
4.2 DESPERDICIO DE MATERIALES EN EL MANTENIMIENTO DE LA MALLA VIAL	56
4.2.1 Estabilidad de Taludes de Cortes	56
4.1.2 Cunetas, Soleras, Fosos y Contrafosos	62
4.3 MANIFESTACIONES DEL DESPERDICIO DE MATERIALES EN OBRAS	69
4.3.1 Materiales	69
4.3.2 Servicios	70
4.4 DIAGRAMA CAUSA-EFECTO DEL DESPERDICIO DE MATERIALES	70
4.4.1 Causa efecto: movimiento de tierra	71
4.4.2 Causa efecto: Vaciado deficiente con desperdicio tiempo mayor de trabajo	76
4.4.3 Causa-efecto: Almacenamiento de materiales	82
5. METODOLOGÍA PARA LA REDUCCIÓN DEL DESPILFARRO EN LA PRODUCCIÓN Y COLOCACIÓN DE CONCRETO EN VÍAS SECUNDARIAS	87
5.1 IDENTIFICACIÓN	87
5.2 EVALUACIÓN DEL DESPERDICIO	91
5.2.1 Evaluación del ladrillo	91
5.2.2 Evaluación del Cemento	93

	Pág.
5.2.3 Evaluación del Concreto Premezclado	95
5.2.4 Evaluación del acero de refuerzo	96
5.3 INTERVENCIÓN	98
5.3.1 Intervención para el ladrillo:	99
5.3.2 Intervención para el mortero	100
5.3.3 Intervención para el concreto	101
5.4 CONTROL	102
5.4.1 Control de entrada de materiales	102
5.4.2 Control Salida de Materiales	106
5.4.3 Kardex de Materiales	107
CONCLUSIONES	110
RECOMENDACIONES	113
BIBLIOGRAFÍA	115

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Variables para la ejecución de proyectos	28
Figura 2. Planificación de la gestión del desperdicio	36
Figura 3. Pérdida de productividad	39
Figura 4. Desperdicio de materiales	45
Figura 5. Red vial territorial de Santander	52
Figura 6. Diagrama causa-efecto movimiento de tierra	71
Figura 7. Causa efecto: Vaciado deficiente con desperdicio tiempo mayor de trabajo	76
Figura 8. Cuidados con la mezcladora	77
Figura 9. Causa efecto: Almacenamiento de materiales	82

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Sistema tradicional y sistema producción sin pérdidas.	34
Tabla 2. Estado de la red vial del Dpto. de Santander.	53
Tabla 3. Porcentaje de desperdicio de materiales en obras de ingeniería civil.	97
Tabla 4. Mecanismos de control.	103
Tabla 5. Control Entrada de Materiales.	104
Tabla 6. Control de salida de mercancías.	107
Tabla 7. Tarjeta Kardex.	107

LISTA DE MAPAS

	Pág.
Mapa 1. Red vial de Colombia	52
Mapa 2. Malla vial del Departamento de Santander	54

LISTA DE FOTOS

	Pág.
Foto 1. Movimiento de tierras	72
Foto 2. Herramientas	73
Foto 3. Maniobrabilidad del equipo de trabajo	74
Foto 4. Preparación concreto	78
Foto 5. Maniobrabilidad del equipo de trabajo	79
Foto 6. Vaciado del concreto	80
Foto 7. Almacenamiento de material	83
Foto 8. Materiales y equipo de trabajo	84
Foto 9. Desmonte de las obras	88
Foto 10. Desmonte de alcantarilla	89
Foto 11. Causas de desperdicio de materiales	90
Foto 12. Desperdicio de ladrillo en obra	92
Foto 13. Preparación del terreno	94
Foto 14. Vaceado de concreto	95
Foto 15. Desperdicio de concreto	96
Foto 16. Acero de refuerzo	97
Foto 17. Intervención para el mortero	100
Foto 18. Intervención para el concreto	101

RESUMEN

TITULO: METODOLOGÍA PARA LA REDUCCIÓN DEL DESPILFARRO EN LA PRODUCCIÓN Y COLOCACIÓN DE CONCRETO EN VÍAS SECUNDARIAS¹

AUTOR: LINA MARIAN BUENO JAIMES

GINA CAROLINA SOLANO DÍAZ.²

PALABRAS CLAVES: Desperdicio, Lean Contruction, Concreto

La gran competitividad que existe en la actualidad en el rubro de la construcción civil obliga a las empresas pertenecientes a esta industria a buscar optimizar al máximo sus procesos, logrando la mayor productividad posible en el uso de sus recursos, minimizando los desperdicios.

Pese a que los materiales pueden llegar a representar cerca del 30% del costo de un proyecto y el desperdicio de materiales es de un 5%, en muchos casos las empresas solo realizan verificaciones mensuales del estado de sus consumos de materiales para las partidas de control, las cuales están a cargo de los jefes de almacén quienes le dedican poco o nulo análisis al tema de la productividad de los recursos.

En el trabajo de campo realizado en obras de mantenimiento vial de la malla secundaria del Dpto. de Santander, se observó que no se lleva a cabo un programa de control del desperdicio, pese a que en el mercado existen programas como Lean Construction que ofrece una serie de principios aplicables tales como fijar metas y realizar mediciones. Incluso cuando no hay ningún problema discernible, tenemos que observar y analizar, implicar al equipo directamente en la mejora continua, centrarse en la eliminación de los desperdicios: la nueva filosofía utiliza herramientas que mejora continuamente no sólo a sí mismo, sino a la ejecución de proyectos

Entre las causas más comunes de desperdicio se encuentran, en concreto predomina la falta de coordinación en las actividades, en ocasiones el maquinista es el mismo que carga la máquina, generado demoras en las actividades diarias. El vaciado del concreto en el sitio genera contaminación de la mezcla, adicionalmente se agrega agua para facilitar el fraguado, a las mezcladoras no se les realiza el mantenimiento respectivo, pérdida de materiales por costos, y abandonados en obra.

¹ Proyecto de Grado

² Facultad De Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela De Ingeniería Civil. Director Orlando Contreras

ABSTRACT

TITLE: METHODOLOGY FOR WASTE REDUCTION IN PRODUCTION AND PLACING CONCRETE ON SECONDARY ROADS³

AUTHOR: LINA MARIAN BUENO JAIMES

GINA CAROLINA SOLANO DÍAZ.⁴

KEYWORDS: Waste, Lean Construction, concrete

The fierce competition that exists today in the area of civil construction requires companies belonging to this industry to seek to optimize their processes, achieving the highest possible productivity in the use of resources, minimizing waste.

Although materials can account for about 30% of the project cost and material waste is 5%, in many cases, companies only perform monthly checks the status of their consumption of materials for control items, which are in charge of the warehouse managers who devote little or no analysis to the issue of resource productivity.

In the field work in road maintenance secondary mesh Santander Department, noted that not holding a waste management program, although there are programs on the market as offering a Lean Construction series of principles such as setting goals and measurements. Even when there is no discernible problem, we have to observe and analyze the team directly involve continuous improvement focusing on eliminating waste: the new philosophy uses tools that continuously improves not only to himself but to the execution of projects.

Among the most common causes of waste are, specifically predominantly uncoordinated activities, sometimes the driver is the same as the machine load, generated delays in daily activities. The concrete is poured on the site creates pollution of the mixture, water is added additionally to facilitate the setting, to the mixers are not performing maintenance respective loss costs of materials and labor abandoned.

³ Proyecto de grado

⁴ Facultad De Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela De Ingeniería Civil. Director Orlando Contreras

INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción es parte fundamental del desarrollo social y económico de un país. En Colombia, para el 2011, el agregado de la construcción (edificaciones y obras civiles) representa el 6.9% del PIB nacional y el 6.1% del total de ocupados del país (979.541 personas). De esta manera, la construcción en Colombia y en el mundo es una fuente importante de trabajo, ya que usa mano de obra en forma intensiva. Igualmente, tan solo la actividad edificadora represento en promedio, 21% de la formación bruta de capital o de la inversión total del país durante el periodo 2006-2010.⁵

Sin embargo, y a pesar de ser una gran actividad de importancia clave en la economía y desarrollo de un país, la industria de la construcción presenta serias deficiencias en aplicación de sistemas de gestión, especialmente el del despilfarro en colocación de concreto en proyectos de ingeniería civil, por lo que la aplicación de los principios de la “construcción sin pérdidas o Lean Construction”, son una verdadera alternativa para aumentar la rentabilidad de las empresas inmersas en estos proyectos.

Sin duda alguna hoy en día el tema de la gestión de la calidad, seguridad, productividad, tecnologías y otras disciplinas se ha convertido en el pilar para mejorar los problemas de administración de proyectos, de ingeniería y de modelos de desempeño.

Esto se ha dado como respuesta a los innumerables problemas relacionados especialmente con el caos de la improvisación y la mala planificación que causan

⁵ CÁMARA COLOMBIANA DE LA CONSTRUCCIÓN CAMACOL. Competitividad de la construcción de edificaciones en Colombia: diagnóstico y recomendaciones de política económica, Consejo privado de competitividad, Enero 28 de 2012.

mala comunicación, documentación inadecuada, desequilibrio en la asignación de recursos, falta de coordinación entre disciplinas y errática toma de decisiones.

La gestión del desperdicio en un proyecto de construcción, es un proceso permanente a lo largo de todas las etapas de un proyecto de construcción. El grado de éxito de cualquier proyecto es en gran medida dependiente del aprovisionamiento de equipos, materiales, mano de obra y todos los elementos necesarios que cumplan con la calidad especificada para la obra. Un manejo y control apropiado tiene un impacto positivo sobre la productividad de una obra.

En la industria de la construcción, las pérdidas en la productividad dependen de tres grandes variables: mano de obra, diseños y administración. La mano de obra es responsable del 10% al 15% de perdidas, los diseños contribuyen negativamente con 20% a 25% y la administración corresponde de 50% a 55%.⁶ De lo anterior se deduce que la administración quien es responsable de la logística y de la gestión del proyecto contribuye negativamente con más de la mitad de las pérdidas de productividad en los proyectos de construcción, por lo que se requiere una adecuada gestión y resulta de vital importancia contar con una estrategia efectiva para su manejo.

Desde esta perspectiva, el presente documento se ha estructurado en torno a cinco capítulos, el primero de los cuales corresponde a las especificaciones del proyecto de grado (título, director y autores); el segundo al planteamiento del problema, es decir, a la gestión del desperdicio, la formulación de la pregunta de investigación y a partir de ella a los objetivos (general y específicos), así como a la justificación y metodología de investigación.

⁶ UNDURRAGA MONTES, Ramón. Calidad, productividad y competitividad en la construcción. En: Seminario Universidad Nacional de Colombia Facultad de Arte. Bogotá, 1999

En el tercer capítulo se efectúa el análisis del sistema de construcción sin pérdidas o Lean Construction, sus principios, su aplicación en proyectos de ingeniería civil, comparando con el sistema tradicional, la planificación de la gestión del desperdicio y la esencia de la pérdida de productividad.

Los procesos de gestión del desperdicio que aplican empresas encargadas de la malla vial secundaria del Departamento son analizadas en el Capítulo Cuarto del presente documento

Con el quinto capítulo se ofrece un sistema de gestión del desperdicio para la aplicación de los principios de la “construcción sin pérdidas o Lean Construction”, en una empresa de ingeniería civil

1. ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO DE GRADO

1.1 TÍTULO

PROCEDIMIENTO DE LA GESTIÓN DEL DESPERDICIO EN PROYECTOS DE INGENIERÍA CIVIL, PARA APLICAR LOS PRINCIPIOS DE LA CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDAS O LEAN CONSTRUCTION

1.2 DIRECTOR DEL PROYECTO DE GRADO

Ing. ORLANDO CONTRERAS

1.3 AUTORES

LINA MARIAN BUENO JAIMES Cód: 2117428

GINNA CAROLINA SOLANO DÍAZ Cód: 2117446

1.4 TIPO PROYECTO GRADO

Monografía

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Cuando se habla de desperdicio en proyectos de ingeniería civil, normalmente se asocia con el almacenamiento y manipulación de materiales, aspecto que obedece a una combinación de causas, y no sólo a un factor aislado, lo que se traduce en que en la empresa no existe una política de gestión para desperdicios ni control del material usado. ⁷

La mayoría de las causas están relacionadas con fallas en la gestión, y poco que ver con la calificación y motivación de los trabajadores. Un factor importante de desperdicio ocurre por problemas en etapas previas a la construcción, como en el diseño, planeación, suministro de material y otros.

Es conveniente precisar que desperdicio no sólo es el material, también lo son el equipo, el trabajo, la mano de obra, el capital, y todo lo que se usa más de lo necesario en el proceso de producción. Si un recurso se usa de más y no está generando un valor agregado o un valor al producto final, esto es un desperdicio. Por tanto la forma práctica de entender el desperdicio es tratar de clasificarlo. Una primera clasificación se puede realizar, dependiendo del nivel de control que se tenga, en dos categorías: el que es inevitable y el que se puede evitar.

Para el primero, cuando se requiere invertir por no tenerlo, y la inversión que se debe realizar resulta mucho mayor que el ahorro que se obtiene al eliminarlo. Y para el segundo, cuando por ejemplo el director de proyecto no ordena la cantidad correcta de un material para los trabajos del día, permitiendo que se sustituya por otro más caro, o cuando al transportar el material se genera desperdicio por utilizar equipo inadecuado siendo ello una falta de planeación.

⁷ <http://www.arqhys.com/arquitectura/construccion-perdidas.html>. Consultado: Agosto 12 de 2012

Así mismo, existe la creencia generalizada entre los administradores de que los obreros son los responsables de la generación de desperdicios, optando como solución al entrenamiento adecuado para cada área específica, dejando de lado la responsabilidad que le asiste al director del proyecto al no planificar adecuadamente la ejecución de las obras. De lo anterior se deduce que el desperdicio es causado principalmente por malas prácticas administrativas y no por el uso de mano de obra no calificada.

Con las anteriores consideraciones, las autoras se proponen investigar, identificar y organizar los factores que se deben tener en cuenta al generar una metodología para la reducción del despilfarro en la producción y colocación de concreto en vías secundarias, con la aplicación de los principios de la “Construcción sin Pérdidas o Lean Construction”, de tal manera que los resultados se vean reflejados en menores costos de ejecución.

2.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

No se conocen las actividades que generan sobrecostos en la producción y colocación de concreto en vías secundarias, por lo tanto se requiere su determinación

2.2 JUSTIFICACIÓN

Una de las principales falencias que presentan los proyectos de construcción se relaciona con la dificultad que tienen para cumplir los plazos previamente establecidos. La principal causa radica en que los proyectos de construcción son un conjunto de disciplinas interrelacionadas entre sí y lograr un adecuado trabajo en conjunto, mediante la planificación de las actividades a realizar.

Este es un problema siempre presente en el sector de la construcción y es por esto que las empresas buscan aplicar distintas metodologías que puedan mejorar este aspecto, destinando muchos recursos en ello. Sin embargo, pese al permanente desarrollo de estas herramientas, aún presentan falencias. Si no fuera así el problema de los plazos estaría solucionado y no sería un dolor de cabeza para las empresas constructoras.

Es indispensable que las empresas tomen conciencia de los cambios que están ocurriendo en el ambiente nacional e internacional y de la imperiosa necesidad de ajustar su estructura y todos sus procesos a los mismos.

El desperdicio supone un coste empresarial que será mayor cuanto mayor sean los recursos comprometidos. Se puede afirmar que el objetivo de la gestión del desperdicio consiste en que al fijar un grado satisfactorio de uso de materiales y recursos, se pueda alcanzar al mínimo costo. Ese doble objetivo (satisfacción y minimización de costos) es inherente a la Construcción sin Pérdidas o Lean Construction.⁸

Desde esta perspectiva, “Construcción sin Pérdidas o Lean Construction, ofrece una serie de lineamientos desde los cuales se puede planificar, administrar y reducir el desperdicio de materiales en proyectos de ingeniería civil, y particularmente en la producción y colocación de concreto en vías secundarias dado que estos tienen incidencia directa en el costo de ejecución y por ende en la rentabilidad de la empresa.

El propósito radica entonces en la generación de una metodología para la reducción de actividades que no generan valor en la producción y colocación de concreto en obras de mejoramiento y mantenimiento de carreteras de la red

⁸ <http://www.arqhys.com/arquitectura/construccion-perdidas.html>. Consultado: Agosto 12 de 2012

secundaria en el Departamento de Santander, desde el entendido que la reducción del desperdicio gira alrededor de los conceptos de minimización de costos, manejo eficiente de recursos, trabajo en equipo (logística), orientación hacia el cliente, producción limpia y preservación del medio ambiente. Todo ello, se dará como consecuencia de la aplicación del sistema de gestión de desperdicio y la aplicación de los principios de la “Construcción sin Pérdidas o Lean Construction.

2.3 OBJETIVOS

2.3.1 General

Generar una metodología para la reducción del despilfarro en la producción y colocación de concreto en vías secundarias, clasificando las actividades que no generan valor según los siete tipos de despilfarro propuestos por la filosofía Lean Construction.

2.3.2 Específicos

- Documentar el estado del arte de la filosofía Lean Construction para la reducción de actividades que no generan valor.
- Identificar los elementos que generan despilfarros en la producción y colocación de concreto en obras de mejoramiento y mantenimiento de carreteras de la red secundaria en el Departamento de Santander.
- Elaborar una metodología para la gestión de la disminución de costos, recursos y tiempo durante la producción y colocación de concreto en obras

de mejoramiento y mantenimiento de carreteras de la red secundaria en el Departamento de Santander.

2.4 METODOLOGÍA

Para el cumplimiento de los objetivos propuestos, la metodología a desarrollar se estructura en torno a la compilación de información y documentación acerca de Lean Construction, visitas de campo a obras en ejecución, identificación de las actividades que restan valor y por último el planteamiento que contengan los métodos para disminuir el despilfarro encontrado.

A continuación se muestra la secuencia de estas etapas:

1. Búsqueda de documentación e información teórica de autores reconocidos en la filosofía Lean Constrution, y evidencias de proyectos en construcción que hayan aplicado los principios de esta técnica.
2. Definir obras de construcción vial, a las cuales se les va hacer el estudio.
3. Visitar cada uno de los proyectos con el fin de obtener muestras visuales de la forma de ejecución de las actividades en obra, para la identificación de tipos de despilfarro que se presenten.
4. Clasificar los despilfarros encontrados, de acuerdo al grado de afectación en tema de costo y tiempo, los cuales representen mayor impacto para el proyecto.
5. Realizar el diagnóstico de las obras seleccionadas, estado en que se encuentran las actividades relacionadas con la producción in situ y

colocación del concreto para la construcción de obras de arte de las vías secundarias del Departamento de Santander.

6. Elaborar la metodología para la reducción de actividades que no generan valor en la producción y colocación de concreto en obras de mejoramiento y mantenimiento de carreteras de la red secundaria en el Departamento de Santander.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDAS O LEAN CONSTRUCTION

Por lo general el 70% de proyectos están sobre el presupuesto planeado y no cumplen con el cronograma; el 52% de la mayoría de los proyectos finalizan con 189% de su presupuesto inicial y algunos, después de grandes inversiones de tiempo y dinero, absolutamente nunca terminan.⁹ Por tanto la “técnica de valor ganado” se constituye en una herramienta del estándar industrial que mide el progreso de un proyecto, pronostica su fecha de terminación y costo final, y proporciona las variaciones del cronograma y de presupuesto a lo largo del mismo.¹⁰ Lo anterior en razón a que todo proyecto se ve sometido a la presión de tres variables: tiempo, costo y alcance.¹¹

Figura 1. Variables para la ejecución de proyectos



Fuente: Autoras

LEAN CONSTRUCTION, nace como una alternativa de Gestión en el sistema de fabricación de la empresa Toyota, basado en una producción sin perdidas y en la

⁹ CÁMARA COLOMBIANA DE LA CONSTRUCCIÓN “CAMACOL”. Los sobrecostos en la ejecución de obras de infraestructura. Bogotá, Colombia, 2010

¹⁰ GIDO Jack y CLEMENTS James P. “Administración Exitosa de Proyectos” Primera Edición en Español. International Thomson Editores. México 1999

¹¹ SEMINARIO ENTORNO MPUG, México, 2010

disminución significativa del despilfarro, agregando valor sistemáticamente en el proceso de manufactura.

La metodología “construcción sin pérdidas o Lean Construction” proporciona al director de obra las herramientas necesarias para la planificación, programación y control de los costos del proyecto en forma integral, con la finalidad de detectar problemas potenciales y tomar las acciones preventivas o correctivas según lo amerite el caso, usando indicadores tipo semáforo, estimaciones de terminación de tiempo y costo, así como la productividad del proyecto, con el objeto de cumplir con las metas de tiempo – costo - alcance.¹²

Según el Instituto de Lean Construction (ILC), Lean Construction es una filosofía orientada hacia la administración de la producción en construcción, cuyo objetivo fundamental es la eliminación de las actividades que no agregan valor (pérdidas), enfocándose en la creación de un sistema de producción ajustado que minimice residuos y herramientas específicas aplicadas al proceso de ejecución de proyectos. En otras palabras, Lean es una filosofía, es una forma de pensar hacer las cosas, enfocada en dar valor y la misma vez en conseguir eficiencia a través de la colaboración y confiabilidad de la producción, entendiendo al máximo las necesidades de los clientes.

La construcción sin pérdidas se soporta en 10 principios:¹³

1. Fijar metas y realizar mediciones: los indicadores deben alcanzar o no superar nunca el límite establecido.
2. Seguir un sistema para ofrecer una experiencia agradable al cliente: memoria de proyecto.

¹² <http://www.arqhys.com/arquitectura/construccion-perdidas.html>. Consultado: Agosto 12 de 2012

¹³ <http://www.arqhys.com/arquitectura/construccion-perdidas.html>. Consultado: Agosto 12 de 2012

3. Ir a la obra (caminar por el Gemba): adelantarnos a la pregunta, a la solución de problemas. Incluso cuando no hay ningún problema discernible, tenemos que observar y analizar.
4. Nunca aceptar el trabajo bien hecho a la segunda: establecer la norma de que el trabajo no se ejecuta al 100% hasta que no se ejecuta correctamente en tiempo y forma.
5. Implicar al equipo directamente en la mejora continua: debe analizar los problemas en el sitio donde se produce la desviación de la norma, no en la oficina.
6. Utilizar elementos visuales: tales como señalización, paneles de información, hojas de Instrucciones, comunicando las normas y expectativas al equipo de trabajo.
7. Utilizar la tecnología para nuestro beneficio: valorar todos los avances tecnológicos que facilitan la eliminación de los desperdicios en cualquier parte de ejecución del proyecto.
8. Implementar el trabajo estandarizado: eliminar la variación de toda actividad en el proceso de construcción que no haya sido prevista con anterioridad
9. Centrarse en la eliminación de los desperdicios: evitando retrabajos, apagar incendios, solucionar problemas sobre la marcha.
10. Dedicar un día a la mejora continua: la nueva filosofía utiliza herramientas que mejora continuamente no sólo a sí mismo, sino a la ejecución de proyectos.

El método incluye la definición de unidades de producción y el control del flujo de actividades, mediante asignaciones de trabajo, además de facilitar la obtención del origen de los problemas y la toma oportuna de decisiones relacionada con los ajustes necesarios en las operaciones para tomar acciones a tiempo, lo cual incrementa la productividad.

3.1.1 Filosofía Lean Construction

El marco general del modelo viene definido por la intersección entre los proyectos y los sistemas de producción; suele designarse a este dominio como el de los sistemas productivos basados en proyectos (o por proyectos). En cualquier caso, el modelo LPD está pensado para que se aplique a sistemas productivos temporales, como los que tienen lugar habitualmente en el sector de la construcción.

Las características fundamentales del modelo LPD son: ¹⁴

- El control del proyecto tiene una función ejecutiva, en oposición a la clásica de detección a posteriori.
- La optimización de esfuerzos se centran en conseguir un flujo de trabajo fiable, en contraste con el incremento de productividad.
- Las técnicas “pull” (de empuje) se utilizan para manejar el flujo de información y de materiales a través de las redes de especialistas.
- Los resguardos de capacidad y de almacén se utilizan para absorber variaciones.
- Los ciclos de retroalimentación se incorporan en cada nivel, de modo que puedan realizar ajustes rápidos.

Parte del principio para la implementación de Lean Construction, está en la identificación de elementos que no agregan valor al producto. Estos están dirigidos a todas las áreas de gestión que representan una parte indispensable para la generación de un producto o en general el desarrollo de un proyecto a corto, mediano o largo plazo. Así mismo en función de reconocer el problema que se debe suprimir de la gestión, aparecen tipos de despilfarros fácilmente

¹⁴ LICHTIG, William A. The Integrated Agreement For Lean Project Delivery. Construction Lawyer 26, No.3, 2006

identificables, que permiten diagnosticar el estado de crisis que pueda llegar a tener una empresa y como solucionarlo, los cuales son: ¹⁵

3.1.2 Sobreproducción

Este despilfarro consiste en generar más producto de lo que demanda el mercado del negocio, el cual se produce como consecuencia de errores en la planeación, especulaciones sobre la producción, e improvisación en la gran mayoría de los casos.

Una mala gestión puede generar uno de los despilfarros más peligrosos porque este a su vez:

- a) Multiplica los efectos nocivos de los otros 6 despilfarros.
- b) Esconde las verdaderas capacidades de la empresa y puede conducir a la toma de decisiones incorrectas.

3.1.3 Productos defectuosos

Es un despilfarro auténtico, producir una unidad sin calidad requiere lo mismo que producirla bien; a nivel de energía, materiales y cualquier tipo de recursos. Y cuando se produce un producto defectuoso pueden pasar dos cosas, que nos demos cuenta y haya que “chatarrearlo” y volverlo a producir, o que se ignore y el producto llegue al consumidor final, dañando las campañas o políticas de calidad de la compañía.

3.1.4 Inventario

Es un buen despilfarro que bien se merece estar en este tercer lugar. Por varios motivos, representa una gran cantidad de dinero inmovilizado, que no aporta valor al producto final. Es más, es un gran gasto, porque necesita espacio (almacén), personal que lo gestione, lo limpie, lo mantenga, consume energía. También

¹⁵ DE LA CRUZ GUTIÉRREZ, José de Jesús. Lean Construction: ¿quién está peleado con la reducción de costos en la construcción? <http://es.scribd.com/doc/99378529/Lean-Construction>

puede contribuir a crear una sensación de fortaleza, bienestar o comodidad porque contribuye a esconder los problemas.

3.1.5 Movimientos improductivos

Este despilfarro radica en los movimientos innecesarios que deben hacer los trabajadores, debido a las malas condiciones de su lugar de trabajo. Podría ser un tipo de despilfarro que bien podría estar incluido en el top tres especialmente si a los movimientos improductivos de los trabajadores se les uniera el hecho de que fueran movimientos inseguros o susceptibles de ocasionar algún tipo de daño. Es decir, que no fueran movimientos con buena ergonomía.

3.1.6 Procesos inadecuados

Generalmente, al denominar a este tipo de despilfarro, se refiere a procesos que no son necesarios o que utilizan más recursos ya sea de energía, material, tiempo de lo que requieren las necesidades del cliente. Se trata de un tipo de despilfarro por lo general, fácilmente identificable y, una vez identificado, rápidamente corregible. Pero por lo general, al nivel que se encuentran las empresas manufactureras hoy en día; los procesos se estudian muy bien desde el punto de vista de la ingeniería en las primeras fases del proyecto. Con lo cual, no suele ser muy evidente el daño que ocasiona este tipo de despilfarro.

3.1.7 Transporte

Se trata de un tipo de despilfarro claramente visible que no aporta valor añadido y por tanto, supone un enorme despilfarro. El transportar las materias primas o los productos semielaborados de un lado para otro puede ocasionar defectos de calidad, en ocasiones puede condicionar el diseño de un proceso inadecuado o también puede generar inventarios. Adicionalmente puede generar tiempos vacíos, atrasos en el desarrollo de la programación.

3.1.8 Tiempos muertos o esperas

Este es el despilfarro que ocasiona pérdidas en un recurso imposible de recuperar, EL TIEMPO. Este despilfarro ocasiona sobre costos, ya que al necesitar todo de “urgencia” se producen compras o negociaciones altamente costosas y también ocasiona incumplimiento al cliente, lo cual repercute en la reputación de la empresa o negocio como elemento de un mercado.

Esta clasificación se ha realizado desde el punto de vista de la fabricación de productos industriales y generalmente refiriéndonos a una producción en serie y con un buen grado de automatización. Siempre se toma como base la industria automovilística, que ha sido la principal cuna de las innovaciones de la organización industrial o empresarial.

3.2 LA PRODUCCIÓN SIN PÉRDIDAS APLICADA A PROYECTOS DE INGENIERÍA CIVIL

El sistema de gestión tiene por objeto minimizar el despilfarro y agregar valor al proceso de manufactura, al ajustar los procesos al enfoque justo a tiempo, ingeniería concurrente, gestión de la calidad total, así como reingeniería de procesos con el objeto de reducir de costes, ahorrar de tiempo de trabajo e incrementar el valor para el cliente. Para establecer diferencias entre el sistema tradicional y el sistema producción sin pérdidas se presenta la siguiente tabla:

Tabla 1. Sistema tradicional y sistema producción sin pérdidas

Ítem	Sistema tradicional	Sistema producción sin pérdidas
Objeto	Afecta a productos y servicios	Afecta a todas las actividades de la empresa
Alcance	Control	Gestión, asesoramiento, control
Modo de aplicación	Impuesta por la dirección	Por convencimiento y participación
Metodología	Detectar y corregir	Prevenir
Ítem	Sistema tradicional	Sistema producción sin pérdidas
Responsabilidad	Departamento de calidad	Compromiso de todos los miembros de la empresa
Clientes	Ajenos a la empresa	Internos y externos

Ítem	Sistema tradicional	Sistema producción sin pérdidas
Conceptualización de la producción	La producción consiste en actividades que añaden valor al producto	La producción consiste de conversiones y flujos: actividades que agregan valor
Control	Coste de las actividades	Dirigido hacia el coste, tiempo y valor de los flujos
Mejora	Implementación de nuevas tecnologías	Reducción de las tareas de flujo, y aumento de la eficiencia del proceso con mejoras continuas y tecnología

Fuente: ALARCÓN, L.F “Lean construction”. Balkema, Rotterdam, 1997

La filosofía integral de la construcción sin pérdidas tiene como misión desarrollar el mejor camino posible para diseñar y construir infraestructuras teniendo en cuenta que:

- El proyecto se organiza y gestiona como un proceso generador de valor.
- Los agentes que intervienen a posteriori se involucran también en la planificación inicial y en el diseño por medio de equipos multifuncionales.
- El control del proyecto tiene una función ejecutiva, en oposición a la clásica de detección a posteriori.
- La optimización de esfuerzos se centran en conseguir un flujo de trabajo fiable, en contraste con el incremento de productividad.
- Las técnicas de empuje se utilizan para manejar el flujo de información y de materiales a través de las redes de especialistas
- Los resguardos de capacidad y de almacén se utilizan para absorber variaciones.

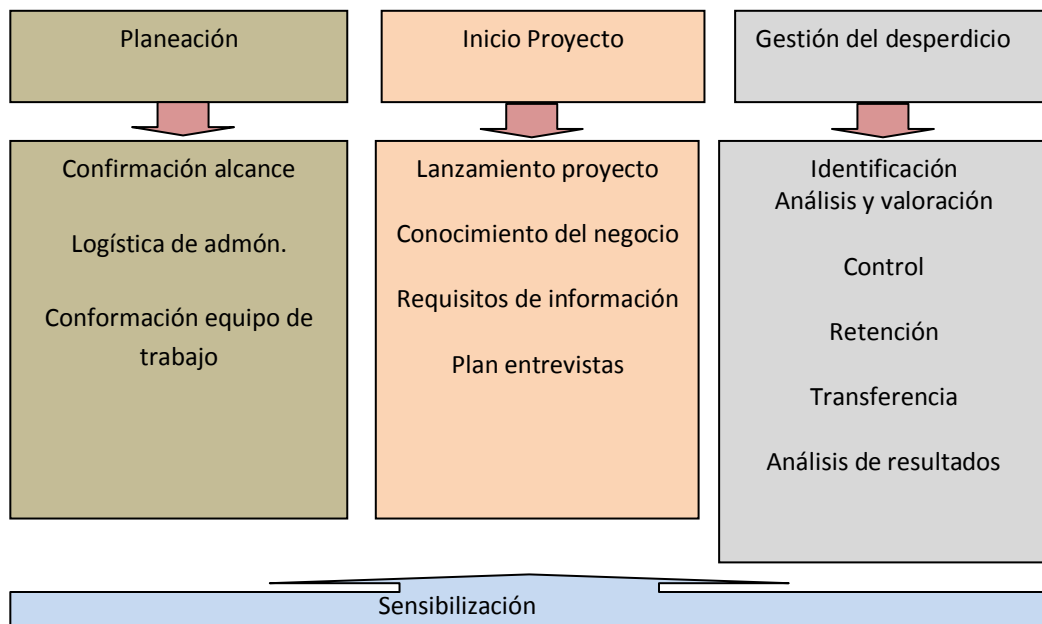
- Los ciclos de retroalimentación se incorporan en cada nivel, de modo que puedan realizar ajustes rápidos.

3.3 PLANIFICACIÓN DE LA GESTIÓN DEL DESPERDICIO

La planificación de la gestión del desperdicio incluye las actividades y tareas que se deben realizar: sensibilización, planeación del proyecto, inicio del proyecto, y finalmente análisis y valoración las tareas.

Adicionalmente se debe fomentar en la organización y el proyecto la cultura del desperdicio, ya que en la medida en que se perciban los desperdicios a qué se está expuesto, se estará en capacidad de administrarlos, actividad que se ejecuta durante el desarrollo de todo el proyecto, para el éxito del mismo

Figura 2. Planificación de la gestión del desperdicio



Fuente: Autoras

Respecto de la conformación del equipo de trabajo se debe tener presente que todo integrante juega un papel importantísimo en la gestión del desperdicio, toda vez que al ser parte activa del proceso, consolida una cultura organizacional que garantiza la adecuada protección de los bienes, recursos y procesos de la empresa y asegura un manejo de los recursos en forma racional, óptima, integral, confiable, altamente participativa y a costo mínimo. Así mismo debe asumir un papel y responsabilidad claramente definida frente al desperdicio.

Lo anterior permite identificar las características generales de las personas involucradas en el proyecto, así como las percepciones, motivaciones y sugerencias que tiene frente a la gestión del desperdicio, reconociendo la conformación e interrelación entre los distintos equipos de trabajo, todo esto para generar las estrategias de sensibilización y comunicación que faciliten la implementación exitosa del proyecto en la entidad y la adecuada gestión del desperdicio durante su ejecución.

Para lograr lo anterior se pueden utilizar instrumentos como las entrevistas, la observación del comportamiento frente al desperdicio entre otras. Con los resultados obtenidos después de aplicar dichos instrumentos, se definen las estrategias de sensibilización que deben estar enfocada a reforzar el poder, el querer y el saber partiendo del hecho de reconocer que las personas son los artífices del cambio.

Se deben conformar equipos de trabajo con roles y responsabilidades definidas, constituir el Comité directivo del proyecto con roles y responsabilidades definidas que ayuden a dirimir conflictos, a tomar decisiones y a apoyar el proyecto, divulgar la metodología utilizada para hacer el análisis y valoración del desperdicio, analizar los ajustes y mejoras requeridas en la gestión de acuerdo con los cambios que hayan surgido en los sistemas de información y los ambientes tecnológicos, recolectar la información necesaria relacionada con las actividades de la

metodología teniendo en cuenta los controles que se implementan y buscan mejorar el escenario de trabajo y disminuir su impacto, aplicar la metodología teniendo en cuenta los ajustes y mejoras que hayan sido requeridas y que fueron el resultado del análisis de la misma, efectuar reuniones periódicas con los diferentes miembros del equipo de trabajo para conocer el estado de avance del análisis y valoración, analizar la información y validar los resultados obtenidos de acuerdo con la metodología aplicada, así como estructurar el informe final del análisis y valoración de actividades.

3.4 LA ESENCIA DE LA PÉRDIDA DE PRODUCTIVIDAD

Los administradores consideran a veces la toma de decisiones como su trabajo principal, porque constantemente tienen que decidir lo que debe hacerse, quién ha de hacerlo, cuándo y dónde, y en ocasiones hasta cómo se hará. Sin embargo, la toma de decisiones sólo es un paso de la planeación, incluso cuando se hace con rapidez y dedicándole poca atención o cuando influye sobre la acción sólo durante unos minutos.

Las condiciones en las que los individuos toman decisiones en una organización son reflejo de las fuerzas del entorno (sucesos y hechos) que tales individuos no pueden controlar, pero las cuales pueden influir a futuro en los resultados de sus decisiones.

El impacto de hechos se deja sentir ineludiblemente en la reducción del desperdicio en la ejecución de los proyectos. Los administradores y demás empleados involucrados en los proyectos y la planeación pueden sentirse fuertemente presionados a identificar tales hechos y sus impactos, especialmente cuando es probable que ocurran.

Con demasiada frecuencia, los gerentes deben basar sus decisiones en la limitada información de que disponen; de ahí que el monto y precisión de la información y

el nivel de las habilidades de conceptualización de los individuos sean cruciales para la toma de decisiones acertadas.

Las condiciones en las que se toman las decisiones para reducir el desperdicio se eslabonan en torno a:

Figura 3. Pérdida de productividad



Fuente:

http://www.construdata.com/bancoconocimiento/c/construccion_sin_perdidas/construccion_sin_perdidas.asp_ Consultado: Agosto 13 de 2012

Los anteriores factores de pérdida en la productividad han llevado a que los sistemas de producción sin pérdidas o gestión del desperdicio vayan progresivamente migrando aguas arriba y abajo en la cadena de valor, introduciéndose en el diseño, contratación, ejecución de la obra, suministro, subcontratación, etc., y modificando sustancialmente las relaciones entre los diversos participantes. De este modo, se ha producido una evolución desde la mejora del desempeño en la fase de construcción, hasta cubrir el conjunto de etapas y fases del ciclo de vida de la infraestructura.

No obstante, la aplicación del pensamiento Lean se requiere la integración a la planeación de los proyectos de construcción y el compromiso de la alta dirección para garantizar su aplicación continua en todos los proyectos, como ventaja competitiva sostenible en el mercado en el que participan. Las empresas deben renunciar a los modelos y paradigmas tradicionales y deben ir más allá buscando la gestión integral de los diferentes procesos de negocio internos.

3.5 DESPERDICIO DE MATERIALES

El concepto de desperdicio en general es similar es definido por Ghio ¹⁶ como aquella actividad que tiene un costo pero que no le agrega valor al producto final, aspecto que comparte Formoso, agregando que corresponde a la “ineficiencia que se refleja en el uso de equipos, mano de obra y materiales en cantidades mayores a aquellas necesarias para la construcción de una edificación”. ¹⁷

Paliari ¹⁸ plantea que las pérdidas son un concepto relativo por cuanto se debe establecer un rendimiento estimado o aceptable de los recursos, considerando así como desperdicio a todo lo que supere este límite, utilizando para ello los consumos promedio del sector como situación de referencia, sin embargo, este criterio deja dudas dado que cada obra tiene características propias (tecnología, tipo de mano de obra, procedimientos, etc.).

Schenini, por su parte sostiene que los desperdicios son “todo aquello que diferencia a la obra ejecutada de la obra perfecta” o la de Conwat Quality quien

¹⁶ GHIO, Virgilio “Productividad En Obras De Construcción: Diagnostico, Critica y Propuesta” Buenos Aires, 2009

¹⁷ FORMOSO, Carlos T; SOIBELMAN, Lucio ET AL “Material Waste In Building Industry: Main Causes And Prevention” en Journal Of Construction Engineering And Management, Julio/Agosto 2002

¹⁸ PALIARI, José Carlos; LEMES DE SOUZA, Ubiraci “Sistema Gesconmat:A Redução Das Perdas De Blocos” en ENTAC 2006

plantea que son “la diferencia entre las formas como las cosas se hacen ahora y la forma como podrían ser hechas si todo fuera perfecto.”¹⁹

De los anteriores conceptos, se deduce que es necesario considerar las características particulares de cada proyecto y de cada etapa del mismo al analizar los desperdicios (circunstancias, procedimientos constructivos, equipos, calidad de la mano de obra, etc.). Ello indica que se debe realizar el contraste con la situación ideal, de esta manera se puede mantener el control de la brecha que existe entre lo real y lo perfecto, lo que contribuye al análisis de las causas de estos desperdicios. Sin embargo, no en todas las partidas se puede definir una situación ideal fácilmente.

La respuesta adecuada en estos casos debe estar en los documentos técnicos (especificaciones, planos, memorias descriptivas). Con el apoyo de esta información se debe determinar la cantidad necesaria de material que se debe utilizar para lograr la fabricación del producto final de acuerdo a los estándares de calidad requeridos por el cliente.

En caso no se encuentre la información necesaria en los documentos técnicos quedara a criterio del equipo de obra determinar los consumos ideales en base a su experiencia.

De las definiciones anteriores se concluye que desperdicio de materiales es todo consumo de recurso material en cantidades mayores a las necesarias para la elaboración de un producto de construcción de acuerdo a las especificaciones reflejadas en los documentos técnicos o a los criterios establecidos por los encargados de obra.

¹⁹ SCHENINI, Pedro Carlos; ZUCCARELLI B., Antonio Marius “Gestão de Resíduos da Construção Civil” en COBRAC 2004

3.5.1 Clasificación del desperdicio de materiales

El método de clasificación más difundido es el utilizado por la empresa TOYOTA, dentro del marco de su sistema de producción, el cual se basa en la eliminación total de las pérdidas ocurridas durante el flujo del proceso productivo, de acuerdo a:²⁰

- a. Pérdidas por superproducción: Se refiere a los desperdicios de recursos generados por la fabricación de productos en mayor cantidad a la necesaria.
- b. Pérdidas por transporte: Se hace referencia a los gastos innecesarios en los que se incurre al transportar recursos de una ubicación a otra ya que esta actividad no agrega ningún valor al producto final, por lo que se recomienda disminuirla al máximo.
- c. Pérdidas por almacenamiento: Son los costos en los que se incurre por ocupar el espacio de almacenamiento y el riesgo de pérdida o destrucción del material almacenado.
- d. Pérdidas por movimiento: Se refiere a los movimientos innecesarios realizados por los trabajadores durante la ejecución de sus labores.
- e. Pérdidas por espera: Está compuesto por aquellos periodos de tiempo en los cuales los recursos generan gasto pero no están siendo utilizados debido a diferentes motivos.

²⁰ PIRES, Rosa "Perdas Na Construção Civil: Diretrizes E Ferramentas Para Controle" Porto Alegre, 2001

- f. Pérdidas por productos defectuosos: Son los costos adicionales en los que se incurre cuando un producto no ha sido fabricado de acuerdo a las características de calidad solicitadas por el proyecto.

- g. Pérdidas del propio proceso: Se refiere a actividades que no son necesarias para lograr el producto final según las especificaciones solicitadas y que están incluidas dentro del proceso mismo.

Las anteriores especificaciones han sido determinados considerando los desperdicios que se pueden encontrar en un proceso industrializado típico, sin embargo es necesario encontrar una mejor aproximación a la industria de la construcción por ser un sector con características muy particulares en el uso de sus recursos (layouts variables, distintos proveedores entre proyectos, procesos poco industrializados, etc.). Esta visión de las perdidas tiene el inconveniente de presentar solo factores externos (proveedores, fabricantes, proyecto, etc.) como posibles causantes de desperdicio, los cuales no pueden ser manipulados con facilidad por los responsables de obra para mejorarlos.²¹

Skoyles & Skoyles,²² manifiestan que existen dos tipos de desperdicio, la perdida directa, este desperdicio es el más evidente y el más sencillo de diagnosticar, se refiere básicamente a todo el material que es eliminado de la obra como desmonte, el cual se ocasiona cuando existen procesos improductivos que generan residuos excesivos, perjudiciales para el proyecto de diversas maneras. Además del costo generado por la compra, almacenamiento, transporte y manipulación de un material que termina siendo eliminado de la obra, se deben considerar los costos adicionales en los que se incurre para la limpieza de la obra y para la disposición final de los desperdicios, los cuales contribuyen a la

²¹ BOSSINK, A.G; BROUWERS, H.J.H “Construction Waste: Quantification And Source Evaluation” en Journal Of Construction Engineering And Management, Marzo 1996.

²² COSTA, Adriano L; FORMOSO, Carlos T. “Perdas Na Construção Civil – Uma Proposta Conceitual e Ferramentas Para Prevenção” en ENTAC 1998.

contaminación del medio ambiente, existiendo el peligro de que junto con el desmonte se eliminen materiales con componentes nocivos.

El segundo tipo de desperdicio es el indirecto, el cual se refiere a todo material que es colocado dentro de la obra sin que esté considerado en los planos o especificaciones técnicas del proyecto. Bajo esta categoría se pueden encontrar a los espesores excesivos de tarrajeo, el uso de materiales de mayor calidad, características distintas o el material que se consume en trabajos que no han sido considerados en la propuesta inicial pero que son necesarios para el desarrollo del proyecto.

Este tipo de desperdicio podría asociarse con un defectuoso control de calidad dentro del proyecto, ya que como se puede apreciar en todos los casos se refiere a utilizar material adicional para esconder fallas en algún producto, o cambiar las características de un material especificado para algún trabajo por otro de calidad superior innecesariamente.

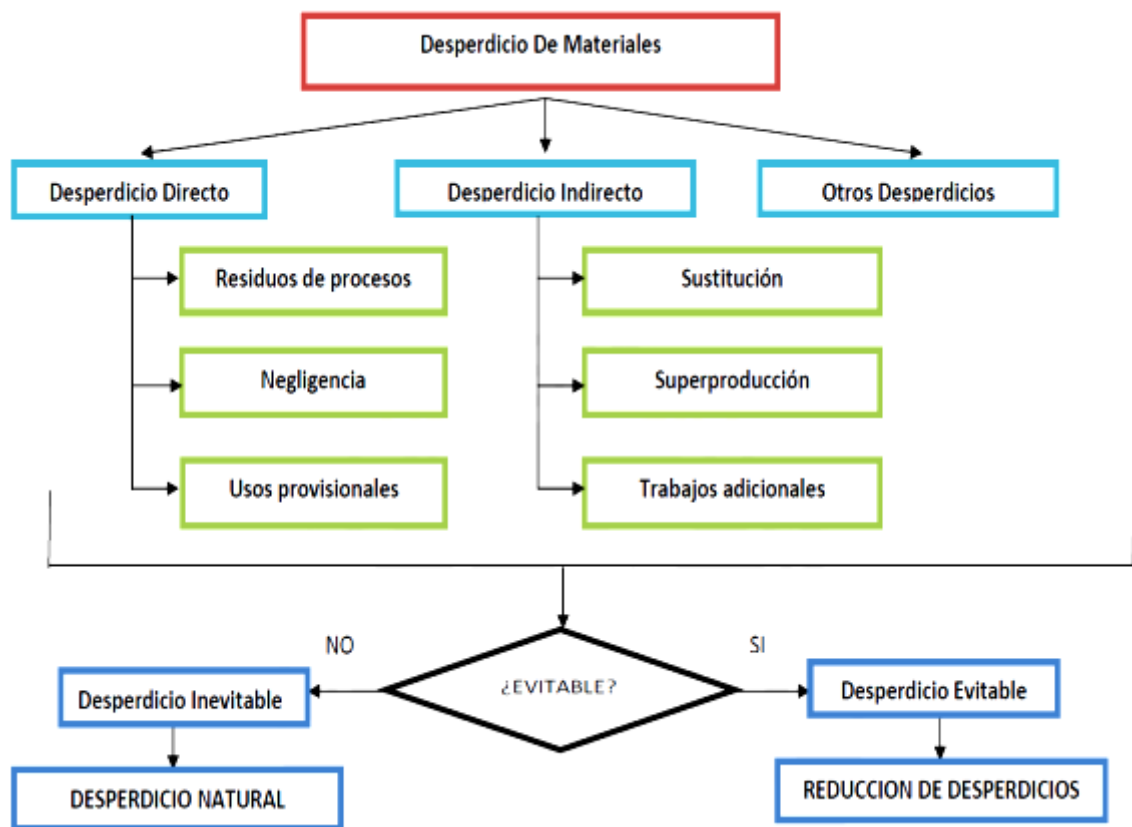
Los mismos autores sugieren una nueva clasificación de los desperdicios en función a la capacidad de las empresas constructoras para minimizarlos, si bien es cierto esta característica es relativa, resulta importante al momento de evaluar la posibilidad de mejorar procesos, los desperdicios entonces pueden conocerse como evitables (pérdidas evitables son aquellas cuyo costo de eliminación es menor que el costo de los desperdicios que generan) y los segundos, no evitables, aquellas cuyo control generara mayor gasto que el que generan por sí mismas.

Cabe resaltar una vez más que este concepto es muy relativo, un desperdicio no evitable en un proyecto puede ser a su vez evitable en otra obra si es que las circunstancias (tecnología, costo de los materiales, etc.) se modifican.

De acuerdo a las definiciones dadas por los autores relacionados, el desperdicio de materiales se clasifica en tres grandes categorías:²³

- a) Desperdicio Directo: Son los residuos de materiales que se eliminan de la obra como desmonte.
- b) Desperdicio Indirecto: Son los materiales que se incluyen dentro de la obra sin que este indicado en los documentos técnicos del proyecto.
- a. Desperdicios imprevistos: Son los causados por motivos extraordinarios como robo, vandalismo, etc.

Figura 4. Desperdicio de materiales



Fuente: Autoras

²³ COSTA, Adriano L; FORMOSO, Carlos T. "Perdas Na Construção Civil – Uma Proposta Conceitual e Ferramentas Para Prevenção" en ENTAC 1998.

El desperdicio directo a su vez puede dividirse en tres subcategorías. *Residuos de proceso* (material sobrante que generan los procesos constructivos), pérdidas directas por negligencia (material que es desperdiciado debido a malas prácticas en el manejo del mismo), y material desperdiciado debido a usos provisionales (materiales que se pierden debido a que no se encuentran cumpliendo las funciones para las que fueron diseñadas).

El desperdicio Indirecto por su parte, también tiene tres subcategorías, indirecto por sustitución (cuando se utiliza un material de mayor calidad en reemplazo de otro, sin sustento técnico), indirecto por superproducción (se fabrica un producto final de dimensiones mayores a las solicitadas por los documentos técnicos).

Finalmente se deben considerar los desperdicios debido a trabajos adicionales, que corresponden a material que se generan debido a actividades que no se consideraron inicialmente en el proyecto pero que sin embargo deben ejecutarse para completar los trabajos solicitados.

Es necesario subrayar, tal como indica el gráfico que cualquiera de los desperdicios descritos anteriormente puede ser considerado como desperdicio evitable o no evitable. Si los costos necesarios para eliminarlos son superiores a los costos que generan los desperdicios, en ese caso se les considera no evitables y pasan a ser un desperdicio natural. Sin embargo, existen maneras menos costosas de eliminar un desperdicio y la acción correctiva está justificada en comparación con el costo que originan las pérdidas se procede a tomar las medidas necesarias para combatir el problema.

3.5.2 Causas de desperdicio de materiales

Para identificar las causas de los desperdicios es fundamental para plantear una estrategia de disminución de los mismos, se debe determinar el problema raíz,

para poder analizarlo y plantear la mejor forma de eliminarlo. Existen diversas propuestas y análisis respecto a las posibles causas de los desperdicios, hay que tenerlas en cuenta ya que la recopilación de esta experiencia servirá de mucho cuando haya que analizar los problemas particulares que afecten los proyectos.

Los factores que pueden afectar la productividad de las obras se relacionan con:²⁴

- Cuadrillas sobredimensionadas: Utilizar mayor cantidad de personal que lo necesario produce que no todos los integrantes del equipo trabajen a su máxima capacidad, así mismo conlleva a desinterés en el cuidado de los materiales y equipos.
- Falta de supervisión: La falta de control sobre la mano de obra puede traducirse en bajos rendimientos del personal. Así mismo implicara un mal uso de recursos como materiales y equipos (especialmente cuando han sido subcontratados)
- Deficiencias en el flujo de materiales: Produce pérdida de tiempo y falta de control en la cantidad y calidad de materiales que serán trasladados a la zona de trabajo, así mismo se sub-utilizan equipos de forma inadecuado para el traslado de recursos cuando esta operación no ha sido planeada eficientemente.
- Mala distribución de instalaciones en obra: Se refiere a los obstáculos que se interponen en el recorrido del personal para el acarreo de material o un layout ineficiente en cuanto a la ubicación de elementos claves como sanitarios, almacén, etc.

²⁴ COSTA, Adriano L; FORMOSO, Carlos T. "Perdas Na Construção Civil – Uma Proposta Conceitual e Ferramentas Para Prevenção" en ENTAC 1998.

- Actitud del trabajador: La disposición de los trabajadores para realizar sus tareas es un elemento clave ya que finalmente son ellos los que utilizan los recursos dispuestos en la obra. (tiempo, materiales, equipos)
- Falta de manejo en campo: Mala coordinación del trabajo de cuadrillas puede provocar un cruce de actividades de dos equipos distintos, una mala distribución de recursos, ejecución de trabajos no planificados, etc.
- Mala calidad: genera fallas que se traducen en re trabajos o correcciones.
- Deterioro de trabajos ya realizados: Se consumen recursos para volver a fabricar un producto que ya se encontraba listo, y que fue deteriorado por negligencia.
- Cambios en los diseños: Si es que no se informan con un plazo significativo no permiten un buen planeamiento para su ejecución, lo que ocasiona perdida por un mal manejo de los recursos. Puede ser además que la nueva información no esté completa.
- Falta de programación y control en el uso de los equipos: Esto produce un mal uso de los recursos priorizando en muchos casos ciertas actividades en lugar de beneficiar al flujo de todo el proceso.
- Trabajos lentos: Generados en su mayoría debido a una excesiva manipulación de equipos y materiales, así como demoras producidas por los propios trabajadores.
- Falta de diseño de los procesos constructivos: Debido a las diferentes circunstancias que se dan entre las distintas obras que no son consideradas antes de iniciar los trabajos.

Respecto de los materiales, los motivos que ocasionan pérdida de materiales para los recursos más valiosos utilizados en obra se relaciona con:

- Concreto premezclado: propone cuatro posibles causas de desperdicio para este material. En primer lugar se menciona a la diferencia entre la cantidad entregada y la solicitada, esta situación se da por fallas en los sistemas de calidad de los proveedores lo que podría ser imperceptible si es que no se mantiene un seguimiento adecuado de la cantidad de concreto que se ha entregado efectivamente en obra.²⁵
- Uso de equipos en mal estado (bombas, encofrados, tuberías) que facilitan la filtración de material, así mismo se señala a los pedidos excesivos como un motivo importante de pérdida de material, en su propia investigación sobre desperdicio de materiales detecto índices de desperdicio de hasta 25% en algunos casos debido a este motivo.²⁶
- Espesor excesivo de los elementos estructurales debido a la falta de control durante la colocación de puntos de referencia o a un mal trabajo en la colocación del encofrado.

²⁵ SOIBELMAN, Lucio "As Perdas De Materiais Na Construção De Edificações: Sua Incidencia E Seu Controle" Porto Alegre, 1993

²⁶ PIRES, Rosa "Perdas Na Construção Civil: Diretrizes E Ferramentas Para Controle" Porto Alegre, 2001

4. PROCESOS DE GESTIÓN DEL DESPILFARRO EN OBRAS DE MANTENIMIENTO DE LA MALLA VIAL SECUNDARIA DEL DEPARTAMENTO

A pesar de que la industria de la construcción es una actividad de vital importancia para el desarrollo del país, al poner en marcha las obras de infraestructura que le hacen competitivo, es uno de los sectores que menor grado de desarrollo muestra, manifiesto por los sobrecostos, incumplimiento en los plazos de entrega, desperdicio de materiales, obras complementarias que se programan sobre la marcha, aspectos que inciden negativamente en la productividad y competitividad de las empresas ejecutoras.

Prueba de ello, es la lentitud de las obras que se ejecutan actualmente en la capital santandereana, tales como Metrolínea, viaducto la novena, intercambiadores viales en distintos tramos, doble calzada en el anillo vial, doble carril en el tramo Girón – Lebrija, para solo citar algunas de ellas, con el agravante que dichos proyectos los ejecutan las más grandes empresas constructoras del país.

Y qué decir de las pequeñas empresas que se encargan del mantenimiento vial de las carreteras secundarias del Departamento, donde los retrasos, las obras no contempladas o mal planeadas y el desperdicio están a la orden del día.

Dos son las razones que a primera vista se pueden esgrimir. Afán por conseguir los contratos y exceso de confianza. El primero explícito por la necesidad de hacerse a los contratos sin desarrollar un sistema de gestión que prevea equipo de trabajo, procedimientos, compras e inventarios, delegación de funciones, cronogramas de trabajo y controles para el cumplimiento de los fines propuestos.

Ejemplo de ello son, entre otros;

“Obra que no está bien planeada deriva en dificultades. Si no hay estudios completos, se licita con los ojos vendados”.²⁷

La Procuraduría ha manifestado tener casos en donde los proyectos se ejecutan sin haber aprobado los diseños básicos, en otros hay falsificación de documentos por parte de los contratistas con el fin de inflar su patrimonio y experiencia haciendo creer que sus empresas son más sólidas de lo que en realidad son.²⁸

En los contratos de la Ruta del Sol, ronda un espanto que nadie quiere despertar. Los rumores se ciernen sobre el cambio de trazado, aspecto que fue considerado por el oferente perdedor, quien en carta dirigida al Ministerio manifiesta que los \$200 mil millones de sobre costo en su oferta preveían esta situación. Puede ser un segundo COMMSA.²⁹ La Ruta del Sol, adjudicada hace apenas un año y medio, ya empezó a tener problemas. El constructor del tramo más importante dice que hay que cambiar los diseños, pues por donde le encargaron que la hiciera no se puede trazar una buena carretera.³⁰

Y en cuanto al segundo, existe excesiva confianza en la experiencia en el sector de las empresas constructoras menospreciando el conocimiento y las técnicas que pueden proveer un mejoramiento del sector, además de la poca innovación y desarrollo de sistemas de gestión y por esta razón, no se buscan mejores prácticas que busquen la eficiencia.³¹

4.1 LA MALLA VIAL SECUNDARIA DEL DEPARTAMENTO

La red Nacional de Carreteras, es la red vial, regulada dentro de las funciones del Ministerio de Transporte a través del Instituto Nacional de Vías “Invías” y sus direcciones territoriales,³² y en ocasiones delegadas a empresas privadas por concesión.

²⁷ EL TIEMPO. Juan Martín Caicedo Ferrer. Los Costos de la Contratación Pública en Colombia. Marzo 17 de 2011. P. 4D

²⁸ W RADIO COLOMBIA. El Carrusel de la Contratación en Bogotá. Julio Sánchez Cristo. Mayo 19 de 2012

²⁹ W RADIO COLOMBIA. Sánchez Cristo Julio. Octubre 02 de 2012

³⁰ www.semana.com. El Fantasma de Commsa. Consultado: Octubre 02 de 2012

³¹ VIGUER CASTELLÓ, Encarna. Identificación de Buenas Prácticas de Gestión de la Prevención de Riesgos en el Sector de la Construcción. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Valencia, España, 2001

³² Decreto 1735 de Agosto de 2001

El sistema está constituido por la red primaria (grandes troncales, a cargo de la Nación), red secundaria (a cargo de Departamentos y municipios) y red terciaria (constituida por carreteras terciarias o caminos vecinales, de penetración que comunican una cabecera municipal o población con una o varias veredas, o aquella que une varias veredas entre sí).

Mapa 1. Red vial de Colombia



Fuente: Invías

La red de carreteras del país es de alrededor 164.000 km de los cuales un 15% se encuentra pavimentado. De los 164.000 km, 16.776 son de red primaria, de los cuales 13.296 están a cargo del INVIAS, y 3.380 son concesionados por el Instituto Nacional de Concesiones “INCO”, (hoy Agencia Nacional de Infraestructura “ANI”); 147.500 km son de red secundaria y terciaria distribuidos así: 72.761 km a cargo de los departamentos, 34.918 a cargo de los municipios, 27.577 del Instituto Nacional de Vías, y 12.251 km de los privados. A su vez el país cuenta con 1109,1 km de dobles calzadas (autovías) para el año 2011.³³

³³ MINISTERIO DE TRANSPORTE. Diagnóstico del Sector Transporte. Enero de 2011

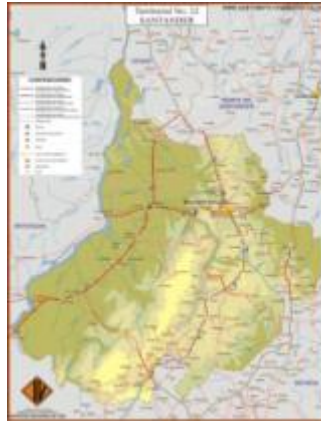
Esta distribución obedece a la descentralización de las labores de construcción y mantenimiento establecida por la Ley 105 de 1993, y Decreto 1735 de Agosto de 2001, la cual determinó que la Nación se haría responsable de la red Nacional o Primaria, definida como aquella que cumple la función básica de integración entre las principales zonas de producción y consumo del País, y entre éste y los demás países.

Así, la red Nacional está constituida por las vías “Troncales y Transversales” que inician su recorrido en las fronteras internacionales y terminan en los puertos de comercio exterior o en otras fronteras internacionales, y por las vías que unen las capitales de departamentos con otras vías “Troncales y transversales”, clasificación que corresponde también al tipo y calidad del flujo vehicular, entendido este como peso y volumen de afluencia, por lo que su mantenimiento también corresponde a unas características y calidades acorde al flujo vehicular, las cuales están avaladas y reconocidas por el Colegio Nacional de Ingeniería y la Sociedad Colombiana de Ingeniería.

Según lo estipulado en la mencionada ley, los departamentos y los municipios se harían cargo de las carreteras que por su localización y funcionalidad se designan como secundarias o terciarias, respectivamente.

El Departamento de Santander cuenta con una aceptable red de carreteras que conectan casi todos los Municipios. La carretera troncal pasa por Barbosa, Socorro, Bucaramanga y otras poblaciones con ramales a casi todos los núcleos urbanos. De Barbosa se desprende la carretera del Carare que llega hasta Puerto Olaya, pasando por Vélez y Cimitarra. Otras carreteras unen a Bucaramanga con Cúcuta, Barrancabermeja y Puerto Wilches; una vía cruza el oriente del Departamento pasando por las localidades de Capitanejo, San José de Miranda, Málaga, Concepción y El Cerrito.

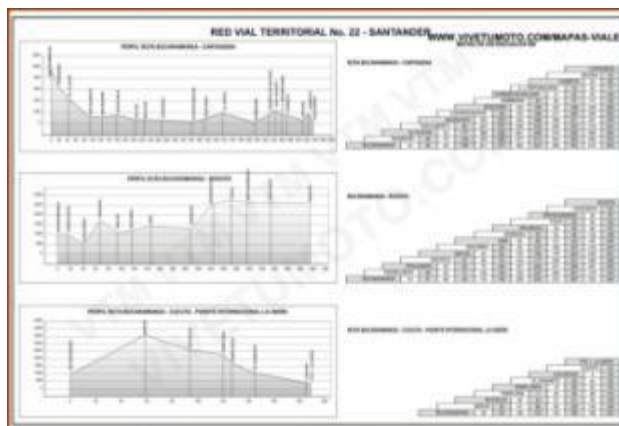
Mapa 2. Malla vial del Departamento de Santander



Fuente: Invías

Su localización, ofrece una especial condición geoestratégica en el contexto nacional, requiriendo para consolidarla, la construcción de la conexión vial Barrancabermeja- Cúcuta. En la actualidad son proyectos prioritarios del orden Nacional: (i) la construcción de la vía desde el Puente Guillermo Gaviria sobre el río Magdalena, hasta la Troncal de Magdalena Medio. (ii) La reubicación de la vía Barrancabermeja- Bucaramanga para la construcción del embalse del Rio Sogamoso. (iii) La construcción de la doble calzada, Bucaramanga- Cúcuta, hasta el límite con el Norte de Santander.

Figura 5. Red vial territorial de Santander



Fuente: Invías

El proyecto de construcción de la vía Bucaramanga- Cúcuta por el alto del Escorial, actualmente se encuentra aplazado por decisión del Gobierno Nacional, de manera que los esfuerzos a corto plazo se dedicarán a mejorar las condiciones de operación en la actual vía.

Respecto a vías aéreas y marítimas, el Departamento cuenta con el aeropuerto de "Palo Negro" el cual dispone de varios aeródromos, algunos de ellos con servicio regular. El río Magdalena es navegable para carga y pasajeros en algunos tramos del trayecto que baña el territorio santandereano y tiene en Barrancabermeja el principal puerto fluvial del Departamento; también los ríos Carare, Lebrija y Sogamoso son navegables en algunos sectores.

Tabla 2. Estado de la red vial del Dpto. de Santander

Red vial	Responsable	Longitud vial		Tipo de superficie					
		Km	%	Pavimento		Afirmado		Tierra	
				Km	%	Km	%	Km	%
Primaria	Invías e Inco	1.262,0	11.6	1.027,00	81.0	235,00	19		
Secundaria	Departamento	2.802,6	25.8	624,21	22.0	664,75	24	1.514,00	54.0
Terciaria	FNCV (Invías)	1.976,0	18.2	12,00	0.9	100,00	5	1.859,00	94.1
	Municipios y otros	4.810,0	44.3	17,00	0.2	0,00	0	4.798,00	99.8
Total red		10.850,6	100.0	1.680,21	15.0	999,75	9	8.170,64	75.0

Fuente: Invías

Su infraestructura vial exige el análisis de la red primaria (transversales y troncales) con 1.262 kilómetros de vías a cargo de INVIAS, de las cuales el 81% se encuentran pavimentadas y un 19% en superficie de afirmado. De la red secundaria (Vías que comunican los Municipios con las troncales y transversales del orden nacional) de competencia del Departamento, con un total de 2.802,6 kilómetros, tan solo el 22% se encuentra pavimentada el 24% en afirmado y el 54% en tierra.

La red terciaria (Veredal) comprende 6.786 kilómetros de vías que en el caso de Santander están bajo la responsabilidad de INVIAS y de los Municipios, dependiendo de la entidad que las haya construido, presentan un atraso considerable pues el 98.1% se encuentra en tierra, tan solo el 0.43% se encuentra pavimentada y un 0.01% en afirmado.

4.2 DESPERDICIO DE MATERIALES EN EL MANTENIMIENTO DE LA MALLA VIAL

Para efectos de aplicación de correctivos en la gestión del desperdicio de materiales en las obras de mantenimiento de la malla vial, se toma como referencia el trabajo de campo con atención en frentes de trabajo, tales como estabilización de taludes, deslizamientos, erosión, cunetas, soleras, fosos, contrafosos, y alcantarillas, los cuales deberán ser ampliados en estudios posteriores, de acuerdo a las siguientes consideraciones:

4.2.1 Estabilidad de Taludes de Cortes

Se clasifican en desprendimientos, deslizamientos, flujos, erosiones, entre otros.³⁴

a. Desprendimientos

Se refiere a la caída, prácticamente libre, tanto de masas rocosas como de suelos, las que usualmente no son precedidas por ningún movimiento lento. Afectan principalmente a rocas descompuestas que fallan según los planos más débiles; el caso más relevante en nuestro país corresponde al de los granitos descompuestos (maicillos) típicos de la Cordillera santandereana.

³⁴ SUÁREZ DÍAZ, Jaime. Manual de Ingeniería para el control de erosión” Universidad Industrial de Santander Bucaramanga- Colombia, 1992

En la actualidad no existen técnicas suficientemente avanzadas que permitan definir cuál es la inclinación del talud más adecuada. Esta carencia debe ser suplida por la experiencia, debiéndose tener en consideración que influyen en ella: el grado de meteorización, la presencia de estratos intermedios menos desintegrados, el afloramiento de aguas y la acción del medio ambiente, especialmente la intensidad y frecuencia de las precipitaciones.

Al diseñar taludes en este tipo de suelos, o para repararlos, resulta adecuado revisar cuidadosamente taludes semejantes que no hubieren fallado ubicados en las vecindades, y repetir esa inclinación; simultáneamente debe asegurarse el control de las aguas superficiales que escurren desde más arriba del coronamiento del talud y captar cualquier filtración que aflore.

En muchos casos, más que tender exageradamente el talud, exponiéndolo a la erosión, puede convenir construir una plataforma más ancha para crear una berma que recoja los desprendimientos moderados, evitando así obstruir la calzada. Algunos de los mecanismos que habitualmente conducen al desprendimiento son:

- Erosiones provocadas por aguas lluvias que escurren por el talud, en especial cuando tiene una altura considerable. La absorción de aguas lluvias que baja la resistencia al corte del suelo, el que, al secarse posteriormente, experimenta una contracción desigual en la masa provocando planos de falla.
- Subpresión provocada por afloramiento de aguas subterráneas. Esto ocurre con mayor frecuencia en taludes cuya cara se encuentra expuesta en dirección al viento predominante durante la precipitación.

Dependiendo del origen de la falla existen algunas soluciones para el problema, las que, en general, genera buenos resultados:³⁵

- En taludes de alturas mayores que 6 u 8 m, construir terrazas intermedias donde se capten y conduzcan las aguas que escurren por el talud.
- Siembra de vegetación mediante procedimientos que impidan que las semillas sean lavadas del talud antes de germinar
- Anclar al talud una malla de alambre (tipo bizcocho), que evite o controle los desprendimientos de los trozos mayores. Al evitarse los desprendimientos de material grueso se minimizan caídas de los de menor tamaño.
- Malla anclada complementada con un recubrimiento de mortero u hormigón proyectado. Esta solución ha dado muy buenos resultados pero, por su mayor costo, más que en cualquiera de las soluciones, es conveniente asegurarse de la estabilidad general del talud.
- Recubrir el talud con geogrillas y geocompuestos que permiten arraigar la vegetación y mantener la estabilidad del talud.
- Construcción de muros, gravitacionales de hormigón, mampostería o gaviones, de hormigón armado, de geotextiles y otros similares, destinados a recibir los desprendimientos que se producen.
- Construcción de muros de sostenimiento de tierras, de características similares a las descritas en el punto precedente, al pie del talud. Esta

³⁵ SUÁREZ DÍAZ, Jaime. Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Publicaciones UIS. Bucaramanga – Colombia, 2001

alternativa, que es probablemente la de mayor costo, debe reservarse para situaciones en que no es posible estabilizar el talud mediante otros procedimientos.³⁶

b. Deslizamientos

En los deslizamientos es una masa de suelo la que se mueve como resultado de una falla originada por una disminución de la resistencia al corte. La masa se desliza a partir de una superficie de falla, cuya traza superior normalmente queda marcada en la parte alta del corte y, dependiendo de la magnitud de la zona afectada, también se manifiesta en la plataforma del camino o, incluso, a cierta distancia por el lado opuesto del corte dañado.

Estas fallas tienen normalmente su origen en un diseño inadecuado o en un aumento de la humedad del suelo que origina una disminución de la resistencia al corte. Las soluciones para los deslizamientos suelen requerir de estudios especializados de mecánica de suelos, que obligan a levantamientos topográficos muy detallados del área afectada, así como de exploraciones y ensayos que permitan establecer las características y condiciones de los suelos afectados. Por lo tanto, la solución definitiva debe establecerse mediante un estudio realizado por profesionales especialistas. En todo caso, se deben poner en práctica las siguientes medidas:³⁷

- Desviar todas las aguas que estuvieran escurriendo hacia el área afectada, e incluso en sus inmediaciones.

³⁶ NIÑO, A; VARGAS G. Geología y Geotecnia de la escarpa Noroccidental de la Meseta de Bucaramanga. Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander, 1992

³⁷ SUÁREZ DÍAZ, Jaime. Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Publicaciones UIS. Bucaramanga – Colombia, 2001

- Construir un sistema de captación y conducción de las aguas que, durante una precipitación, pudieran escurrir hacia la zona afectada. En especial se debe cuidar que ellas no penetren por la parte alta del deslizamiento.
- En ciertas ocasiones puede ser eficaz impermeabilizar ya sea la parte alta del corte o toda la masa que se deslizó, como una manera de impedir que nuevas precipitaciones agraven el problema. Normalmente se impermeabiliza recubriendo la zona con láminas de polietileno. También es conveniente sellar cualquier grieta que presente el suelo y que pueda servir como zona de infiltración del agua.
- Cuando existan cortes altos, excavados en suelos de las características de los descritos y si, además, la zona es lluviosa, se puede prevenir en cierta medida la ocurrencia de estos fenómenos, inspeccionando las partes altas de los cortes con alguna frecuencia y, en especial, después de finalizada una precipitación intensa.

En general estos deslizamientos son precedidos por pequeños movimientos, que pueden detectarse por los «escalones» que forman en el terreno natural por sobre el coronamiento del corte. También ayuda a prevenir un deslizamiento, remover de la parte alta del corte la capa vegetal superior, siempre que tenga un espesor más o menos considerable (1 m o más). Esta capa normalmente absorbe una cantidad importante de agua, que luego traspasa al suelo subyacente.

c. Flujos

Existen deslizamientos que presentan un flujo seco que son fácilmente reconocibles, pero casi imposibles de predecir. Ocurren con más frecuencia en suelos tipo arenas uniformes, limos de textura uniforme y rocas fragmentadas,

tales como los conos de rodados. Se activan por movimientos sísmicos, vibraciones o debilitamientos del talud causados por erosiones.

En las arenas finas y limos son más usuales los deslizamientos del tipo flujo húmedo, los que se generan por una saturación del suelo que le hace perder resistencia. Normalmente ocurren después de una precipitación intensa o de un derrame considerable de agua en la parte superior del corte.

Las soluciones para este tipo de falla son similares a las descritas para los deslizamientos y consisten, fundamentalmente, en controlar y conducir las aguas fuera de la zona afectada y evitar que penetre más agua.³⁸

d. Erosiones

Por erosiones debe entenderse la formación de cárcavas o cauces en el plano que conforma la superficie del talud y que son provocados por el escurrimiento de aguas superficiales. Normalmente este tipo de falla no compromete la estabilidad general del talud, sin embargo, como los suelos arrastrados suelen obstruir las obras de drenaje de las inmediaciones, provocan fallas graves en otros lugares. Las soluciones más comunes a este tipo de problemas se relacionan con:

- Construir un sistema de captación y conducción de las aguas que escurren durante una precipitación desde el coronamiento del corte hacia el talud.
- En taludes de alturas mayores que 6 u 8 m, construir terrazas intermedias donde se capten y conduzcan las aguas que escurren por el talud.
- Sembrar con vegetación, mediante procedimientos que impidan que las semillas sean lavadas del talud antes de germinar

³⁸ NIÑO, A; VARGAS G. Geología y Geotecnia de la escarpa Noroccidental de la Meseta de Bucaramanga. Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander, 1992

e. Estabilidad de Terraplenes

Un terraplén bien diseñado y bien construido no debiera fallar por deslizamiento, de manera que esa falla no se analiza pero, en caso que ocurriera debería tratarse en forma similar que los deslizamientos de cortes. Comúnmente se producen en los terraplenes se pueden clasificar agrupándolas en seis tipos: erosión y deslizamientos locales, corrimientos por apoyo en planos inclinados (laderas de cerros), asentamiento por disminución de huecos del suelo del terraplén, hundimientos por consolidación del suelo de fundación, flujo plástico del suelo de fundación y asentamiento por vibraciones y licuación del suelo.

f. Erosión

La erosión de los taludes de un terraplén, que normalmente no afecta la estabilidad general de la obra, es similar al fenómeno descrito para los taludes de cortes, salvo que el origen habitualmente se encuentra en fallas del drenaje superficial; en terraplenes altos y construidos con suelos muy erosionables el fenómeno puede producirse por la sola acción de la precipitación que cae directamente sobre él. La forma de solucionar esta falla es reparando y/o complementando el drenaje superficial y, en el caso de terraplenes altos, sembrando el talud para que arraigue la vegetación.

4.1.2 Cunetas, Soleras, Fosos y Contrafosos

a. Cunetas revestidas.

Los principales problemas y fallas que impiden el funcionamiento adecuado de estos elementos son: ³⁹

³⁹ MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS DE CHILE. Manual de Carreteras, volumen 7. Santiago de Chile, Diciembre 2000

- El desnivel que se produce entre una berma no tratada y el revestimiento, que impide el ingreso de las aguas a la cuneta.
- Embanques provocados por derrames de suelos desde los taludes de los cortes y por la basura arrastrada por las aguas y los elementos vertidos por los usuarios.
- Juntas de construcción mal selladas y las grietas que pudieran existir en igual condición.
- Embudos de descarga, que son elementos complementarios a las cunetas revestidas y que son, probablemente, el punto más débil del sistema, fallando con cierta frecuencia y siempre causando daños muy severos.

b. Cunetas no revestidas

Las principales fallas que se originan en las cunetas excavadas en la plataforma del camino son: ⁴⁰

- Pérdida de la sección de escurrimiento por derrames de suelos provenientes de los taludes de cortes.
- Embancamientos por acumulación de suelos finos, tramos erosionados y depósitos de materiales arrastrados por las aguas o vertidos por el público.

Al reparar estos elementos debe tenerse en consideración que, en general, la sección original de escurrimiento responde a una necesidad hidráulica, por lo que es conveniente mantenerla lo más parecida que sea posible a la original.

⁴⁰ MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS DE CHILE. Manual de Carreteras, volumen 7. Santiago de Chile, Diciembre 2000

También conviene tener en consideración algunos criterios sobre seguridad vial, que indican que las cunetas de sección triangular no deben tener un ancho total superior a 2,4 m (para anchos mayores de 2,4 debe utilizarse una sección trapezoidal), y que las inclinaciones de los lados, taludes, deben ajustarse a una determinada relación, de manera que un vehículo que ingresa a ella no pierda el control. Así por ejemplo, según este concepto, si al lado adosado a la berma de una cuneta en “V” se le da una inclinación de 1:4 (V: H), en el opuesto no debe ser superior que 1:6 (V: H).

c. Soleras y soleras - cuneta

En relación con estos elementos es conveniente hacer presente que los criterios destinados a mejorar la seguridad en las carreteras señalan que, en general, no es conveniente colocar soleras ,incluyendo las montables, en carreteras de alta velocidad, que serían aquéllas donde se permite circular a 70 km/h o más. Las razones se encuentran en que estos elementos favorecerían los volcamientos o, a lo menos, la pérdida del control del vehículo.

Por las razones expuestas se recomienda prescindir de las soleras y de las soleras-cunetas en carreteras diseñadas para 70 km/h o más; en vez de soleras se pueden colocar cunetas en «V» que permitan que un vehículo pequeño pueda entrar y salir de ellas.

En general las soleras son los elementos de un sistema de drenaje que proporcionan el menor nivel de confianza, salvo cuando se colocan adosadas al borde de un pavimento. Las principales fallas que impiden su normal funcionamiento son:

La grieta que suele quedar o formarse a lo largo de la unión entre una berma, granular o revestida con un tratamiento asfáltico, y la solera. Las aguas que se infiltran por estas grietas, normalmente originan deterioros especialmente graves

cuando las soleras están destinadas a captar las aguas superficiales de una sección en terraplén. El origen de este problema puede encontrarse en una mala construcción, en la carencia o deterioro del sello entre cuneta y berma o en un asentamiento del suelo de fundación, similar al que se describe más adelante.

La acumulación de desechos, suelos y gravillas provenientes del tratamiento asfáltico de las bermas, disminuyen la sección disponible para los escurrimientos, generándose derrames de agua por sobre la solera con lo que se llega a una situación similar a la descrita en el párrafo anterior.

Asentamientos de tramos emplazados en secciones en terraplén. Las soleras normalmente se emplazan al borde de la plataforma, en una zona que corresponde al denominado sobre ancho de compactación, faja para la cual no hay exigencias de compactación en las especificaciones de construcción. Es por ello que, con frecuencia, algunos tramos sufren asentamientos, muchas veces acompañados de desplazamientos y grietas, ello origina alguna de las fallas señaladas en los dos párrafos precedentes o las dos simultáneamente.

Para evitar que ocurra este fenómeno se debe excavar el borde del terraplén hasta alrededor de 1 m de profundidad y reconstruirlo, compactando por capas de espesor no superior a 0,20 m mediante una placa o rodillo pequeño que asegure que se ha tratado hasta el borde mismo. Otra solución es considerar durante la construcción del camino un ensanche del terraplén en todas las zonas donde se van a emplazar soleras.

d. Fosos, contrafosos y canales de descarga.

Los principales problemas que afectan estas obras corresponden a disminuciones de la sección de escurrimiento, provocadas principalmente por: ⁴¹

⁴¹ MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS DE CHILE. Manual de Carreteras, volumen 7. Santiago de Chile, Diciembre 2000

- Acumulación de sedimentos y basuras.
- Deslizamientos y/o erosiones en taludes y fondo.
- Agrietamiento del revestimiento y fallas de las conexiones con las obras de descarga.

En la reparación de estos conductos debe considerarse que, en general, la sección original de escurrimiento responde a una necesidad hidráulica, de manera que es conveniente reconformarlos dándoles una sección a lo menos igual a la que tenían. En la mayoría de los casos, sin embargo, la nueva sección resultará mayor que la original puesto que se debe procurar adaptarla, de la mejor manera posible, a las condiciones prevalecientes en el terreno.

e. Alcantarillas

Las alcantarillas y sus canales o cauces de entrada y salida presentan algunos problemas comunes, cualquiera sea el tipo de obra. Ellos consisten, fundamentalmente, en la acumulación de sedimentos y basuras en los conductos y las erosiones que a menudo sufren las fundaciones de los muros de boca, de entrada y salida, por lo que muchas veces no cumplen cabalmente la función de sostener los suelos de derrame para que no escurran hacia el cauce.

La limpieza de alcantarillas y sus cauces inmediatos es una de las tareas que debe programarse con una frecuencia adecuada a las condiciones locales, considerando principalmente: el régimen de precipitaciones característico del área, el nivel típico de la sedimentación en la zona de emplazamiento de los caminos por mantener y cualquier otro factor que pudiera incidir en la acumulación de materiales.

Para evitar erosiones a la entrada y/o salida de las alcantarillas, debe estudiarse la velocidad del escurrimiento y su capacidad erosiva en los suelos. A veces debe

eliminarse cualquier escalón descendente en la boca de salida, en otras basta con revestir una cierta longitud del cauce o, también, construir un muro (diente) enterrado que evite la erosión por debajo de la obra en la boca de entrada y la erosión retrógrada en la de salida.

f. Alcantarillas de láminas corrugadas

Los conductos de este tipo experimentan dos formas de deterioros: los que afectan la estructura y los que afectan el material. Los principales deterioros de tipo estructural son: ⁴²

- Deformaciones que les hacen perder su forma original.
- Abolladuras importantes que puedan afectar la estabilidad general de la obra.
- Fallas en las uniones, por la carencia de algunos pernos o porque el agujero se ha ensanchado impidiendo la efectiva unión entre las dos láminas.
- En los tubos flexibles la capacidad estructural depende parcialmente de la resistencia propia del material de que están formados; la mayor resistencia radica en que al deformarse bajo la acción de las cargas, el diámetro horizontal aumenta, presionando el terreno de los costados y, por lo tanto, creando un empuje pasivo que ayuda a soportar las cargas verticales.

Así, para que estas obras trabajen en la forma prevista es muy importante que conserven una forma adecuada y uniforme y que se encuentren rodeadas completamente por suelos densos y de buena calidad.

⁴² MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS DE CHILE. Manual de Carreteras, volumen 7. Santiago de Chile, Diciembre 2000

Los deterioros del material que se presentan con más frecuencia son la corrosión del revestimiento de zinc y la posterior oxidación de la lámina de acero, y la erosión producida por elementos abrasivos transportados por el agua. Para condiciones de suelos y aguas que se podrían denominar normales, es decir, no especialmente ácidas.

Para condiciones extremas, tales como desechos mineros y/o suelos muy ácidos, es conveniente solicitar un estudio especializado. La erosión provocada por elementos arrastrados por las aguas se mitiga utilizando tubos con un revestimiento bituminoso interior.

g. Alcantarillas rígidas

Se consideran alcantarillas rígidas, los tubos de hormigón, simple y armado y los cajones de hormigón armado. Al igual que los conductos flexibles, estos también experimentan las dos formas de deterioros: ⁴³

- Los que afectan la estructura
- Los que afectan el material

El deterioro de tipo estructural se manifiesta en roturas y grietas que, en el caso de las obras construidas con hormigón simple, pueden significar el colapso completo del conducto. Una falla estructural importante se suele producir cuando una de estas alcantarillas se instala en una sección mixta, parte en terraplén y parte en corte, sin tomar en consideración los efectos de las grandes diferencias de rigideces de los suelos de la fundación; normalmente aparece una grieta importante en todo el perímetro, en la posición de la zona de transición de corte a terraplén.

⁴³ MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS DE CHILE. Manual de Carreteras, volumen 7. Santiago de Chile, Diciembre 2000

Los deterioros del material se presentan como una desintegración de cierto espesor del hormigón que disminuye la capacidad estructural de la obra, con oxidación de las armaduras en el caso del hormigón armado. Cuando corresponda reemplazar una alcantarilla rígida, en especial si es de hormigón simple, cuya capacidad para soportar las cargas a que se verá sometida es normalmente desconocida, es recomendable siempre utilizar la denominada instalación en zanja, tal como se muestra en la Lámina

En este tipo de instalación, entre más estrecha es la zanja en relación al diámetro del tubo, menor será la carga que el suelo transmitirá al conducto. La limpieza y los procedimientos para evitar socavaciones no difieren de lo señalado para los tubos de láminas corrugadas; por su parte la reparación de deterioros en el hormigón armado

4.3 MANIFESTACIONES DEL DESPERDICIO DE MATERIALES EN OBRAS

La gran competitividad que existe en la actualidad en el rubro de la construcción civil obliga a las empresas pertenecientes a esta industria a buscar optimizar al máximo sus procesos, logrando la mayor productividad posible en el uso de sus recursos. Sin embargo, uno de los problemas más graves es tal vez la generación de gran cantidad de materiales.

4.3.1 Materiales

El incremento del desperdicio en la construcción es una realidad, que continuara ocurriendo a menos que las empresas constructoras tomen medidas para su control.

Además existe una consideración muy importante a tener en cuenta cuando se trata de mejorar la productividad de los materiales, el desperdicio de un recurso

generalmente viene acompañado del consecuente desperdicio de otros recursos asociados, es decir, si se está colocando mayor material del necesario (como el cemento o la arena también se están gastando horas hombre, herramientas y equipos para preparar la mezcla). Corregir la baja productividad del material contribuirá a la eliminación de trabajos innecesarios que consumen recursos de todo tipo.

En tal virtud entre los materiales que mayor incidencia tienen en el desperdicio en las obras de mantenimiento vial se tienen:

- Concreto y Cemento
- Grava
- Acero - Hierro
- Arena
- Ladrillo
- Madera

4.3.2 Servicios

- Mezcladoras
- Autobombas (dispersión de concreto)

4.4 DIAGRAMA CAUSA-EFECTO DEL DESPERDICIO DE MATERIALES

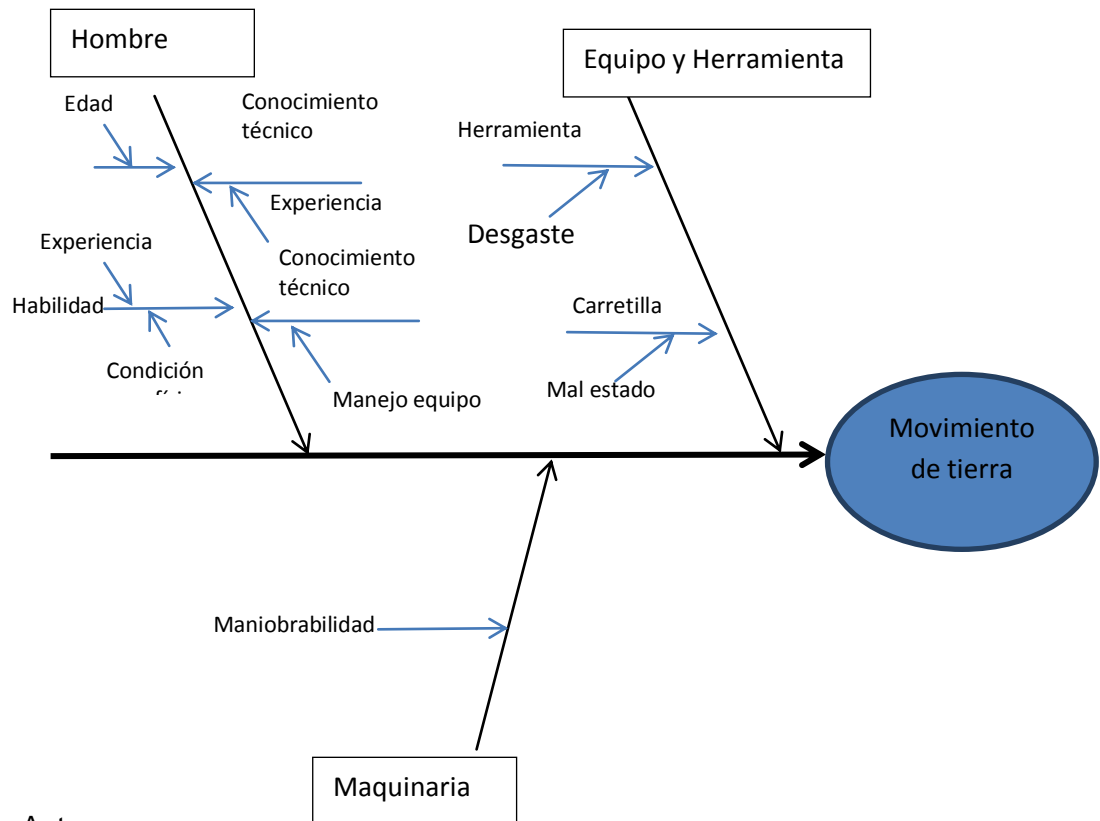
El diagrama de causa y efecto es una técnica de apoyo a la formulación de teorías acerca de las causas de un problema, explicando el comportamiento problemático de un sistema, de un proceso o de una función.⁴⁴ El mismo está destinado al análisis de las fallas en los trabajos de mantenimiento de la malla vial del Departamento.

⁴⁴ JURAN, J. M. Quality control handbook, 4a. ed., McGraw-Hill, Nueva York, 1974, p. 22-36.

4.4.1 Causa efecto: movimiento de tierra

El primer aspecto a considerar para determinar el desperdicio de materiales en obras de mantenimiento vial se relaciona con el movimiento de tierra, en el que intervienen además de la mano de obra, equipo - herramienta y maquinaria. Aunque se tenga plena confianza en la cuadrilla de trabajo, se debe hacer un control firme en el uso de su equipo, ya que el equipo y las herramientas son muy sensibles al desgaste por la intensidad de los trabajos, ocasionando retrasos en la ejecución de los mismos, o que se requiera de mayor cantidad de materiales, por actividades no contempladas, como se observará en la foto 1, donde herramientas de corte en mal estado generaran mayor cantidad de concreto.

Figura 6. Diagrama causa-efecto movimiento de tierra



Fuente: Autoras

Foto 1. Movimiento de tierras Tramo Curos - Málaga



Fuente: Autoras

- **Causas**

Como se deduce de la foto, se evidencian fallas relacionadas con equipo y herramienta por desgaste y mal estado de las carretillas y en equipo humano explícito en conocimiento técnico por experiencia en el manejo de equipos. Esta situación generalmente se presenta en empresas pequeñas que no disponen de inventarios suficientes de herramienta, ni tampoco de sistemas de inventarios sobre el estado de los mismos.

En la cuadrilla no se realiza control del estado de las herramientas que salen de almacén del contratista que son utilizadas para toda la semana. Tampoco se dispone de herramientas de reserva (palas, picas, barras, carretillas). La elaboración de inventarios generalmente se realiza una vez por semana, por lo que no se monitorean constantemente el estado de las herramientas.

Ello se debe a que no hay estabilidad en los equipos de trabajo presentándose alta rotación de trabajadores, y al deficiente control que aplican las empresas sobre el estado real de los equipos de trabajo (descuido, falta de herramientas).

Tampoco se realizan charlas de inducción relacionadas con las actividades a realizar y las condiciones del terreno, que para el caso corresponden a movimientos de tierra, de manera que los ajustes se van realizando sobre la marcha.

Foto 2. Herramientas

En la construcción y mantenimiento de caminos con uso intensivo de mano de obra, se usan herramientas manuales operadas por el obrero para producir los mismos resultados que las excavadoras y motoniveladoras pesadas en los trabajos basados en equipos. Por consiguiente, es obvio que es importante seleccionar y mantener sus herramientas correctamente.



Fuente: Autoras

El descuido en el desarrollo de una actividad conlleva a cometer diversos errores que afectan la productividad y la optimización de recursos, lo que genera pérdidas. La falta de equipo, su mal estado, afecta el rendimiento de la cuadrilla, tal y como se observa en la foto, donde por falta de carretilla se debe utilizar un tanque para el retiro de tierra.

El efecto de lo anterior también se ve reflejado en la maniobrabilidad de los equipos y herramientas de trabajo, ya que como se observa en la foto, el manejo de la mezcladora lo está realizando una sola persona, la herramienta se encuentra tirada, y hasta elementos de protección de un obrero. (Foto 3)

Foto 3. Maniobrabilidad del equipo de trabajo



Fuente: Autoras

En este caso particular el maquinista realiza la actividad de cargue y descargue de concreto solo. Par ello se requiere de una persona adicional para que realice el cargue de la máquina, así como para el retiro de la mezcla. Es preciso tener en cuenta que para la operación de la máquina se debe asignar personal capacitado para su manejo, revisar el nivel aceite en cada tanqueada, colocando el motor en el piso plano, nivelar y bloquear la máquina, además de verificar que el sentido de rotación del tambor sea en el sentido de las manecillas del reloj.

- **Frecuencia de ocurrencia**

La frecuencia de ocurrencia de retrasos en los trabajos por herramientas – equipo deficiente se presenta en las actividades diarias, por cuanto no se lleva un control sobre el estado de los mismos. Tampoco se dispone de herramientas de repuesto para suplir aquellas que por su estado no pueden ser utilizadas.

- **Solución para la relación causa-efecto: movimiento de tierra**

Realizar charlas de inducción antes de empezar las labores diarias para inducir responsabilidad, sentido de prevención y cuidado. En el caso de movimiento de tierras estas deben corresponder a condiciones del terreno, con lo que se ayudaría a prevenir accidentes

Se debe prever la cantidad de equipo y herramienta necesaria para las obras, en función de la cantidad de personal de la cuadrilla y el rendimiento de la misma.

Cuando planifiquen las actividades, de la semana se debe considerar:

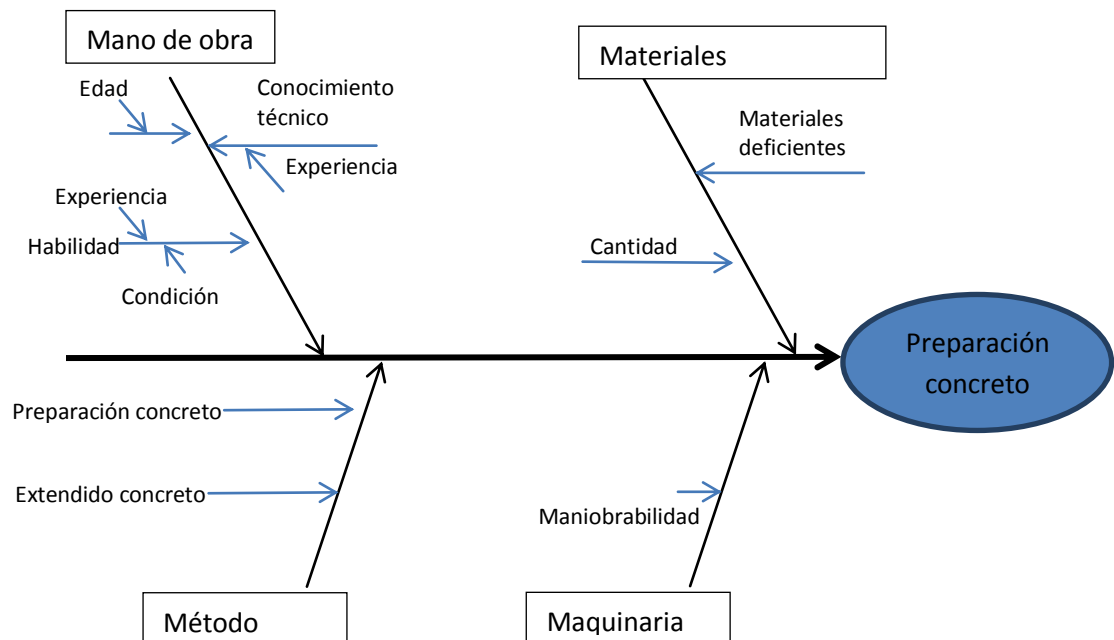
- Coordinación con las operaciones de campo de tal modo que los equipos / herramientas estén disponibles para el servicio regular sin llevar la obra a un estancamiento.
- Disponibilidad de herramienta/equipo necesario para suplir necesidades adicionales para que estén listos cuando sea requerido. El número y tipos de las herramientas y equipos requeridos depende, por supuesto, de la tarea y el número de trabajadores empleados
- El plan de servicios debe prepararse de tal manera que las operaciones de campo no se interrumpan. Por ejemplo, no deben repararse todo los equipos (mezcladoras) de un sitio particular en el mismo día, sino uno por uno, para que las operaciones puedan proseguir sin interrupciones.

- Una eficiente organización del trabajo con buenos sistemas de planificación, monitoreo y evaluación, son los requerimientos básicos para ejecutar una obra exitosamente.

4.4.2 Causa efecto: Vaciado deficiente con desperdicio tiempo mayor de trabajo

El diagrama causa – efecto del vaciado deficiente con desperdicio tiempo mayor de trabajo está compuesto por mano de obra, materiales, método y maquinaria. Generalmente en la preparación de concreto los operarios no tienen en cuenta la dosificación de materiales, los cuales se agregan de acuerdo al equipo que se disponga en obra tales como palas, baldes, carretillas.

Figura 7. Causa efecto: Vaciado deficiente con desperdicio tiempo mayor de trabajo



Fuente: Autoras

Los cuidados que se deben tener con la mezcladora antes, durante y después de la actividad diaria, se relacionan en la siguiente figura:

Figura 8. Cuidados con la mezcladora



Fuente: Autoras

Adicionalmente se debe tener en cuenta para la calidad del concreto la relación agua-cemento, revenimiento, contenido de aire y homogeneidad. Un cálculo aproximado de los porcentajes de desperdicio permitido en cada tipo de material usado en la obra, que debe ser tomado en cuenta en el cálculo de costos de la ficha de materiales. Dicho desperdicio dependerá en gran medida de las habilidades del operario, así como del control de desperdicios ejercido por los auxiliares. ⁴⁵

En virtud de lo anterior y teniendo en cuenta lo manifestado por Prodigy Network, Global Real Estate Strategies, ⁴⁶ los porcentajes de desperdicio de concreto en

⁴⁵ <http://www.imcyc.com/cyt/septiembre03/desperdicios.htm>

⁴⁶ PRODIGY NETWORK. Global Real Estate Strategies: Mejore su negocio de Construcción. El metrado del proyecto. Disponible en: es.scribd.com/.../porcentajes-de-desperdicio-de-materiales. Consultado: Septiembre 01 de 2012

obra para mezcla de concreto es del 5%. Este mismo porcentaje es confirmado en el documento titulado Porcentajes de desperdicio a emplear en materiales. ⁴⁷

Para Lucio Soibelman, ⁴⁸ el desperdicio va desde 0.75% hasta 25%. El valor esperado, de acuerdo con los libros, es de 5%. La razón no es que se esté extrayendo de la obra, es material que se incorpora, por ejemplo, en los espesores de las losas. En los sitios que se ven muy limpios se pensaría que la obra está manejada correctamente.

Cómo se observa en la foto 4, el desperdicio de concreto en el piso es evidente, tanto por la disposición de la carreta, como por la operación del equipo.

Foto 4. Preparación concreto



Fuente: Autoras

Una vez terminada la jornada, la mezcladora se debe lavar teniendo cuidado de dejar los sinfines de alimentación sin carga de cemento. Así mismo, debe limpiarse todo el equipo de la mezcladora y dejarlo a punto para el próximo día. Es

⁴⁷ <http://erods.files.wordpress.com/2009/09/costo-12.pdf>

⁴⁸ SOIBELMAN, Lucio. Desperdicios vs el control de los materiales. Disponible en: <http://www.imcyc.com/cyt/septiembre03/desperdicios.htm>. Consultado: Octubre 02 de 2012

muy importante verificar periódicamente el estado de las aletas mezcladoras, y llevar un control continuo de su mantenimiento, porque de esta condición depende la uniformidad de los concretos.

- **Causas del desperdicio**

Predomina la falta de coordinación en las actividades, en ocasiones el maquinista es el mismo que carga la máquina, generado demoras en las actividades diarias. El vaciado del concreto en el sitio genera contaminación de la mezcla, adicionalmente se agrega agua para facilitar el fraguado.

Foto 5. Maniobrabilidad del equipo de trabajo



Fuente: Autoras

- **Frecuencia de ocurrencia del desperdicio de concreto en mezcladora**

En las actividades diarias se presenta desperdicio de concreto, motivado por fallas en la comunicación con la cuadrilla de trabajo, o porque no se hace una correcta limpieza de la máquina al final de la jornada de trabajo.

- **Solución para la relación causa-efecto: preparación del concreto**

Inspeccionar la mezcladora de concreto antes de iniciar la operación de acuerdo al manual del fabricante, a los procedimientos de la organización, a las normas de seguridad laboral, salud ocupacional, higiene en el proceso de trabajo y protección al medio ambiente.

Establecer equipos de trabajo constante de manera que se deleguen funciones de acuerdo al tipo de trabajo que se desarrolle. De esta manera se garantiza mayor uniformidad en la cantidades de materiales a utilizar, tiempos de mezcla, así como vaciado del concreto en el punto de obra.

Los retrasos aumentan la pérdida de revenimiento y demandan la adición de agua para contrarrestarla. Cada una de las operaciones de acabado se deberá llevar a cabo tan pronto como sea posible una vez que el concreto esté listo para ello.

Foto 6. Vaciado del concreto



Fuente: Autoras

El concreto no deberá colocarse a mayor rapidez de la que pueda consolidarse y terminarse. Si la rapidez de colocación no se coordina con la fuerza de trabajo y con el equipo disponible, la calidad de la obra se verá afectada por juntas frías, consolidación insuficiente y acabados irregulares de la superficie. Una condición previa para las colocaciones de concreto en climas calurosos es el empleo de concreto con una consistencia tal que permita la colocación rápida y la consolidación oportuna eficaz y efectiva.

Para evitar la segregación debida a manipulación excesiva, el concreto debe ser colado en un sitio tan próximo a su posición final como sea posible.

La velocidad de colado del concreto debe ser tal que permita al concreto permanecer en estado plástico y fluir fácilmente en los espacios entre las barras de refuerzo.

El concreto que haya endurecido parcialmente o se encuentre contaminado por materiales extraños no puede colocarse en la estructura, no debe utilizarse concreto al que después de preparado se le adiciona agua para mejorar su manejabilidad, ni el que haya sido mezclado nuevamente después de su fraguado inicial, excepto cuando lo permita el supervisor técnico.

Una vez iniciada la colocación del concreto esta debe efectuarse de una manera continua hasta que se haya colado completamente el panel o sección, hasta sus límites o juntas de construcción predeterminadas, la superficie superior de concreto sobre la cual se colocara más concreto debe ser dejada a nivel.

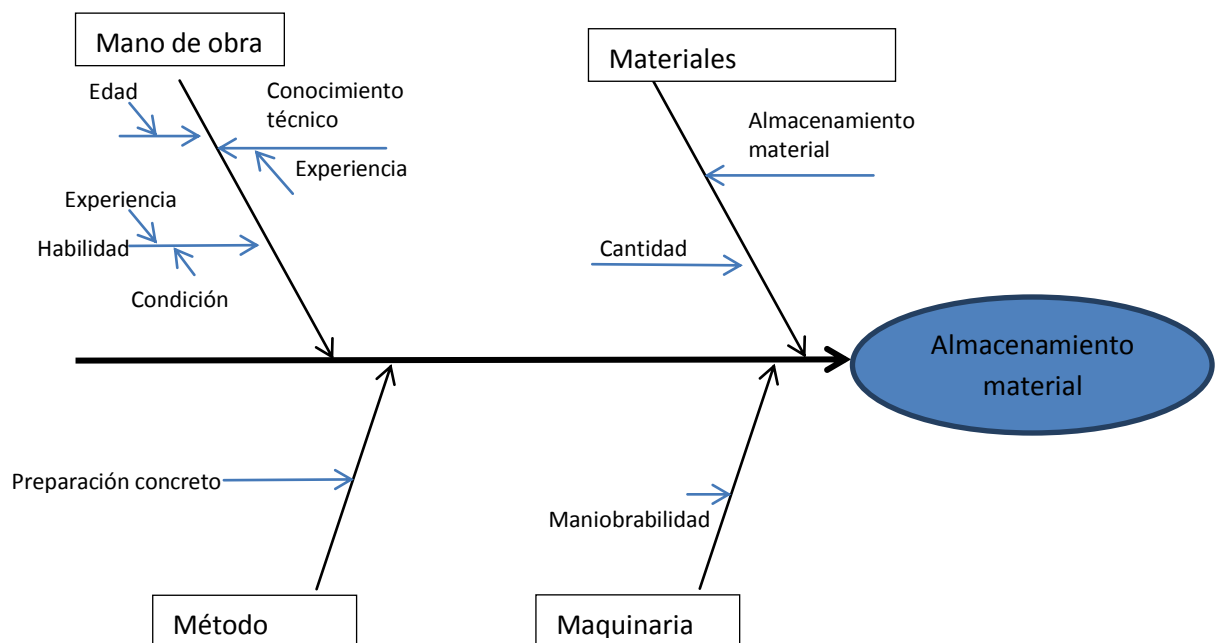
Las juntas de concreto deben compactarse cuidadosamente durante su colocación, utilizando medios que permitan su adecuada colocación alrededor del refuerzo, de los elementos embebidos y de las esquinas de las formaletas.

4.4.3 Causa-efecto: Almacenamiento de materiales

En el diagrama causa efecto para almacenamiento de materiales, intervienen la mano de obra, materiales, método y maquinaria, y contempla los procedimientos a seguir y medios materiales y humanos a utilizar para el movimiento de los materiales en obra. El manejo de materiales puede llegar a ser el problema de la producción ya que agrega poco valor al producto, consume una parte del presupuesto de manufactura. Este manejo de materiales incluye consideraciones de movimiento, lugar, tiempo, espacio, cantidad.

En el caso de obras de mantenimiento de la malla vial secundaria, tanto el movimiento, lugar, tiempo, espacio y cantidad son críticos por cuanto dependen del sitio de trabajo.

Figura 9. Causa efecto: Almacenamiento de materiales



Fuente: Autoras

En la foto 7 se corroboran los planteamiento expuestos anteriormente, porque como se observa los materiales son dispuestos al aire libre.

Foto 7. Almacenamiento de material



Fuente: Autoras

- **Causas del desperdicio por almacenamiento de materiales**

El manejo de materiales debe asegurar que las partes, materias primas, material en proceso, y suministros se desplacen periódicamente de un lugar a otro. El manejo de materiales debe considerar un espacio para el almacenamiento.

Los materiales de una obra deben ser correctamente almacenados y protegidos para evitar los daños, pérdidas y robos. Es muy normal que por las causas mencionadas, se produzcan pérdidas de materiales lo que afecta significativamente la productividad de una obra. Según Serpell,⁴⁹ debido al deficiente almacenamiento de los materiales, se producen pérdidas de materiales

⁴⁹ SERPELL B., Alfredo. Administración de operaciones de construcción. 2ª ed. México, D.F.: Alfaomega Grupo Editor, 2002. 291 p.

que alcanzan de un 10% a 20% del total de los materiales adquiridos. Igual procedimiento debe aplicarse a los equipos, que para el caso de la foto 8, no tiene ningún tipo de protección, permaneciendo al aire libre.

Foto 8. Materiales y equipo de trabajo



Fuente: Autoras

- **Frecuencia de ocurrencia del desperdicio por almacenamiento de materiales**

En una época de alta eficiencia en los procesos de construcción la disposición correcta de almacenamiento de materiales y equipos se convierte en una nueva prioridad en lo En una época de alta eficiencia en los procesos de construcción las tecnologías para el manejo de materiales se han convertido en una nueva prioridad, debiendo ser utilizados para incrementar la productividad y lograr una ventaja competitiva.

Sin embargo, dados los anteriores testimonios fotográficos se deduce que se presentan deficiencias en cuanto a planificación, control y logística, manejo físico, el transporte, el almacenaje y localización de los materiales.

- **Solución a la ocurrencia del desperdicio por almacenamiento de materiales**

Se considera un elemento esencial lograr un buen almacenamiento y protección de los materiales. Una manera de lograr esto es el diseño y planificación de la distribución de los materiales en centros de acopio, bodegas y áreas temporales dentro de la obra.

Para el almacenamiento de materiales, tanto en obra como en los almacenes, bodegas y centros de acopio, se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones clave:

- **Determinar los materiales necesarios para la actividad que se está realizando:** Primero, se debe determinar la naturaleza de los materiales a ser almacenados puesto que dependiendo cada tipo de material requiere condiciones diferentes de almacenamiento. Por esta razón, se debe primero determinar los tipos de materiales existentes para poder establecer la distribución y almacenamiento de los mismos.
- **Formas de almacenamiento:** El almacenamiento de materiales requiere de las operaciones tales como envío de materiales a obra, descarga, ordenamiento, provisión de condiciones de protección y pérdidas.

Cualquier movimiento asociado a los materiales debe tener presente tres tipos de almacenamiento:

- Áreas de almacenamiento temporal: Aquellas áreas cercanas a los puestos de trabajo y temporales donde se busca minimizar distancias. Si se planifican bien los materiales requeridos, estos pueden ser almacenados alrededor del puesto de trabajo tan pronto lleguen a la obra.
- Áreas de acopio de materiales: Áreas reservadas para almacenamiento externo de materiales de grandes dimensiones que no son tan afectados por las condiciones climáticas adversas. Por lo general, se seleccionan áreas de acopio por restricciones en los espacios disponibles, disponibilidad de materiales, tamaño del proyecto, etc.
- Bodegas: Pueden haber dos posibilidades: Bodegas para dar un servicio a los requerimientos del programa de construcción y bodegas que proveen ciertas condiciones ambientales a ciertos tipos de materiales.

Cuando se determina el tipo de materiales y la forma de almacenamiento de los mismos, entonces se puede proceder a determinar la cantidad de material a almacenar y por consiguiente, se puede establecer el tamaño requerido de las instalaciones.

Al usar los conceptos de la teoría de control de inventarios y la herramienta de clasificación de materiales, es posible calcular las cantidades necesarias en inventario para tener una ejecución de los trabajos libre de tropiezos. El tamaño de las instalaciones se encuentra afectado, entre otras, por los siguientes factores:

- Tamaño y tipo de proyecto
- Programación de obra y distancia de proveedores
- Disponibilidad de materiales en el mercado y programa de adquisiciones
- Tamaño y facilidad de movilización de los materiales almacenados
- Inventario de seguridad

5. METODOLOGÍA PARA LA REDUCCIÓN DEL DESPILFARRO EN LA PRODUCCIÓN Y COLOCACIÓN DE CONCRETO EN VÍAS SECUNDARIAS

Una metodología aplicada a la reducción del despilfarro en la producción y colocación de concreto en vías secundarias consta de cuatro ítems a saber:

- Identificación
- Evaluación
- Intervención
- Control

5.1 IDENTIFICACIÓN

En la etapa de identificación se trata de determinar cuáles son los materiales o las partidas que valdrá la pena controlar a lo largo del proyecto, este proceso puede realizarse tanto de manera cualitativa como cuantitativa. Las motivaciones para mantener control sobre un material pueden variar dependiendo de las características de las empresas y los proyectos u obra que se realice.

Una obra debe mantener control sobre un material por el costo que le puede ocasionar desperdiciarlo o eliminarlo, por el gran volumen de desmonte que representan los residuos, para asegurar la calidad de algunos procesos en donde puede estarse utilizando mayor material para corregir defectos, por la escasez del material en el mercado, para mejorar la productividad de la mano de obra, por el daño que puede representar para el medio ambiente la eliminación de algún material, etc.

En el caso particular de colocación de concreto en obras para vías secundarias se plantean dos objetivos muy claros, disminuir el volumen de desechos eliminados y obtener ahorros al producir menos desperdicio.

Bajo esta premisa se plantean dos formas de identificar los materiales a controlar. La primera fue por observación del desmonte que se estaba generando antes de iniciar el trabajo, esto con la finalidad de apreciar que tipo de materiales eran eliminados en mayor volumen y con mayor frecuencia. Así la reducción de estos desperdicios significaría reducir el impacto de la obra sobre el medio ambiente de manera importante y del mismo modo reducir el costo de eliminación del desmonte.

A continuación se presentan fotografías tomadas del desmonte existente en las obras para determinar los materiales que están siendo eliminados como desmonte (perdida directa):

Foto 9. Desmonte de las obras



Fuente Autoras

Foto 10. Desmonte de alcantarilla



Fuente: Autoras

En esta fotografía Vía Barichara – San Gil. Se puede apreciar, en primer lugar que el mayor volumen de desmonte es el generado por las actividades de albañilería (ladrillo, mortero, etc.) y en segundo lugar restos de concreto.

En las fotos superiores que corresponden al inicio de la obra A se pueden identificar unidades de ladrillo enteras y en buen estado, estas unidades se dejan abandonadas por la cuadrilla luego de su trabajo en un determinado sector de la obra, esto sucede como consecuencia del sobreabastecimiento de ladrillos en el piso, es decir, se despachan más de los necesarios para concluir con el trabajo de la jornada.

Del mismo modo el exceso de mortero proveniente de las sobras de los trabajos de asentado. Además de generar un gran volumen de desmonte traía consigo grandes dificultades para su eliminación, ya que se endurece rápidamente obligando a los ayudantes de limpieza a realizar un esfuerzo adicional para recogerlo al día siguiente. Los materiales significan cerca del 30 % del costo del proyecto, un valor incluso mayor que el porcentaje de la mano de obra en ambos

casos, lo que reafirma la necesidad de mantener un control detallado sobre los materiales que tienen mayor impacto en el presupuesto.⁵⁰ Respecto de los materiales, el desperdicio se genera en arena, concreto, ladrillo, hierro (varillas) almacenamiento de materiales, y estado de los equipos.

Foto 11. Causas de desperdicio de materiales



a. Arena



b. Ladrillo



c. Mezcla



d. Herramientas

Fuente: Autoras

⁵⁰ PIRES, Rosa "Perdas Na Construção Civil: Diretrizes E Ferramentas Para Controle" Porto Alegre, 2001

En la primera imagen de la foto 11, se observa desperdicio de arena por mal almacenamiento, en la segunda el estado de baldes que son utilizados para transporte de materiales (balde), en la tercera concreto desperdiciado al lado de una canaleta, y en la cuarta cemento a la intemperie y dotación de elementos de seguridad (caso) botados en la obra.

Los manuales indican que el costo de los materiales para una obra es del 30%, y el desperdicio de materiales es de un 5%. A ello se debe agregar dentro del concepto de desperdicio, el tiempo. Entre un 20% a 30% del tiempo de un operario es perdido debido a la falta de herramientas y materiales y, aproximadamente 2 horas de su jornal las pierde obteniendo los materiales y herramientas que necesita para trabajar.⁵¹

5.2 EVALUACIÓN DEL DESPERDICIO

Una vez identificados los materiales sobre los cuales se debe mantener control, para asegurar la reducción del volumen de material eliminado y el costo de los desperdicios se proceden a evaluar alternativas viables con la finalidad de controlar los desperdicios.

5.2.1 Evaluación del ladrillo

Los ladrillos son transportados a la obra en camiones, los cuales se descargan en arrumes (zona de descarga) para posteriormente ser transportados a los sitios específicos de trabajo por los ayudantes de forma manual firmando los respectivos vales de almacén donde se indica la cantidad de material que están retirando.

⁵¹ ARKHÉ. WONG, Nicanor. Los costos del desperdicio de materiales en obra. Disponible en jnwong@caplima.pe. Consultado: Octubre 01 de 2012

Finalmente los ayudantes son los encargados de limpiar la zona de trabajo desarmando plataformas, recogiendo los residuos y apilando las unidades de ladrillo sobrantes mientras que el albañil continúa con su trabajo en otro muro. Así, según Formoso⁵² en una obra, el desperdicio de ladrillo es aproximadamente del 8.5% y en cuanto al corte de unidades la pérdida era del 5.6%.

Foto 12. Desperdicio de ladrillo en obra



Fuente: Autoras

Los posibles puntos de ocurrencia de desperdicio son:

- Perdidas por entregas incompletas: Es posible que la cantidad entregada no sea la misma que se solicita, este punto es controlado durante la colocación del material en los arrumes, debido a que todas tienen el mismo tamaño, el apilamiento de las unidades de ladrillo en una misma distribución.
- Revisar su estado durante la descarga.

⁵² FORMOSO, Carlos T; SOIBELMAN, Lucio ET AL “Material Waste In Building Industry: Main Causes And Prevention” en *Journal Of Construction Engineering And Management*, Julio/Agosto 2002.

- Rotura de Unidades: Se podría producir durante el transporte o el almacenamiento, por esta razón la forma de apilar los ladrillos es muy importante ya que les brinda estabilidad y permite que el traslado con estoca sea confiable
- Perdidas por material sobrante eliminado: se da una vez que se han terminado de construir los muros y se tienen ladrillos sobrantes, estos se dejan apilados a un lado pero no son reutilizados y terminan siendo abandonados en el lugar de trabajo, esto tiene que ver con un orden del proceso y se puede corregir dando las indicaciones necesarias al personal ayudante de la cuadrilla para regresar las unidades sobrantes a la zona de almacenamiento principal.
- Perdidas por corte de unidades: Ocurre durante el asentado de ladrillos y debido a la falta de modulación de los muros, al ser necesarias piezas más pequeñas para terminar las hiladas en los extremos los operarios tienen que romper las unidades hasta obtener el tamaño conveniente.

5.2.2 Evaluación del Cemento

Las bolsas de cemento de 42.5 Kg. Se utilizan para una gran variedad de partidas en la obra. El cemento se mezcla en proporción 4:1 con arena y se le agrega agua para formar un mortero adherente.

Las bolsas de cemento llegan a la obra en camiones del proveedor, los cuales son descargados en el primer piso (zona de descarga) y apilados sobre estibas, una vez ahí los ayudantes trasladan manualmente las bolsas necesarias a las zonas de trabajo donde se efectúa la mezcla luego de firmar el respectivo vale de salida de almacén reportando la cantidad de material que estará utilizando.

Las principales posibilidades de desperdicio analizadas para este material se relaciona con:

Foto 13. Preparación del terreno



Fuente: Autoras

- Perdidas por material sobrante: Se observa que los operarios al terminar el día con mortero preparado en sus bateas, el cual eliminan ya que es un material que no puede guardarse para el siguiente día. Este desperdicio es muy importante ya que contribuye a generar un gran volumen de desmonte.
- Perdidas por espesores adicionales: Es una pérdida indirecta que ocurre por falta de control en el proceso previo de construcción de muros, los desplomes obligan a los albañiles a compensar con mayor cantidad de mezcla para lograr un alineamiento adecuado del producto final. Este desperdicio no contribuye a generar desmonte.
- Perdidas de proceso: Durante la colocación del mortero en las distintas actividades de albañilería se aprecia que gran cantidad de mezcla cae al piso y no se recupera, siendo eliminada por la cuadrilla de limpieza al final del día, esto ocasiona una gran cantidad de desmonte.

- Perdidas por entregas incompletas: Es posible que la cantidad entregada no sea la misma que se solicita, este punto es controlado durante la colocación del material en las parihuelas, debido a que todas tienen el mismo tamaño, el apilamiento de las bolsas en una misma distribución, y en un mismo número de capas permiten que sea posible contar detalladamente la cantidad de material entregado y revisar su estado durante la descarga.

5.2.3 Evaluación del Concreto Premezclado

El concreto premezclado para las obras en mantenimiento vial se prepara en mezcladoras, la cantidad preparada varía según el criterio del ingeniero responsable del vaceado.

Foto 14. Vaceado de concreto



Fuente: Autoras

Las principales causas de desperdicio de concreto se relacionan con:

Pedidos en exceso: Muchas veces a manera de precaución los profesionales encargados del vaciado solicitan preparar siempre un 5% de volumen adicional de

concreto, lo cual no tendría razón de ser si se verifica previamente en obra las dimensiones y características del elemento que se va a vaciar, sin embargo esto produce pérdidas por sobrantes del proceso.

Foto 15. Desperdicio de concreto



Fuente: Autoras

Perdidas por sobreproducción: En el caso del concreto esto ocurre con mayor énfasis durante el vaciado de cimientos debido al desprendimiento del terreno lo que ocasiona que la cantidad de material que se coloca sea mucho mayor a la proyectada inicialmente.

5.2.4 Evaluación del acero de refuerzo

El acero de refuerzo llega a la obra en varillas de 9 m. de longitud entregadas por el proveedor, se descargan con un camión grúa en la zona de almacenamiento destinada, de donde son retiradas por los ayudantes para llevarlas al sitio de trabajo, una vez ahí se cortan y doblan para finalmente ubicarse la zona de armado del elemento estructural.

Foto 16. Acero de refuerzo



Fuente: Autoras

En el caso del acero las causas de desperdicio se relacionan con:

- Residuo de Procesos: Durante el proceso de corte de las barras se producen residuos que no pueden ser utilizados en otro elemento ya que no existe una modulación general del acero de toda la obra, este es el principal problema en cuanto a desperdicio de acero.
- Falta de control: Las barras de acero están a disposición de todos los ayudantes, esto puede ocasionar que se utilicen más de las necesarias o que se corten piezas innecesariamente.

En resumen, los porcentajes de desperdicio en obras de ingeniería civil, según Formoso⁵³ se representan en la siguiente tabla:

Tabla 3. Porcentaje de desperdicio de materiales en obras de ingeniería civil

⁵³ FORMOSO, Carlos T; SOIBELMAN, Lucio ET AL “Material Waste In Building Industry: Main Causes And Prevention” en *Journal Of Construction Engineering And Management*, Julio/Agosto 2002.

Causas	Concreto premezclado (%)	Acero (%)	Yeso/Cemento (%)	Ladrillos (%)	Cerámicas (%)
Pedidos en Exceso	51.2	-	-	14.6	10.7
Pérdidas durante el vaciado	22.0	-	-	-	-
Fisuras de encofrado	8.4	-	-	-	-
Trabajos temporales	7.8	-	-	-	-
Retrabajos	5.2	3.5	-	-	-
Pérdidas en corte	-	87.1	-	39.6	40.0
Pérdidas por nivel de abastecimiento	-	4.4	-	11.1	29.3
Corrosión	-	4.1	-	-	-
Producción excesiva	-	-	58.8	-	-
Pérdidas durante la aplicación	-	-	19.4	-	-
Almacenamiento	-	-	11.2	-	-
Pérdidas durante asentamiento	-	-	-	18.9	-
Pérdidas durante el transporte	-	-	-	15.8	-
Cambios en el proyecto	-	-	-	-	12.9
Otros	5.4	0.9	10.6	-	7.1
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Fuente: FORMOSO, Carlos T; SOIBELMAN, Lucio ET AL “Material Waste In Building Industry: Main Causes And Prevention” en *Journal Of Construction Engineering And Management*, Julio/Agosto 2002.

5.3 INTERVENCIÓN

Los planes de intervención para realizar mejoras en los procesos, de manera que se pueda disminuir el desperdicio de estos materiales reduciendo así la cantidad de desmonte y los costos producidos por las mermas, tienen que ver son:

5.3.1 Intervención para el ladrillo:

Se ha mencionado anteriormente que la principal causa de desperdicio de ladrillo es el corte de las unidades con la finalidad de obtener piezas más pequeñas que permitan rematar los muros en los extremos, esta situación se repite al inicio y al final de cada hilada.

Frente a esta situación se plantea la posibilidad de buscar la manera de cortar las unidades de albañilería de forma más industrializada, obteniendo dos piezas que pudieran utilizarse posteriormente en los extremos de los tabiques sin desperdiciar ninguna parte de la unidad.

Con este objetivo se realizan pruebas con amoladoras y pequeñas hachas que utilizaban algunos operarios, sin embargo lo que resulto siendo más eficiente fue la máquina para cortar ladrillo utilizada para los ladrillos de concreto, en ella se podía realizar el corte de dos y hasta tres unidades a la vez obteniendo piezas ajustadas a las necesidades de la obra que se realice.

Es decir, al cortar las unidades de ladrillo en lugar de romperlas se reducen prácticamente todos los residuos de proceso generados por la actividad. Aun se puede apreciar la generación de un porcentaje mucho menor de desperdicio.

Adicionalmente a esta modificación del proceso de asentado de ladrillo durante la ejecución del proyecto se tomaron medidas de gestión tales como restringir la cantidad de unidades transportadas al área de trabajo a las mínimas necesarias y regresar a la zona de almacenamiento original las pocas piezas sobrantes al final de la jornada de tal manera que no quedaran piezas abandonadas cuando la cuadrilla concluya su labor en un determinado ambiente.

5.3.2 Intervención para el mortero

El mortero es también uno de los materiales que genera la mayor cantidad de desmonte en las obras de construcción en las vías secundarias como ya se ha mencionado anteriormente, principalmente debido a los residuos de material que se generan durante el proceso de colocación de la mezcla y a los sobrantes de la preparación diaria de mortero.

Foto 17. Intervención para el mortero



Fuente: Autoras

Precisamente frente a estos residuos se plantea una estrategia de recuperación que permitiera utilizarlos de manera práctica, generando así ahorros y disminuyendo el volumen de material a eliminarse.

Para la mezcla sobrante del proceso se plantea recolectarla al final del día de los plásticos que protegen las zonas de trabajo y almacenarlo en una zona diferente al resto de desmonte, al día siguiente ese mismo material era tamizado para retirar grumos de gran tamaño, el material que pasaba la malla se almacenaba en bolsas y se utilizaba como agregado para la fabricación de cajas de desagüe, y cualquier otro elemento que no requiera una importante resistencia estructural.

Este material podría utilizarse inclusive como agregado para preparar nuevo mortero para asentado de ladrillos o vaceado de contrapiso si se realizaran las pruebas de pureza necesarias.

En cuanto al material de mortero sobrante y aún fresco al final del día, debido a la preparación excesiva de los operarios, se recurre a una antigua metodología de trabajo de la albañilería, el forjado de los muros. Se solicita que antes de terminar el día colocaran todo el material que les sobraba en los muros, pero solo como forjado, es decir pañetado y preparado para darle el acabado con regla al día siguiente.

5.3.3 Intervención para el concreto

En cuanto al concreto se estable que las principales perdidas se producen durante el vaceado de la cimentación.

Con la finalidad de reducir la cantidad de concreto desperdiciado se toman medidas como por ejemplo modificar el sistema de vaceado, además se evita derramar material al cambiar de ubicación las mezcladoras.

Foto 18. Intervención para el concreto



Fuente: Autoras

La segunda medida a tomar para controlar el desperdicio del concreto es no preparar más de 2% de volumen de concreto sobre el metrado calculado para el vaciado del día, de esta manera se disminuyen los desperdicios por causa de material sobrante.

5.4 CONTROL

Con la finalidad de verificar el resultado de las intervenciones que se realizan en las actividades mencionadas anteriormente y al mismo tiempo para recoger información que permita gestionar de mejor manera los proyectos se mantiene un continuo levantamiento de información.

La manera de llevar el control de los desperdicios de materiales es mediante el denominado Índice de Residuo Sólido de Construcción (IRSC) el cual se encarga de medir la evolución de la pérdida directa o el desperdicio que es eliminado de la obra como desmonte.

En el caso del cemento es necesario analizar por separado cada partida en la que se utiliza este material ya que la gestión debe individualizarse y cada proceso tiene sus propias características.

5.4.1 Control de entrada de materiales

Para lograr este control se hace necesario la aplicación del formato que se presenta líneas abajo el cual está separado por dos bloques de columnas, distribuidas así:

El primer bloque de columnas se denominará orden de compra, donde especifica la fecha de pedido, proveedor, descripción de materiales, color, cantidad a comprar en metros o unidades, valor unitario y valor total.

En el segundo bloque de columnas se denomina control de bodega, donde se registra: la fecha de ingreso o entrada a bodega, el número de la factura o remisión de los materiales que se reciben, cantidad recibida, faltante, sobrante, valor unitario, valor total y lo más importante, la firma de la persona que recibe y almacena los materiales, de acuerdo al siguiente esquema

Tabla 4. Mecanismos de control

Herramienta	Propósito	Responsable
Control de obra	Medida de la salida de cada actividad durante la semana	Gerente
Control de uso de recursos	Monitoreo de uso de materiales y horas-hombre en la actividad programada	Ingeniero residente
Archivos de inventario	Monitoreo de cantidades físicas de inventario	Jefe de Bodega
Control: productividad y tasas de desperdicio	Cantidad y variabilidad de la ejecución de obra, desperdicios durante cada ciclo	Ingeniero residente

Fuente: Autoras

Con base en lo anterior, el control de entrada de materiales tanto en almacén de la empresa como en almacén de obra se realiza de acuerdo al siguiente formato.

Así como se controla la entrada de materiales se debe hacer igual procedimiento con el control de las actividades de acuerdo al siguiente formato:

OBRA		PLANIFICACIÓN INTERMEDIA 6 SEMANAS						RESTRICCIONES					ACTIVIDAD LIBERADA		ESTADO DE PROCESO
								Diseño	Materiales	Mano de obra	Herramientas	Actividad Previa			
		1	2	3	4	5	6								
Actividad	responsable	Semanas													

Fuente: Autoras

Para diligenciar este formato se debe tener en cuenta:

- Columna actividad: escribir la tarea a desarrollar por cada responsable.
- Columna responsable: colocar información correspondiente al área o persona responsable de la actividad.
- Columna semanas: escribir las fechas en que finaliza cada semana e ir rellenando cuando se completa una actividad, se pueden programar de 6 a 12 semanas.
- Columna restricciones: escribir según la experiencia cuales son los posibles inconvenientes que se pueden presentar durante el desarrollo de las actividades
- y si aplica para cada una.
- Columna actividad liberada: simplemente marca con una equis si la actividad se llevó a culminación
- Columna estado de proceso por actividad y/o insumo: escribir el porcentaje completado de cada actividad.

Este formato es una de las herramientas más importantes con que se cuenta para el control y liberación de restricciones, toda la información recopilada en este formato sirve para retroalimentar el proceso de planeación, una restricción no liberada a tiempo puede generar una acción correctiva, la finalidad de Lean Construction no es mostrar perfección sino permitir una mejora continua y retroalimentar del sistema.

5.4.2 Control Salida de Materiales

Entregados los materiales, la persona encargada de la bodega, colocará la fecha de entrega y hará firmar a la persona que recibe, posteriormente procederá a descargar o dar salida en el kardex a los materiales despachados.

Tabla 6. Control de salida de mercancías

CONTROL SALIDA DE MATERIALES				
Fecha			Fecha de entrega	
Sección que solicita			Aprobada por	
Requisición No.				
Cantidad	Descripción	No. de Orden	Costo Unitario	Costo Total
Recibido por			Entregado por	

Fuente: Autoras

5.4.3 Kardex de Materiales

Permiten controlar con exactitud el movimiento de los materiales. Para visualizar claramente esta información se requiere un kardex. El kardex o fichero de materiales está formado por tarjetas que permiten controlar las cantidades y costos de las entradas y salidas de un artículo determinado, y dar a conocer las existencias en cualquier momento sin necesidad de realizar un inventario físico. Cada tarjeta de kardex constituye un auxiliar de la cuenta inventarios de materiales, en la que la suma de los saldos de las tarjetas representa el total de los materiales en existencia, a precio de costo. Una tarjeta de kardex o auxiliar de Inventarios de Materiales consta de las siguientes partes:

Tabla 7. Tarjeta Kardex

TARJETA KARDEX					
Artículo		Referencia		Código	
Fecha	Detalle	Entradas	Salidas	Saldos	Cost

D	M	A		Cant	Costo	Cant	Costo	Cant	Costo	Unit
			Saldo Final							
Localización				Proveedor		Ciudad		Teléfono		
Existencia										
Mínimo _____ Máximo _____										

Fuente: Autoras

Entradas

- ◆ Salidas
- ◆ Saldos
- ◆ Costo unitario
- ◆ Localización
- ◆ Proveedor

Dado que los costos por desperdicios son mucho más altos que los consignados por las empresas, una política de control del desperdicio debe incluir gestión para desperdicios y control del material usado, esto porque no se conoce lo que se desperdicia, lo que indica que la mayoría de las causas están relacionadas con fallas en la gestión, y poco que ver con la calificación y motivación de los trabajadores.

Al reducir los desperdicios de materiales se mejora la productividad de la mano de Obra es evidente que cuando se consume mayor cantidad de material en algún proceso se están destinando esfuerzos innecesarios al transporte, preparación, colocación o limpieza sin agregarle ningún valor adicional al producto final. En ese sentido es importante considerar la pérdida directa y la indirecta al analizar la productividad de mano de obra de una cuadrilla, en rendimiento de obra.

Un ejemplo práctico de ello sería el un albañil que está generando residuos de ladrillo al cortar las unidades realiza trabajo contributivo y a la vez incrementa la tarea de limpieza de los ayudantes. Al eliminar la generación de residuos, el operario convierte el trabajo contributivo en productivo y el ayudante reduce el tiempo utilizado en trabajos no contributivos al realizar mayor cantidad de tareas que contribuyen con la construcción del producto final.

Por ello a manera de síntesis se presenta un cuadro comparativo entre el método tradicional y el método Lean Construction que debe ser aplicado por estas empresas a fin de mejorar el sistema productivo y reducir el desperdicio de materiales

METODO TRADICIONAL	LEAN CONSTRUCTION
Se separan los costos de Materiales y Mano de obra pero no se detallan	Se separan los costos de Materiales y Mano de obra pero no se detallan
Las relaciones entre cada proceso es muy independientes unos de otros. El tiempo intermedio para cada tipo de trabajo es prolongado.	Estrechamente relacionados unos con otros en la implementación del trabajo. El tiempo intermedio tomado para cada tipo de trabajo es corto.
Los trabajadores tienen poco conocimiento de la importancia de conservar con limpieza el lugar de la obra y no se colocan pizarras de control en lugares sobresalientes	Los trabajadores reordenan y limpian el lugar de la construcción. Practican buenos modales. Conservan tan limpio como una sala de exhibición el lugar de la obra. Colocan pizarras de control en lugares sobresalientes.

CONCLUSIONES

- Implementar la metodología Lean no es simplemente poner en práctica unas cuantas técnicas para mejorar los procesos. Comprende un cambio en el pensamiento de toda la empresa, desde la materia prima al producto terminado, de la orden a la entrega y desde la idea a la concepción. Hay 5 principios que sirven de guía para cambiar de sistema de producción y con ella el rendimiento en el mantenimiento de vías.
- La industria de la construcción es un sector muy competitivo, requiriendo operar dentro de estándares modernos de productividad, empleando con eficiencia, eficacia y efectividad los recursos y logrando la satisfacción de los clientes, mediante la aplicación de los principios de la “construcción sin pérdidas o Lean construction”, máxime si se tiene en cuenta que el desperdicio de material es causado principalmente por malas prácticas administrativas y no por el uso de mano de obra no calificada.
- La gran competitividad que existe en la actualidad en el sector de la construcción civil obliga a optimizar al máximo sus procesos, logrando la mayor productividad posible en el uso de sus recursos. En la actualidad uno de los recursos más controlados por los responsables de los proyectos es la mano de obra, dejando de lado la oportunidad de mejorar la eficiencia en el uso de otros recursos como son los materiales y los equipos. En el caso concreto de los materiales pueden llegar a representar cerca del 30% del costo de un proyecto y sin embargo, en muchos casos las empresas solo realizan verificaciones mensuales del estado de sus consumos de materiales para las partidas de control, las cuales están a cargo de los jefes de almacén quienes le dedican poco o nulo análisis al tema de la productividad de los recursos.

- Las empresas que realizan las obras de mantenimiento de la malla vial del Dpto. de Santander, no aplican la metodología Lean Construction, aumentando de esta manera los costos de las obras. El costo de los materiales de obra es aproximadamente del 30% del costo total, y el desperdicio del 5%. Pero como el desperdicio de un recurso viene acompañado del consecuente desperdicio de otros recursos asociados, se debe agregar el desperdicio del tiempo, dado que entre un 20% a 30% del tiempo de un operario es debido a la falta de herramientas y materiales y, aproximadamente 2 horas de su jornal las pierde obteniendo los materiales y herramientas que necesita para trabajar.
- Para llevar un control detallado del consumo de materiales en obra, se debe implementar en las empresas formatos de control de obra, control de uso de recursos, archivos de inventario y control de productividad y tasas de desperdicio. A ello contribuye el control de entrada de materiales, control de salida de materiales, y tarjeta kardex
- Es evidente que cuando se consume mayor cantidad de material en algún proceso se están destinando esfuerzos innecesarios al transporte, preparación, colocación o limpieza sin agregarle ningún valor adicional al producto final. En ese sentido es importante considerar la pérdida directa y la indirecta al analizar la productividad de mano de obra de una cuadrilla. Si se define el trabajo productivo como toda aquella actividad que le agrega valor al producto final respecto del desperdicio de materiales (concreto), la respuesta sería negativa pese a que en apariencia el obrero pueda estar trabajando eficientemente.
- Del trabajo de campo realizado en diferentes obras de mantenimiento de la malla vial secundaria del Departamento de Santander, se observó que no planifican las actividades diarias generando grandes cantidades de

desperdicio, no solo de concreto, sumando a ello, ladrillo, cemento y grava. Conviene recordar que no sólo es el material, también lo son el equipo, el trabajo, la mano de obra, el capital, y todo lo que se usa más de lo necesario en el proceso de producción. Si un recurso se usa de más y no está generando un valor agregado o un valor al producto final, esto es un desperdicio.

- La presente monografía presenta aspectos generales respecto al control de desperdicios en obras de mantenimiento de vías, sin embargo aún queda mucho potencial por investigar dentro de este campo, que por la gran cantidad de tiempo y de observación que requiere ha sido aún poco trabajado por investigadores en nuestro país. A futuro se debe realizar el seguimiento de los consumos de materiales y las causas de desperdicio con la finalidad de tener una base de datos mucho mayor y más representativa, y a partir de ello hacerla extensiva a otros sectores de la industria de la construcción como vivienda.

RECOMENDACIONES

Una manera de lograr esta identificación es mediante el control de las pérdidas o desperdicios de materiales, analizando los indicadores de consumo de material determinando qué partidas cuentan con índices de consumos muy altos, muy bajos o irregulares entre una semana y otra. El incremento de los residuos sólidos de construcción es una realidad, que continuara ocurriendo a menos que las empresas constructoras tomen medidas para su control.

Entre las medidas necesarias para disminuir el problema se encuentra el control de los desperdicios de materiales. Es fundamental, en primer lugar que las empresas reconozcan y hagan seguimiento a la cantidad de desmonte que generan por cada obra ejecutada. Posteriormente se debe identificar los principales materiales que son eliminados de la obra para estudiar las causas de su generación, y las posibles consecuencias que puede tener sobre el medio ambiente. Finalmente deben estudiarse alternativas adecuadas a nuestra realidad para reducir, reusar o reciclar estos desperdicios.

Así mismo, la inspección visual del material eliminado semanalmente y los indicadores de cantidad de desmonte producido en la obra (m^3 eliminados/ m^2 techado) también ayudaran a encontrar fallas en los procesos que generan gran cantidad de residuos. Una vez identificada la oportunidad de mejora en un proceso constructivo, el control continuo de estos indicadores puede servir además para medir el impacto positivo o negativo de las modificaciones efectuadas en los procedimientos.

Si las empresas constructoras al desarrollar proyectos de mantenimiento vial se enfocan más en la reducción de las actividades que no generan valor e invierten en mejorar la calidad de sus productos en vez de pensar en cómo bajar costos

afectando la calidad de los insumos y la mano de obra se lograrían mayores utilidades, es mayor el costo de la no calidad que el de hacer los proyectos con insumos de buena calidad y mano de obra calificada. Lo anterior en razón a que dentro de la metodología Lean Construction es muy importante retroalimentar el proceso con el fin de corregir fallas identificadas y esto se logra en el ciclo de aprendizaje, con cada falencia que se logre identificar en el proceso los proyectos se pueden mejorar, además si se reducen al mínimo las actividades que no agregan valor a nuestro producto la utilidad puede incrementarse, es más costoso no invertir en calidad que hacerlo.

BIBLIOGRAFÍA

BOSSINK, A.G; BROUWERS, H.J.H “Construction Waste: Quantification And Source Evaluation” en *Journal Of Construction Engineering And Management*, Marzo 1996.

CÁMARA COLOMBIANA DE LA CONSTRUCCIÓN “CAMACOL”. Los sobre costos en la ejecución de obras de infraestructura. Bogotá, Colombia, 2010

CÁMARA COLOMBIANA DE LA CONSTRUCCIÓN CAMACOL. Competitividad de la construcción de edificaciones en Colombia: diagnóstico y recomendaciones de política económica, Consejo privado de competitividad, Enero 28 de 2012.

COSTA, Adriano L; FORMOSO, Carlos T. “Perdas Na Construção Civil – Uma Proposta Conceitual e Ferramentas Para Prevenção” en *ENTAC* 1998.

DE LA CRUZ GUTIÉRREZ, José de Jesús. Lean Construction: ¿quién está peleado con la reducción de costos en la construcción?
<http://es.scribd.com/doc/99378529/Lean-Construction>
Decreto 1735 de Agosto de 2001

FORMOSO, Carlos T; SOIBELMAN, Lucio ET AL “Material Waste In Building Industry: Main Causes And Prevention” en *Journal Of Construction Engineering And Management*, Julio/Agosto 2002

GHIO, Virgilio “Productividad En Obras De Construcción: Diagnostico, Critica y Propuesta” Buenos Aires, 2009

GIDO Jack y CLEMENTS James P. "Administración Exitosa de Proyectos" Primera Edición en Español. International Thomson Editores. México 1999

<http://www.arqhys.com/arquitectura/construccion-perdidas.html>. Consultado:

Agosto 12 de 2012

LICHTIG, William A. *The Integrated Agreement For Lean Project Delivery*. Construction Lawyer 26, No.3, 2006

PALIARI, Jose Carlos; LEMES DE SOUZA, Ubiraci "Sistema Gesconmat: A Redução Das Perdas De Blocos" en *ENTAC* 2006

PIRES, Rosa "Perdas Na Construção Civil: Diretrizes E Ferramentas Para Controle" Porto Alegre, en *ENTAC* 2001

SCHENINI, Pedro Carlos; ZUCCARELLI B., Antonio Marius "Gestão de Resíduos da Construção Civil" en *COBRAC* 2004

SEMINARIO ENTORNO MPUG, México, 2010

SERPELL B., Alfredo. Administración de operaciones de construcción. 2ª ed. México, D.F.: Alfaomega Grupo Editor, 2002. 291 p.

SOIBELMAN, Lucio "As Perdas De Materiais Na Construção De Edificações: Sua Incidencia E Seu Controle" Porto Alegre, en *ENTAC* 1993

UNDURRAGA MONTES, Ramón. Calidad, productividad y competitividad en la construcción. En: Seminario Universidad Nacional de Colombia Facultad de Arte. Bogotá, 1999