

LAST PLANNER® EN COLOMBIA. UNA REVISIÓN A LA IMPLEMENTACIÓN Y SU IMPACTO
EN EL DESEMPEÑO DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

MARÍA FERNANDA HOYOS RESTREPO

UNIVERSIDAD EAFIT

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

2018

LAST PLANNER® EN COLOMBIA. UNA REVISIÓN A LA IMPLEMENTACIÓN Y SU IMPACTO
EN EL DESEMPEÑO DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

MARÍA FERNANDA HOYOS RESTREPO

Ingeniera Civil

Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de Magister en Ingeniería
con énfasis en Gestión de la Construcción

Asesor: LUIS FERNANDO BOTERO BOTERO

Arquitecto Constructor, Magíster en Ciencias de la Administración

MEDELLÍN

UNIVERSIDAD EAFIT

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

2018

A Diana y Edgar.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Arquitectos e Ingenieros Asociados S.A. - A.I.A., Arquitectura y Construcciones S.A. - Arconsa, Arquitectura y Concreto S.A., Compañía de Constructores Asociados S.A. - C.A.S.A, Conhogar S.A., Construcciones CFC & Asociados S.A., Constructora Capital S.A., Constructora Concreto S.A., Construcciones en Zonas Francas S.A.S., Cusezar S.A., Fénix Construcciones S.A., Muros y Techos S.A., Obrasdé Constructores S.A., Paisaje Urbano Construcciones S.A.S., Proactiva S.A., Prodesa y Cia. S.A. y Triada S.A.S., constructoras colombianas que, amablemente, me brindaron los espacios necesarios para llevar a cabo los procesos de observación no participante, encuestas y entrevistas, componentes de la investigación cualitativa que me permitieron poder llegar a un diagnóstico del grado de implementación del *Last Planner® System* en nuestro país y trabajar en el acompañamiento de proyectos piloto para mejorar la apropiación de la metodología.

Al profesor Luis Fernando Botero, quien, con su amplia experiencia y conocimiento en el tema, me orientó constantemente a nivel académico y práctico.

Finalmente, a mi familia, a mis padres y hermanas, por su tiempo e incondicionalidad, y de forma muy especial, a Juan Camilo Pereira, quien con su apoyo y motivación constante me alentó emocionalmente para lograr culminar este trabajo.

CONTENIDO

1.	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	21
2.	JUSTIFICACIÓN.....	23
3.	OBJETIVOS.....	26
3.1	OBJETIVO GENERAL.....	26
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	26
4.	MARCO TEÓRICO.....	28
4.1	SISTEMAS DE PRODUCCIÓN.....	28
4.1.1	Producción artesanal.....	29
4.1.2	Taylorismo: principios de administración científica.....	30
4.1.3	Fordismo: producción en masa.....	31
4.1.4	Sistema de Producción Toyota: producción flexible.....	33
4.1.5	Teoría de producción Lean.....	35
4.1.6	Filosofía de construcción Lean.....	36
4.2	DEFINICIÓN DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL.....	37
4.3	DIFERENCIA ENTRE PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN.....	39
4.4	TÉCNICAS DE PLANIFICACIÓN Y VISUALIZACIÓN.....	39
4.4.1	Diagrama de Gantt.....	40
4.4.2	Líneas de balance.....	41
4.5	PRINCIPIOS BÁSICOS DEL LPS.....	42
4.6	PLANIFICACIÓN TRADICIONAL VS. LPS.....	44
4.7	FACTOR SOCIAL Y HUMANO DEL LPS.....	46
4.8	COMPONENTES BÁSICOS DEL LPS.....	47
4.8.1	Planificación general.....	47
4.8.2	Planificación intermedia o <i>lookahead</i>	47

4.8.3	Planificación a corto plazo	49
5.	ESTADO DEL ARTE	50
5.1	METODOLOGÍA DE BÚSQUEDA	50
5.2	CUERPO TEÓRICO	51
5.3	CASOS DE ESTUDIO	52
5.4	HERRAMIENTAS DE SOPORTE AL LPS.....	59
5.5	INTEGRACIÓN CON OTRAS METODOLOGÍAS	61
5.6	IMPLEMENTACIÓN EN DISEÑO.....	63
5.7	IMPLEMENTACIÓN EN OTRAS ÁREAS	65
5.8	MÉTODOS DE ENSEÑANZA	66
6.	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	68
6.1	INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	70
6.1.1	Observación no participante.....	71
6.1.2	Encuesta	73
6.1.3	Entrevista.....	81
7.	PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS EN LA FASE DE DIAGNÓSTICO.....	83
7.1	OBSERVACIÓN NO PARTICIPANTE.....	84
7.1.1	Descripción de las obras visitadas	84
7.1.2	Personal presente durante la reunión.....	87
7.1.3	Espacio físico e insumos para desarrollar la reunión	90
7.1.4	Formalidad en la reunión	96
7.1.5	Desarrollo de la reunión.....	99
7.1.6	Calificación del desempeño de los subcontratistas.....	104
7.2	ENCUESTAS	111
7.2.1	Descripción de la muestra de encuestados	111
7.2.2	Noción de la herramienta	112

7.2.3	Aspectos generales de planificación y control.....	123
7.2.4	Comunicación	133
7.3	ENTREVISTAS.....	140
7.3.1	Identificación del entrevistado	140
7.3.2	Implementación de la construcción Lean.....	141
7.3.3	Implementación del LPS	144
8.	ESTADO INICIAL DEL LPS EN LAS COMPAÑÍAS EN LA FASE DE ACOMPAÑAMIENTO	147
9.	TRABAJO DE ACOMPAÑAMIENTO EN LA MEJORA DE LA APLICACIÓN DEL SISTEMA.....	159
10.	DISCUSIÓN FINAL	185

TABLAS

Tabla 1. La Ford Motor Company y el impacto de la producción en masa. Adaptado de (Koren, 2010)	33
Tabla 2. Características del Taylorismo vs Toyotismo. Adaptado de (Pacheco, 2010)	34
Tabla 3. Características de la producción tradicional vs la producción Lean. Adaptado de (L. Koskela, 1993)	36
Tabla 4. Guía para el registro de observación no participante	72
Tabla 5. Encuesta dirigida a maestros, subcontratistas y encargados – Fase de diagnóstico	75
Tabla 6. Encuesta dirigida al personal operativo – Fase de diagnóstico	76
Tabla 7. Encuesta dirigida a profesionales de obra – Fase de diagnóstico	77
Tabla 8. Encuesta dirigida a maestros, subcontratistas y encargados – Fase de acompañamiento	78
Tabla 9. Encuesta dirigida al personal operativo – Fase de acompañamiento	79
Tabla 10. Encuesta dirigida a profesionales de obra – Fase de acompañamiento	80
Tabla 11. Guía para dirigir la entrevista a encargados Lean	82
Tabla 12. Resumen de las empresas constructoras colaboradoras - fase de diagnóstico	83
Tabla 13. Elementos para la recolección de la información utilizados	84
Tabla 14. Descripción de las obras visitadas	85
Tabla 15. Personal presente durante la reunión	88
Tabla 16. Personal que asiste a la reunión de planificación semanal	89
Tabla 17. Descripción de la calificación del espacio físico donde se desarrolla la reunión	90
Tabla 18. Calificación del espacio e insumos para dirigir la reunión	94
Tabla 19. Descripción de la calificación del orden con el que se desarrolla la reunión	96
Tabla 20. Calificación de la formalidad de la reunión	97
Tabla 21. Descripción de la calificación de la participación de los subcontratistas	100
Tabla 22. Listado de causas de no cumplimiento	101
Tabla 23. Calificación del desarrollo de la reunión	102
Tabla 24. Variables de calificación al subcontratista	108
Tabla 25. Calificación de la evaluación a subcontratistas	109

Tabla 26. Noción de la herramienta- profesionales de obra.....	114
Tabla 27. Noción de la herramienta- maestros y subcontratistas	115
Tabla 28. Noción de la herramienta- personal operativo	116
Tabla 29. Herramientas Lean reportadas - profesionales de obra.....	119
Tabla 30. Aspectos generales de planificación - profesionales de obra.....	124
Tabla 31. Aspectos generales de planificación - maestros y subcontratistas	125
Tabla 32. Aspectos generales de planificación - personal operativo.....	126
Tabla 33. Aspectos relativos a la comunicación - maestros y subcontratistas	134
Tabla 34. Aspectos relativos a la comunicación - personal operativo.....	135
Tabla 35. Identificación de los entrevistados encargados del área Lean	141
Tabla 36. Resumen de las empresas constructoras colaboradoras - fase de acompañamiento	147
Tabla 37. Estado inicial del LPS dentro de las compañías (1 de 2).....	148
Tabla 38. Estado inicial del LPS dentro de las compañías (2 de 2).....	149
Tabla 39. Composición de la muestra de encuestados	150
Tabla 40. Resumen de encuestas a profesionales de obra	152
Tabla 41. Resumen de encuestas a maestros y subcontratistas.....	153
Tabla 42. Resumen de encuestas a personal operativo	154
Tabla 43. Impedimentos al implementar la metodología de planificación.....	157
Tabla 44. Resumen trabajo de acompañamiento - Compañía 1.....	162
Tabla 45. Resumen trabajo de acompañamiento - Compañía 2	163
Tabla 46. Resumen trabajo de acompañamiento - Compañía 3.....	164
Tabla 50. Variables de calificación al subcontratista – Compañía 1	165
Tabla 51. Variables de calificación al subcontratista – Compañía 2	170
Tabla 52. Variables de calificación al subcontratista – Compañía 3.....	177

ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Esquema de programación con CPM visualizado con diagrama de Gantt. Elaboración propia.....	40
Ilustración 2. Esquema de programación con líneas de balance. Elaboración propia.....	41
Ilustración 3. Esquema del proceso de planificación del LPS. Adaptado de (H. G. Ballard, 2000)...	43
Ilustración 4. Sistema de planificación tradicional. Adaptado de (H. G. Ballard, 2000).....	45
Ilustración 5. Sistema de planificación LPS. Adaptado de (H. G. Ballard, 2000)	45
Ilustración 6. Características de los enfoques cuantitativos y cualitativos. Adaptado de (Galeano, 2008).....	69
Ilustración 8. Formato de evaluación integral del subcontratista – Compañía 1 (1 de 3).....	166
Ilustración 9. Formato de evaluación integral del subcontratista – Compañía 1 (2 de 3).....	167
Ilustración 10. Formato de evaluación integral del subcontratista – Compañía 1 (3 de 3).....	168
Ilustración 11. Ejemplo de lista de chequeo – Compañía 1.....	169
Ilustración 11. Formato consolidado de valuación a subcontratistas - Compañía 2	170
Ilustración 13. Formato de evaluación integral del subcontratista – Compañía 2 (1 de 3).....	171
Ilustración 14. Formato de evaluación integral del subcontratista - Compañía 2 (2 de 3).....	172
Ilustración 15. Formato de evaluación integral del subcontratista - Compañía 2 (3 de 3).....	173
Ilustración 16. Formato de planificación intermedia - Compañía 2 (1 de 2).....	174
Ilustración 17. Formato de planificación intermedia - Compañía 2 (2 de 2).....	175
Ilustración 18. Formato de planificación semanal - Compañía 2	176
Ilustración 19. Formato consolidado de valuación a subcontratistas - Compañía 3.....	177
Ilustración 20. Formato de evaluación integral del subcontratista – Compañía 3 (1 de 3).....	178
Ilustración 21. Formato de evaluación integral del subcontratista – Compañía 3 (2 de 3).....	179
Ilustración 22. Formato de evaluación integral del subcontratista – Compañía 3 (3 de 3).....	180
Ilustración 23. Ejemplo de lista de chequeo - Compañía 3.....	181
Ilustración 24. Formato de planificación intermedia - Compañía 3 (1 de 2).....	182
Ilustración 25. Formato de planificación intermedia - Compañía 3 (2 de 2).....	183
Ilustración 26. Formato de planificación semanal - Compañía 3	184

GRÁFICOS

Gráfico 1. Calificación promedio de espacio e insumos por departamento.....	95
Gráfico 2. Calificación promedio de espacio e insumos por constructora.....	95
Gráfico 3. Calificación promedio de formalidad en la reunión por departamento.....	98
Gráfico 4. Calificación promedio de formalidad en la reunión por constructora.....	99
Gráfico 5. Calificación promedio del desarrollo de la reunión por departamento.....	103
Gráfico 6. Calificación promedio del desarrollo de la reunión por constructora.....	104
Gráfico 7. Calificación promedio de la evaluación a subcontratistas por departamento.....	110
Gráfico 8. Calificación promedio de la evaluación a subcontratistas por constructora.....	110
Gráfico 9. Respuesta acerca del conocimiento del LPS.....	117
Gráfico 10. Definición acertada del LPS.....	117
Gráfico 11. Respuesta acerca de la existencia de una capacitación inicial.....	118
Gráfico 12. Formalidad de la capacitación inicial.....	118
Gráfico 13. Noción de la herramienta por departamento - profesionales de obra.....	120
Gráfico 14. Noción de la herramienta por constructora - profesionales de obra.....	121
Gráfico 15. Noción de la herramienta por departamento - maestros y subcontratistas.....	121
Gráfico 16. Noción de la herramienta por constructora - maestros y subcontratistas.....	122
Gráfico 17. Noción de la herramienta por constructora - personal operativo.....	122
Gráfico 18. Noción de la herramienta por constructora - personal operativo.....	123
Gráfico 19. Conocimiento del personal sobre la programación general de la obra.....	127
Gráfico 20. Conocimiento del personal acerca de las fechas de entrega de la obra.....	127
Gráfico 21. Percepción del personal sobre el sistema de planificación y control en obra.....	128
Gráfico 22. Causas de no cumplimiento más comunes según el perfil del encuestado.....	129
Gráfico 23. Aspectos generales de planificación por departamento - profesionales de obra.....	130
Gráfico 24. Aspectos generales de planificación por constructora - profesionales de obra.....	130
Gráfico 26. Aspectos generales de planificación por departamento - maestros y subcontratistas.....	131
Gráfico 26. Aspectos generales de planificación por constructora - maestros y subcontratistas.....	132
Gráfico 27. Aspectos generales de planificación por departamento - personal operativo.....	132

Gráfico 28. Aspectos generales de planificación por constructora - personal operativo.....	133
Gráfico 30. Opinión del personal sobre la escucha que reciben en la obra.....	136
Gráfico 31. Opinión del personal acerca de la claridad en la información recibida.....	136
Gráfico 32. Opinión del personal acerca de la confianza para pedir segunda explicación.....	137
Gráfico 33. Reconocimiento al personal por el deber cumplido	137
Gráfico 34. Aspectos relativos a la comunicación por departamento - maestros y subcontratistas	138
Gráfico 35. Aspectos relativos a la comunicación por constructora - maestros y subcontratistas .	138
Gráfico 36. Aspectos relativos a la comunicación por departamento - personal operativo	139
Gráfico 37. Aspectos relativos a la comunicación por constructora - personal operativo.....	139
Gráfico 38. CNC más frecuentes por compañía.....	155
Gráfico 39. Apreciación del apoyo de las áreas de la empresa al avance oportuno de obra	156
Gráfico 40. Áreas que podrían dar más soporte para mejorar la ejecución de obra	156

FOTOS

Foto 1. Obra constructora A, oficinas. Archivo propio.....	86
Foto 2. Obra constructora B, oficinas. Archivo propio.....	86
Foto 3. Obra constructora C, vivienda. Archivo propio.....	86
Foto 4. Obra constructora D, vivienda-comercio. Archivo propio.....	86
Foto 5. Obra constructora F, comercio. Archivo propio.....	86
Foto 6. Obra constructora G, vivienda. Archivo propio.....	86
Foto 7. Obra constructora I, vivienda. Archivo propio	86
Foto 8. Obra constructora K, comercio. Archivo propio.....	86
Foto 10. RPS constructora A. Archivo propio	91
Foto 11. RPS constructora A. Archivo propio.....	91
Foto 12. RPS constructora B. Archivo propio	91
Foto 13. RPS constructora C. Archivo propio	91
Foto 14. RPS constructora D. Archivo propio	91
Foto 15. RPS constructora E. Archivo propio	91
Foto 16. RPS constructora F. Archivo propio	91
Foto 17. RPS constructora G. Archivo propio	91
Foto 18. RPS constructora G. Archivo propio.....	92
Foto 19. RPS constructora H. Archivo propio.....	92
Foto 20. RPS constructora H. Archivo propio.....	92
Foto 21. RPS constructora I. Archivo propio	92
Foto 22. RPS constructora I. Archivo propio	92
Foto 23. RPS constructora J. Archivo propio.....	92
Foto 24. RPS constructora J. Archivo propio.....	92
Foto 25. RPS constructora K. Archivo propio	92
Foto 26. RPS constructora L. Archivo propio.....	93
Foto 27. RPS constructora L. Archivo propio.....	93
Foto 28. RPS constructora M. Archivo propio.....	93

Foto 29. RPS constructora N. Archivo propio.....	93
Foto 30. CCS constructora A. Archivo propio.....	105
Foto 31. CCS constructora B. Archivo propio.....	105
Foto 32. CCS constructora B. Archivo propio.....	105
Foto 33. CCS constructora C. Archivo propio.....	105
Foto 34. CCS constructora C. Archivo propio.....	106
Foto 35. CCS constructora C. Archivo propio.....	106
Foto 36. CCS constructora D. Archivo propio.....	106
Foto 37. CCS constructora E. Archivo propio.....	106
Foto 38. CCS constructora E. Archivo propio.....	106
Foto 39. CCS constructora K. Archivo propio.....	106
Foto 40. CCS constructora K. Archivo propio.....	106
Foto 41. CCS constructora G. Archivo propio.....	106
Foto 42. CCS constructora L. Archivo propio.....	107
Foto 43. CCS constructora F. Archivo propio.....	107
Foto 44. CCS constructora L. Archivo propio.....	107
Foto 45. CCS constructora N. Archivo propio.....	107

RESUMEN

El proceso de planificación en las firmas constructoras, y en general, en cualquier tipo de empresa, resulta ser uno de los factores más influyentes en la consecución de los objetivos trazados por las compañías; un proceso de planificación acertado impacta positivamente en la eficacia con la que se lleva a cabo cada etapa del proyecto y, por ende, repercute de forma directa en el éxito del mismo. El gremio constructor en particular se ha visto afectado por algunas variables que entorpecen el flujo continuo de trabajo: la incertidumbre, la variabilidad y los imprevistos, especialmente dentro de la etapa constructiva de los proyectos.

A través de un proceso de investigación social cualitativa, se permeó en la cotidianidad de algunas de las empresas colombianas que han sido partícipes de la implementación de la filosofía *Lean construction*, con el fin de conocer el grado de aplicación del *Last Planner® System* dentro de la compañía y el efecto generado por el mismo. Como estrategias de investigación se recurrió a la observación no participante en las reuniones de planificación semanal de las obras visitadas, la entrevista directa con los encargados del área *Lean* y la encuesta escrita dirigida a tres tipos de público objetivo, quienes desde diferentes perspectivas están involucrados en el proceso de planificación y/o ejecución de las actividades: profesionales de obra, contratistas y maestros, y personal operativo.

El propósito de la investigación en su primera fase fue diagnosticar el grado de implementación de la herramienta, reconocer las prácticas empleadas, detallar las particularidades de cada empresa y construir un Manual de Buenas Prácticas que permitiera fortalecer la aplicación del *Last Planner® System* en Colombia. En la segunda fase, el objetivo fue acompañar a tres empresas constructoras en el proceso de mejorar la apropiación del sistema de planificación y proponer indicadores en los diferentes niveles de planificación, con el fin de medir el desempeño de los proyectos.

Palabras clave: construcción sin pérdidas, control, *Last Planner® System*, planificación.

ABSTRACT

The planning process in construction firms, and in general, in any type of industry, proves to be one of the most influential factors in the achievement of the objectives pursued by companies. A correct planning process has a positive impact on the efficiency of how each stage of the project is carried out and, therefore, has a direct impact on the success of the project. Particularly, the construction industry has been affected by some variables that interrupt the continuous flow of work: uncertainty, variability and unforeseen events, especially during the construction phase of the projects.

Through a qualitative social research process, the author permeated in the daily life of some of the Colombian companies that have been part of the implementation of the Lean construction philosophy, to know the degree of application of the Last Planner® System within the company and the effect generated. As research strategies, they were used the non-participant observation in the weekly planning meetings of the projects visited, the direct interview with the Lean area managers and surveys aimed to three types of target audience, who from different perspectives are involved in the planning process and/or execution process: professionals, subcontractors and foremen, and labor.

The purpose of the research in its first phase was to diagnose the degree of implementation of the tool, to recognize the practices used, to detail the particularities of each company and to construct a manual of good practices that allowed strengthening the application of the tool in Colombia. In the second phase, the objective was to guide three companies in the process of improving the appropriation of the planning system and measure the projects performance through indicators proposed in the different levels of planning.

Keywords: Control, Lean construction, Last Planner® System, planning.

INTRODUCCIÓN

El sector de la construcción, dando respuesta a la creciente demanda de un mercado cada vez más exigente, ha optado por emular los nuevos sistemas de producción que han revolucionado la industria de la manufactura; más precisamente, ha implementado la metodología propuesta por la teoría de producción Lean, y estrategias afines de la era moderna, para incrementar la productividad en las empresas.

El término Lean se entiende como un sistema de producción, impulsado por la compañía Toyota desde la década de 1950 (Womack, Jones, & Roos, 2007). En los países hispanohablantes el vocablo de manera literal se traduce como “delgado”, “ajustado” o “esbelto”, cuya acepción es figurativa, puesto que pretende referir a un sistema que usa menos recursos y produce una mayor y creciente variedad de productos, buscando siempre agregar valor y eliminar pérdidas y defectos en los mismos.

Implementar la filosofía Lean en la sociedad occidental, que ha sido vastamente influenciada por la cultura americana y su ideología de producción masiva, es un proceso laborioso. Se debe redefinir el objetivo en las industrias, cuya visión debe enfocarse no solo en mejorar la productividad, sino en mejorar la confiabilidad del flujo de trabajo. Particularmente la construcción, como uno de los grandes dinamizadores de la economía colombiana, debe mancomunarse con los principios Lean, que muestran la superioridad de su filosofía de producción frente a la tradicional producción en masa.

Es necesario detallar una teoría de construcción, que haga tangibles los principios y metodologías que se proponen actualmente en el sector y que son aún muy incipientes, pues la mayoría de empresas constructoras han implementado solo algunas herramientas Lean y, aunque han puesto su empeño en ello, no han interiorizado el sistema como un todo que debe permear la cultura de la empresa, desde la gerencia hasta la mano de obra involucrada en las actividades del día a día (Liker, 2004).

Al respecto, como uno de los hitos más efectivos en la construcción, se destaca el *Last Planner® System*¹ (LPS) o Sistema del Último Planificador, ideado por Gregory Howell y Glenn Ballard en 1992, el cual propone un sistema de planificación de la producción diseñado para generar un flujo de trabajo predecible y un aprendizaje rápido en programación, diseño, construcción y puesta en marcha de proyectos. Con el LPS los procesos se llevan a cabo de manera más transparente y se disminuye la variabilidad e incertidumbre características de la construcción, aumentando la confiabilidad de las tareas, definidas como “asignaciones” (H. G. Ballard, 2000). La formulación de dichas asignaciones en el proceso de planificación del LPS es el resultado de integrar lo que se debe hacer, dentro de las limitaciones de lo que se puede hacer, para finalmente decidir lo que se hará. El *qué debe* hacerse se concibe desde el plan maestro o plan general que dirige el proyecto, donde se determinan restricciones, duraciones y resultados de cada actividad individual, y se programa una red lógica de actividades a largo plazo; el *qué puede* hacerse se estudia desde el plan intermedio o plan a mediano plazo, en el que se reduce la incertidumbre en la producción al analizar que cada bloque de actividades cuente con los recursos requeridos para ser ejecutado y que no hayan restricciones que limiten su inicio oportuno. Finalmente, el *qué se hará* se define en el plan semanal o plan a corto plazo, que consiste en un proceso colaborativo con los subcontratistas, donde se establecen acuerdos y objetivos acerca de las tareas a realizar en el transcurso de la semana siguiente, asignando un responsable para cada actividad y verificando si todas las restricciones han sido liberadas.

El cambio de paradigma en el sector de la construcción en Colombia ha sido progresivo y aunque el camino es largo y enrevesado, el panorama es alentador. Hoy por hoy las buenas prácticas se están volviendo hábito y la filosofía Lean, asistida por las metodologías y herramientas que la robustecen, está impactando de manera positiva. Sin embargo, como se dijo en un comienzo, a pesar de que los nuevos conceptos de gestión de la producción se han venido implementado y pese a la naturaleza práctica del proceso constructivo, se necesita una mayor producción académica que particularice a nivel nacional el panorama

¹ Por preferencia del autor, se hará referencia al *Last Planner® System* durante el desarrollo del trabajo como LPS, sigla en su idioma original.

del sector construcción y que permita crear una base teórica que fundamente la construcción Lean, adaptada a nuestro entorno. Con base en lo anterior, surge para el autor la motivación de ahondar en la exploración del grado de implementación del LPS en Colombia, el efecto generado por la herramienta y el grado de conocimiento de los profesionales y demás involucrados en los procesos constructivos de las compañías. Los hallazgos del proyecto son el resultado de un proceso de investigación cualitativa, a partir de observación no participante, entrevistas, encuestas y trabajo colaborativo con algunos encargados del área Lean en las empresas colombianas.

El trabajo de grado ha sido organizado en diez capítulos. En el primer capítulo el autor presenta la descripción del problema y la pregunta que pretende responder con el trabajo de investigación; en el segundo capítulo se expone la importancia de la construcción en la economía del país y la justificación del autor para encaminar el proyecto; en el capítulo tres se presenta el objetivo general y se detallan los objetivos específicos; en el capítulo cuatro se describe el marco teórico, primero con una breve reseña acerca de los sistemas de producción, seguido de la definición de planificación y control, la diferencia entre planificación y programación, las técnicas de planificación y visualización, los principios básicos del LPS, la planificación tradicional vs. el LPS, y por último, el factor social y humano y los componentes básicos del sistema. Más adelante, en el capítulo cinco, se hace un recuento del estado del arte de la metodología, desde el cuerpo teórico, los casos de estudio, las herramientas de soporte, la integración con otras metodologías, la implementación en diseño, la implementación en otras áreas y los métodos de enseñanza del sistema. Paso seguido, en el capítulo seis, se describe la metodología de investigación y las herramientas para la recolección de la información empleadas; en el capítulo siete se presentan y analizan los resultados obtenidos en la fase de diagnóstico, enfatizando en la comparación de resultados entre compañías y por ubicación geográfica. Más adelante, en el capítulo ocho se describe el estado inicial del LPS en las compañías a las que se brindó el acompañamiento en la mejora del sistema de planificación y en el capítulo nueve se resume dicho trabajo de acompañamiento. Finalmente, en el último capítulo, el autor expone los

puntos más sustanciales y algunas conclusiones con las que finaliza el trabajo de investigación.

A modo de colofón, se hace hincapié en que en un futuro la aspiración es tener un gremio integrado, sin baches entre diseño, planificación y construcción, de modo que el producto final desde su concepción hasta su entrega sea trabajado eficientemente y satisfaga las expectativas de valor del cliente, pues como afirmaba José Ortega y Gasset, filósofo y ensayista español, *“los hombres no viven juntos porque sí, sino para acometer juntos grandes empresas”*.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La incertidumbre, la variabilidad y los imprevistos son tres aspectos que normalmente acompañan el desarrollo de los proyectos de construcción en Colombia. Desde los enfoques de gestión, se han desarrollado diferentes herramientas que pretenden disminuir dichos aspectos y mitigar los impactos negativos que estos generan. El enfoque de *Lean Construction* enfatiza en la generación de valor y la disminución de las pérdidas a partir de la eficiencia de los procesos. El *Last Planner® System* (LPS), formulado a partir de los principios de *Lean Construction*, tiene como objetivo mejorar la confiabilidad de la planificación de los proyectos, sin embargo, su utilización no garantiza el éxito de los mismos. En Colombia desde hace más de una década se vienen implementando algunas herramientas de *Lean Construction*, siendo el LPS la herramienta más utilizada por las empresas constructoras del país. Desde la difusión del documento “*The Last Planner System of Production Control*” (H. G. Ballard, 2000), donde el autor concibe la planificación de proyectos de construcción en tres diferentes niveles: el plan maestro, que define paquetes de trabajo, los principales hitos y la estrategia del proyecto; el plan intermedio, donde de manera proactiva se identifican y remueven restricciones y el plan de corto plazo, donde el grupo de ejecutores del proyecto se compromete con las actividades semanales; las empresas constructoras colombianas se han aproximado a su implementación, obteniendo diferentes resultados. El grupo de investigación en Gestión de la Construcción (GESCON) de la Universidad EAFIT ha capacitado en los últimos 10 años a 35 empresas y acompañado a 23 en la implementación de los principios de *Lean Construction*. A pesar de la instrucción de seguir fielmente lo expresado por Ballard, autor del sistema, no todas las empresas desarrollan el sistema en sus tres diferentes niveles; sin embargo, la totalidad de las mismas realiza reuniones de planificación semanal y califica la confiabilidad de la planificación medida a través del indicador PPC (*Percent Plan Complete*), conocido en Colombia como PAC (Porcentaje de Asignaciones Completadas). Igualmente han llevado estadísticas sobre las causas de no cumplimiento de lo planificado y han desarrollado diferentes variables

adicionales al PAC que conforman una evaluación integral de los subcontratistas. Estas prácticas, asociadas al LPS se han convertido en herramientas rutinarias para la mayoría de las empresas que han abordado procesos de implementación de los principios de *Lean Construction*; no obstante, diferentes aproximaciones al sistema y la ausencia de una formalización de los procedimientos y buenas prácticas por parte de las compañías ha conducido a tener diferentes esquemas, lo cual ha dificultado determinar el impacto real que el LPS genera en el desempeño de los proyectos.

La investigación pretende responder la siguiente pregunta: *¿qué prácticas asociadas al LPS han implementado las empresas constructoras colombianas y cuál es el impacto en el desempeño de los proyectos ejecutados?*

2. JUSTIFICACIÓN

La actividad de la construcción ha sido un componente significativo dentro de la economía colombiana durante las últimas décadas. En el segundo trimestre de 2017, el PIB colombiano a precios constantes aumentó 1.3% con relación al mismo trimestre de 2016; el valor agregado del sector constructor aumentó un 0.3%, producto de la disminución de 7.4% en el subsector edificaciones y un aumento del 6.5% en el subsector de obras civiles (DANE, II trimestre 2017).

En el Foro Económico Internacional: 60 años de construcción e industria, realizado en mayo de 2017, la Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL), presentó las Perspectivas de la construcción en Colombia, con los siguientes datos del contexto y evolución del sector a 2016 (CAMACOL, mayo 2017):

- La construcción de edificaciones produce cerca de 78 billones de pesos al año, entre 2012 y 2016 creció un 10% en promedio anual, en contraste con un 4% de la economía.
- El sector constructor contribuyó en 2016 con cerca de 9.3 billones en pago de salarios directos a los trabajadores. Además, con corte a septiembre de 2017, el número de ocupados en el sector de la construcción se situó en 1'359.079 trabajadores, con una participación del 6.1% en el empleo nacional (CAMACOL, noviembre 2017).
- Los dos grandes segmentos de la construcción producían hasta 2010 el mismo valor, a partir de este año la vivienda ha tenido un dinamismo mayor que las edificaciones no residenciales.

A pesar de su importancia, los problemas que habitualmente ha enfrentado en nuestro medio son bien conocidos: baja productividad, calidad deficiente, altos índices de accidentalidad, desviaciones en cumplimiento de plazos y presupuestos (Botero & Álvarez, 2005), imprevistos, falta de coordinación entre áreas de trabajo, entre otros.

Algunas características de este tipo de industria, que la hacen particular respecto a otros sectores industriales, son las siguientes (Botero, 2000):

- Actividad predominantemente cíclica, afectada por la coyuntura macroeconómica.
- Poca uniformidad en los materiales utilizados y en los procesos desarrollados.
- Se producen generalmente productos únicos y no en serie, como en otras industrias.
- Los productos son fijos, alrededor se desplazan operarios móviles.
- La mano de obra es masiva, con poca capacitación, de carácter temporal, con alta rotación y muy poca remuneración; esto genera falta de sentido de pertenencia y motivación.
- Se trabaja con un grado bajo de precisión comparado con otro tipo de industrias, esto en términos de costo, plazo, medidas, resistencias, entre otros.
- Las prácticas y tradiciones están profundamente arraigadas, motivo por el cual la introducción de nuevas metodologías se dificulta.
- Las actividades se realizan a la intemperie, por lo cual están expuestas a imprevistos climáticos y se dificulta el almacenamiento de productos.
- El ciclo de vida de los productos es largo si se compara con otras industrias, donde el usuario adquiere determinado producto varias veces en su vida.

Desde hace aproximadamente una década, se han venido implementando los principios de *Lean Construction* en Colombia. El grupo de investigación en Gestión de la Construcción (GESCON) de la Universidad EAFIT ha apoyado este proceso a partir de la capacitación a profesionales y consultoría de apoyo en diferentes empresas colombianas. Dentro de las herramientas Lean que se han difundido, el LPS ha sido la más utilizada, sin embargo, no todas las empresas siguen los lineamientos que sus autores han propuesto; existen variaciones respecto al marco teórico original, producto bien, sea de adaptaciones al ritmo y necesidades del trabajo en Colombia, u omisiones por falta de conocimiento.

El presente trabajo de investigación permitirá determinar la apropiación, el grado de implementación y las variaciones del LPS en diferentes empresas constructoras colombianas, identificando sus resultados más relevantes en cuanto al desempeño de los proyectos y la relación profesionales-subcontratistas-mano de obra, en un sector donde la rotación de trabajadores y profesionales es cada vez mayor y dificulta la continuidad de las políticas de empresa.

La construcción de un Manual de Buenas Prácticas del LPS facilitará a los profesionales el seguimiento de los lineamientos de la metodología, con el fin de alcanzar de forma efectiva los resultados que el sistema persigue.

Además, a partir del trabajo de campo, las empresas podrán conocer su desempeño y la percepción y apropiación de la herramienta por parte de profesionales, subcontratistas y mano de obra; y a su vez compararlo con los resultados obtenidos en otras empresas afines. Respecto al acompañamiento en los proyectos piloto de las empresas seleccionadas, se podrá verificar el impacto de estas buenas prácticas en el desarrollo de los proyectos de construcción y cuantificar su desempeño mediante la puesta en marcha de los indicadores propuestos en los tres niveles de planificación.

En cuanto a la academia, permitirá la reflexión en torno a los resultados que se han alcanzado después de los esfuerzos realizados por capacitar profesionales y empresas del sector de la construcción.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Identificar las prácticas de *Last Planner® System* (LPS) implementadas por las empresas constructoras colombianas, determinando sus resultados y el impacto en el desempeño final de los proyectos de construcción, con el fin de proponer un Manual de Buenas Prácticas asociadas al LPS y las acciones al interior de las empresas tendientes a la sostenibilidad del sistema.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Sintetizar el estado del arte acerca del LPS en diferentes países del mundo donde se ha implementado la metodología, abarcando aspectos teóricos, casos de estudio, integración con otras metodologías, implementación en diseño, implementación en otras áreas y métodos de enseñanza.
2. Seleccionar algunas de las empresas constructoras de las ciudades de Barranquilla, Bogotá, Bucaramanga, Cúcuta, Manizales y Medellín, capacitadas por la Universidad EAFIT, que hayan implementado los principios y herramientas de *Lean Construction*, particularmente el LPS, durante los últimos 10 años, con el fin de determinar los procedimientos utilizados para la implementación de LPS, establecer el grado de apropiación de la herramienta dentro del grupo de profesionales de las compañías y analizar el grado de conocimiento de la misma en subcontratistas y personal operativo.

3. Confrontar las diferencias que existen respecto al grado de implementación, las prácticas empleadas y el grado de apropiación del sistema entre las empresas seleccionadas y por ubicación geográfica.
4. Proponer un Manual de Buenas Prácticas para la implementación del LPS que incluya recomendaciones para llevar de forma adecuada los tres niveles de planificación en las compañías, e indicadores que permitan medir el impacto de la herramienta en el desempeño de los proyectos de construcción.
5. Capacitar y acompañar a los profesionales de las áreas de construcción, planeación y control de tres empresas de construcción seleccionadas, respecto a los principios y las buenas prácticas del LPS y el proceso de implementación y mejora de los tres niveles de planificación en proyectos pilotos.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

Shingo (1985) define la producción como una red de procesos y operaciones. Un proceso es el flujo continuo mediante el cual se convierte materia prima en bienes terminados a través de cuatro fenómenos: procesamiento, inspección, transporte y almacenamiento. Una operación es cualquier acción llevada a cabo por el hombre, máquina o equipo sobre la materia prima, productos semielaborados o bienes de consumo. Cada etapa del proceso de manufactura tiene una operación correspondiente, es decir existen las operaciones de procesamiento, operaciones de inspección, operaciones de transporte y operaciones de almacenamiento (Shingo, 1985).

La producción abarca una serie de funciones necesarias para que una empresa u organización realice una actividad económica-social al transformar materiales y/o recursos en productos y/o servicios (M. González, 2006). Dicha transformación se lleva a cabo a través de un sistema de producción, que consiste en personas, equipos y procedimientos diseñados para combinar materiales y procesos que constituyen las operaciones de manufactura de una compañía (Groove, 2007). De esta forma, los sistemas de producción proporcionan un marco estructural para las normas y estándares relativos a los procesos organizativos y sociales (Clarke, 2006).

A continuación, se describen cinco grandes paradigmas y/o hitos en la historia de la manufactura moderna: la producción artesanal, los principios de administración científica, la producción en masa, el sistema de producción de Toyota y finalmente, la filosofía de producción Lean, eje conductor del presente trabajo.

4.1.1 Producción artesanal

La producción artesanal se define como la creación de un producto único bajo la demanda y especificaciones del cliente, con mano de obra especializada y maquinaria de uso general. Previo a la Revolución Industrial, este tipo de producción era la base de la economía mundial; no había una gran necesidad de administración, pues los grupos de trabajo eran pequeños, organizados por sí mismos, sin traslados y sin un edificio común (Williams, 2013). Los bienes producidos con el método artesanal presentaban las características que se resumen a continuación (Dennis, 2007; Koren, 2010; Womack et al., 2007):

- Mano de obra altamente especializada.
- Organizaciones extremadamente descentralizadas, aunque concentradas dentro de una sola ciudad. La mayoría de partes y diseños venían de pequeños talleres y el sistema era coordinado por un dueño en contacto directo con cada uno de los involucrados.
- Empleo de máquinas y herramientas de uso general para realizar perforaciones, molienda y otras operaciones sobre metal y madera.
- Muy bajo volumen de producción y altos precios.
- No había dos modelos exactamente iguales debido a las variaciones inherentes de las técnicas de producción artesanal. Cada producto era básicamente un prototipo y por ende la calidad no podía ser predecible.
- Modelo de negocio tipo *pull*: vender-diseñar-hacer. El cliente paga de forma anticipada, después se diseña y finalmente se produce el bien.
- Actividades de mejoramiento muy poco difundidas, incluso en algunas organizaciones las veían como una amenaza.

El tránsito del taller artesanal al taller fabril se dio a partir de la primera Revolución Industrial (1750 - 1840), que consolidó, primero en Europa y después en Estados Unidos, el sistema de fabricación, que se constituye, a su vez, en antecedente inmediato de la fábrica industrial. Este proceso forzó, paulatinamente, a los artesanos a convertirse en obreros (Barba, 2010), pues el sistema de producción emergente trajo consigo la división del trabajo: cada trabajador, interactuando con las máquinas, realizaba tareas independientes altamente

especializadas (Williams, 2013). Ahora un gran número de personas trabajaban bajo el mismo techo y la eficiencia de la producción dependía en gran parte de la habilidad de los obreros, complementada con la vigilancia de los capataces o la supervisión de los ingenieros de producción o inspectores departamentales (Barba, 2010), quienes tomaban decisiones al azar, sin un estudio, pensamiento o recopilación de información sistemáticos. No había procedimientos para estandarizar las operaciones, ni normas con las cuales se pudiera juzgar si el desempeño era bueno o malo, además, no existían incentivos para que los jefes y trabajadores cooperaran entre ellos, razón por la cual ambos grupos siguieron el sistema tratando de sacar ventaja del otro (Williams, 2013).

4.1.2 Taylorismo: principios de administración científica

Para finales del siglo XIX y comienzos del siglo XX, el control del trabajo y la reducción del tiempo y movimientos empleados en los procesos de producción, constituían los principales problemas de la industria manufacturera. Frederick Winslow Taylor, ingeniero mecánico estadounidense y padre de la administración científica, logró dar respuesta a dichas dificultades a través de la observación y la experimentación del proceso laboral (Barba, 2010).

Taylor comenzó su carrera como trabajador en Midvale Steel Company, productora de acero en Pensilvania, Estados Unidos, donde posteriormente ascendió a creador de patrones, supervisor e ingeniero en jefe (Williams, 2013). Durante su trabajo en la compañía, Taylor observó que los trabajadores en lugar de trabajar tanto y tan rápido como era posible, bajaban deliberadamente su ritmo de producción, pues no tenían ningún incentivo para trabajar más rápido o para ser más productivos; además, sus superiores no tenían ninguna idea del tiempo que se requería para realizar un trabajo (Mol & Birkinshaw, 2008). Taylor incorporó el cronómetro y analizó los movimientos y las herramientas idóneas con tiempos controlados para minimizar el tiempo y esfuerzo requeridos en la realización de las tareas (Calderón, Magallón, & Núñez, 2010); separó la ejecución del diseño en el proceso de

producción y sugirió la incorporación de un departamento pensante y el establecimiento de una política salarial (Barba, 2010).

De esta forma, la administración científica tayloriana del trabajo consistió en ubicar las ventajas y los beneficios que conllevaba la descomposición de los procesos de trabajo en actividades simples que pudieran mejorarse, medirse y realizarse, sin necesidad de realizar costosas y tardadas sesiones de capacitación a los trabajadores (Pacheco, 2010). Para tal fin, el autor formuló cuatro principios básicos que pretendían acabar con el bajo rendimiento sistemático del obrero en la producción (Hernández & Ramírez, 2010; Mol & Birkinshaw, 2008; Pacheco, 2010):

1. Desarrollar, para cada elemento del trabajo del obrero, una ciencia que reemplace los antiguos métodos empíricos y que permita la descomposición de las labores de los obreros en sus actividades más simples, cuantificándolas y reorganizándolas.
2. Seleccionar científicamente y luego instruir, enseñar y formar al obrero. Cada trabajador debe ser responsable de la tarea para la cual tenga más aptitudes.
3. Cooperar cordialmente con los obreros para que todo el trabajo sea hecho de acuerdo con los principios científicos que se apliquen.
4. Distribuir equitativamente el trabajo y la responsabilidad entre la administración y los obreros. Cooperación estrecha y amable entre directivos y trabajadores.

Para Taylor no existían problemas entre directivos y obreros, sino administraciones, métodos de trabajo y creencias inadecuadas para la lógica de la producción. Estos principios fueron la base de un método de cooperación que buscaba optimizar la actividad productiva y asegurar la máxima prosperidad para el patrón y para cada uno de los empleados (Hernández & Ramírez, 2010).

4.1.3 Fordismo: producción en masa

Las ideas de Taylor fueron recogidas por Henry Ford, quien las utilizó como base para su modelo de producción en serie (Mol & Birkinshaw, 2008), también denominado producción en masa o en cadena, hito revolucionario en la producción industrial impulsado desde la

primera década de 1900. El Fordismo agregó al Taylorismo la integración de los diferentes segmentos del proceso de trabajo a través de la cadena de producción semiautomática y la asignación de los obreros a puestos de trabajo con un emplazamiento definido por la configuración del sistema de máquinas (Barba, 2010).

El principal objetivo de Ford consistió en la completa y consistente intercambiabilidad de partes y la simplicidad de unir las unas a otras, innovaciones en fabricación que hicieron posible la línea de ensamblaje (Womack et al., 2007). El deseo de Ford de hacer su “Modelo-T” asequible a un número mayor de clientes potenciales fue el motor que originó este paradigma de producción (Koren, 2010), que buscaba superar los problemas derivados de la producción hasta entonces empleada, reducir costos e incrementar la calidad del producto. Para satisfacer la demanda del “Modelo-T”, Ford tuvo que abandonar el sistema de producción en que los trabajadores se concentraban alrededor del coche y reemplazarlo por la cadena de montaje móvil, en la que los coches parcialmente montados se ataban con cuerdas para que pudieran ir pasando ante los trabajadores a una velocidad fija, pues en palabras de Ford “el hombre que pone un tornillo, no pone la tuerca; el hombre que pone la tuerca, no la aprieta” (Mol & Birkinshaw, 2008).

Ford complementa además la propuesta salarial de Taylor y logra el control del ritmo de trabajo del obrero con la cadena de producción semiautomática; el obrero recibía cinco dólares por día, poco más del doble del promedio del obrero de la época en la industria automotriz, a cambio de la intensificación meticulosa de las tareas en la línea de montaje y la vigilancia constante de sus hábitos sociales y de consumo (Barba, 2010) (ver Tabla 1).

Las características dominantes de los bienes producidos en masa son (Koren, 2010):

- Limitada variedad de productos.
- Alto volumen de producción para alcanzar economías de escala.
- Modelo de negocio tipo *push*: diseñar-hacer-vender.
- Maquinaria y líneas de ensamblaje que reducen costos.
- Mano de obra relativamente poco especializada.

Tabla 1. La Ford Motor Company y el impacto de la producción en masa. Adaptado de (Koren, 2010)

Año	Acontecimiento
1896	Primer prototipo de automóvil Ford.
1903	Establecimiento de la compañía Ford Motor.
1909	Precio del Modelo-T: \$825. Salario mínimo: \$2/día.
1913	Introducción de la línea de ensamblaje móvil de Ford. Ford fabricaba cerca del 50% de automóviles en Estados Unidos.
1914	Precio del Modelo-T: \$440. Salario mínimo: \$5/día.

La crisis internacional de la década de 1970, caracterizada por el estancamiento económico, la alta inflación y el aumento del desempleo, afectó profundamente al Fordismo. La falta de mecanismos de previsión frente a la sobreproducción ocasionó que gran cantidad de plantas cerraran y por consiguiente hubo un gran número de despidos, además de una acelerada dispersión de la producción hacia regiones periféricas (C. M. Rodríguez, 2013).

4.1.4 Sistema de Producción Toyota: producción flexible

El sistema de producción Toyota fue desarrollado después de la Segunda Guerra Mundial, por el ingeniero japonés Taiichi Ohno, cuando el mercado post-guerra era pequeño para la compañía Toyota. El llamado Toyotismo o producción flexible, dio respuesta a los problemas que habían surgido en la crisis del Fordismo, pues era capaz de producir grandes volúmenes y a la vez generar una producción diferenciada, además, podía adaptarse eficazmente a los cambios de la demanda (C. M. Rodríguez, 2013) (ver Tabla 2). El enfoque consistía en eliminar desperdicios de materiales y tiempo en cada etapa del proceso de producción, desde la materia prima hasta los bienes terminados. Se buscaban procesos rápidos y flexibles, que dieran a los clientes lo que querían, cuando lo querían, con la más alta calidad y a un precio asequible (Liker, 2004). El principal objetivo era producir muchos modelos en pequeñas cantidades (Ohno, 1988), contrario al ideal de la producción en masa: alto volumen de producción con limitada variedad de productos.

Tabla 2. Características del Taylorismo vs Toyotismo. Adaptado de (Pacheco, 2010)

Taylorismo	Toyotismo
Empresa enfocada en “vender lo que se produce”: modelo de negocio tipo <i>push</i> .	Empresa enfocada en “producir solo lo que se va a vender”: modelo de negocio tipo <i>pull</i> .
Comunicación débil con clientes y proveedores.	Se impulsa relación con clientes y proveedores.
Trabajador fundamentalmente como fuerza física.	Trabajador como fuerza física, intelectual y emocional.
Alta especialización de los trabajadores.	Formación de trabajadores polivalentes multitareas.
Se propicia el trabajo individual.	Se propicia el trabajo en equipo.
Se inhibe la participación del trabajador, sumisión total ante sus supervisores.	Se estimula la participación creativa del trabajador.

Los dos conceptos básicos del sistema son (Sugimori, Kusunoki, Cho, & Uchikawa, 1977):

1. La reducción del costo a través de la eliminación del gasto. Se busca encaminar todo el esfuerzo para alcanzar un costo bajo de producción y se asume que, algo más que la cantidad mínima de equipos, materiales, partes y trabajadores, absolutamente necesarias para la producción, son excedentes que incrementan el costo.
2. El pleno aprovechamiento de las capacidades de los trabajadores. Se pretende construir un sistema de trabajo con énfasis en la eliminación de tiempo no productivo de los trabajadores, preocupación por su seguridad y explotación de sus capacidades al confiarles más responsabilidad y autoridad.

Además, Spear y Bowen (1999) especifican cuatro reglas básicas que caracterizan la producción flexible:

1. Todo el trabajo debe ser altamente específico en contenido, secuencia, plazos y resultado.
2. Cada conexión cliente-proveedor debe ser directa sin ambigüedades en la forma de enviar y recibir respuestas.
3. La ruta para cada producto y servicio debe ser simple y directa.
4. Cualquier mejora debe ir en acuerdo con el método científico, bajo la guía de un maestro en el nivel más bajo posible de la organización.

4.1.5 Teoría de producción Lean

La teoría o filosofía de producción Lean se originó dentro de los principios del Sistema de Producción Toyota, sin embargo, el término “Lean” se dio a conocer a partir de 1990 con la primera publicación del libro “*The machine that changed the world*” de los autores Womack, Jones y Roos. El término fue acuñado por el investigador estadounidense John Krafcik, quien trabajaba para el Programa Internacional de Vehículos Automotores (IMVP por sus siglas en inglés) del Instituto de Tecnología de Massachusetts (Womack et al., 2007).

Esta filosofía de producción se define como Lean, que traduce “esbelto” o “ajustado” en español, puesto que usa “menos de todo” comparado con la producción en masa: menor esfuerzo humano en la fábrica, menor espacio para la manufactura, menor inversión en herramientas y menor cantidad de horas de ingeniería para desarrollar un producto nuevo en menor tiempo (Womack et al., 2007). La producción Lean combina las ventajas de la producción artesanal y la producción en masa, en tanto que evita los altos costos de la primera y la rigidez de la segunda, pues emplea equipos de trabajadores con múltiples aptitudes en todos los niveles de la organización y usa maquinaria altamente flexible, cada vez más automatizada para producir altos volúmenes de productos en múltiples variedades (Womack et al., 2007).

Dentro de la base conceptual de esta filosofía de producción, Koskela (1992) menciona una serie de principios para el diseño de flujo de procesos, el control y el mejoramiento:

1. Reducir la proporción de actividades que no agregan valor.
2. Incrementar el valor del producto.
3. Reducir la variabilidad.
4. Reducir los tiempos de ciclo.
5. Simplificar el número de pasos, partes y conexiones en los procesos.
6. Incrementar la flexibilidad de la producción.
7. Incrementar la transparencia del proceso.
8. Enfocar el control al proceso completo.
9. Mejoramiento continuo de los procesos.

10. Balance de mejoramiento de flujo con mejoramiento de conversión.

11. Comparación de desempeño.

El pensamiento convencional veía la producción solo como la conversión de procesos, en tanto que la filosofía de producción Lean la ve como el conjunto de conversión y flujo de procesos, en los cuales solo la conversión agrega valor al proceso productivo, por lo cual la mejora en el flujo de procesos debe enfocarse principalmente en su reducción o eliminación (L. Koskela, 1992).

Tabla 3. Características de la producción tradicional vs la producción Lean. Adaptado de (L. Koskela, 1993)

Filosofía de producción tradicional	Filosofía de producción Lean
La producción se entiende como un conjunto de conversiones, donde todas las actividades agregan valor.	La producción se entiende como un conjunto de conversiones y flujos, donde hay actividades que agregan y otras que no agregan valor.
El foco de control es el costo de las actividades.	El foco de control es el costo, el tiempo y el valor de los flujos.
El mejoramiento se centra en incrementar la eficiencia implementando nueva tecnología.	El mejoramiento se centra en eliminar las actividades que no agregan valor, incrementar la eficiencia de las actividades que agregan valor e implementar nueva tecnología.

4.1.6 Filosofía de construcción Lean

La filosofía de construcción Lean tiene por lo menos dos focos que la distinguen de la gestión de la construcción tradicional, el primero es el desperdicio y la eliminación de pérdidas y el segundo es la gestión de los flujos de procesos (Ballard & Howell, 1994) según el modelo transformación-flujo-valor (TFV), el cual plantea el objetivo de optimizar las transformaciones minimizando los tiempos de espera, inspección y movimiento para obtener más valor en los productos finales (L. Koskela, 2000).

La teoría de producción Lean se adaptó al sector de la construcción a partir de la publicación del profesor Lauri Koskela (1992) “*Application of the new production philosophy to construction*”, a través del análisis de metodologías de producción como *Just In Time* (JIT), *Total Quality Management* (TQC), competencia basada en el tiempo e ingeniería concurrente.

Otros investigadores, como Glenn Ballard, profesor de la Universidad de California, aportaron también herramientas para la adaptación de la producción “Lean” al sector constructivo. Ballard en compañía de Koskela, impulsaron la fundación del Grupo Internacional de Lean Construction (IGLC, por sus siglas en inglés), durante la primera conferencia sobre sistemas de gestión de proyectos de construcción en 1993 en Helsinki-Finlandia, donde se decide usar, por primera vez, la expresión “*Lean construction*” para referirse a la implementación de la nueva filosofía de producción en el sector constructivo (Porras, Sánchez, & Galvis, 2014). El IGLC es una red internacional de investigadores de la práctica y la academia en arquitectura, ingeniería y construcción (AEC), cuya visión es el desarrollo de nuevos principios y métodos para la gestión de la producción específicamente adaptados a la industria AEC, pero similares a los que definen la producción Lean, exitosa en la industria de la manufactura (IGLC, 2017).

Más adelante, en agosto de 1997, se fundó el Instituto Lean Construction (LCI, por sus siglas en inglés) como una asociación entre Gregory A. Howell y Glenn Ballard, organismo dedicado a la investigación, formación y consultoría en gestión de la producción de la industria de la construcción (G. Ballard, 2000).

La filosofía Lean aplicada al sector de la construcción ha tenido notables avances durante las dos últimas décadas; sus principios y conceptos generales han tenido eco en numerosos países, gracias al éxito que ha demostrado en proyectos desarrollados bajo sus convicciones y las ventajas respecto a las metodologías de gestión de la construcción tradicional.

4.2 DEFINICIÓN DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL

La planificación puede definirse como un proceso de toma de decisiones anticipada que involucra un sistema de partes interdependientes, en el que cada parte debe ser evaluada y revaluada a la luz de, al menos, otra parte (Ackoff, 1966). Este proceso responde las siguientes preguntas (Laufer & Tucker, 1987): ¿qué se debería hacer?, en relación a las actividades; ¿cómo se debería hacer?, refiriéndose a los métodos; ¿quién debería realizarlo y con qué medios?, haciendo alusión a los recursos; y ¿cuándo se debería hacer?, respecto

a la secuencia y ritmo de ejecución. El “qué”, por lo general, es facultad del dueño del proyecto; el “cómo”, “quién” y “cuándo” son competencia del subcontratista.

La planificación de la construcción involucra multiplicidad de participantes, roles, niveles y tiempos. Laufer et al (1994) propusieron la planificación en la construcción como un proceso compuesto por varios elementos; cuanto más de aquellos elementos estén presentes, más fácilmente se reconoce el proceso como planificación. Dichos elementos son los siguientes:

1. Un proceso de toma de decisiones.
2. Un proceso anticipado para decidir qué y/o cómo realizar acciones en determinado evento futuro.
3. Un proceso de integración de decisiones interdependientes dentro de un sistema de decisiones.
4. Un proceso jerárquico que se desarrolla desde pautas generales hasta objetivos específicos y la definición de recursos y restricciones que permitan establecer líneas de acción detalladas.
5. Un proceso que incluye la búsqueda de información, el desarrollo, diseño, análisis y evaluación de alternativas y la toma de decisiones.
6. El empleo sistemático de procedimientos.
7. Presentación documentada, en forma de planes.

Por su parte, el control es el proceso que asegura que se conserven las líneas de acción y se alcancen los objetivos deseados y definidos en el proceso de planificación; involucra la medida y evaluación del desempeño y la toma de medidas correctivas cuando dicho desempeño diverge de los objetivos. Por lo tanto, la planificación y el control son funciones inseparables que van de la mano (Talloo, 2007).

El proceso de control debe ser realizado teniendo en cuenta dos dimensiones: eficiencia y eficacia. Respecto a la primera, el control debe mejorar la forma en que los recursos son utilizados, reduciendo constantemente los insumos y/o el tiempo necesario para la producción. En relación a la eficacia, el control busca aumentar la probabilidad de que las actividades se lleven a cabo como se planificaron, al corregir desviaciones entre lo planificado y lo realmente ejecutado (Botero, 2008). De esta forma, el fin último del control

resulta ser la búsqueda de la efectividad en el proceso de planificación, al equilibrar la eficiencia y la eficacia con la que se desarrollan las actividades.

4.3 DIFERENCIA ENTRE PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN

Debido a que el tiempo es uno de los factores determinantes en el desarrollo de los proyectos, en muchas ocasiones se concentran los esfuerzos en resolver la pregunta “¿cuándo se debería hacer?” y se resta importancia a factores como el alcance, el presupuesto y la calidad (Laufer & Tucker, 1987; Oberlender, 2000). Lo anterior ha propiciado que en el medio se asuman como sinónimos los términos planificación y programación, y sean usados indistintamente para hacer referencia al mismo concepto.

Oberlender (2000) define la programación como el proceso para determinar el orden secuencial de las actividades planificadas, asignando duraciones realistas a cada actividad, determinando las fechas de comienzo y de fin de las mismas y su relación como predecesoras o antecesoras de las demás actividades. De esta forma, la programación puede entenderse como un componente dentro del proceso de planificación, cuya elaboración está supeditada por la definición de las actividades requeridas para completar con éxito el proyecto y los métodos para conseguirlas; es primordial dar respuesta a los interrogantes ¿qué? y ¿cómo? para poder proceder con la programación del proyecto, que involucra el orden e interdependencia de las actividades y los recursos materiales y humanos necesarios para ejecutarlas, es decir, responde los interrogantes ¿cuándo? y ¿quién?

4.4 TÉCNICAS DE PLANIFICACIÓN Y VISUALIZACIÓN

El proceso de planificación se materializa a través de diferentes técnicas de planificación visualizadas mediante herramientas computacionales, bien sea un software comercial, una hoja de cálculo o un programa diseñado a la medida. La técnica de planificación utilizada en la gran mayoría de obras en Colombia corresponde al método clásico de la ruta crítica o CPM (*Critical Path Method*) y se visualiza mediante un diagrama de Gantt empleando para ello el

software Microsoft Project. De forma alternativa, y menos frecuente, se utiliza la línea de balance, técnica que involucra la localización como una dimensión adicional de la programación de actividades.

4.4.1 Diagrama de Gantt

Representación gráfica desarrollada por Henry Gantt en 1917 que relaciona una lista de actividades con una escala temporal. Las actividades son representadas como barras dispuestas de forma horizontal a través de la escala temporal, representada por columnas. Cada barra se dibuja desde su comienzo hasta su terminación, por lo cual la magnitud de la misma corresponde a la duración de la actividad (Botero, 2008). El flujo del trabajo se grafica mediante flechas entre las actividades que indican la relación de dependencia entre las mismas. Aunque el programa permite visualizar las actividades, subactividades y la dependencia que existe entre las mismas, el nivel de información que se obtiene en cuanto al ritmo de ejecución y la posible interferencia entre tareas, no es muy detallado.

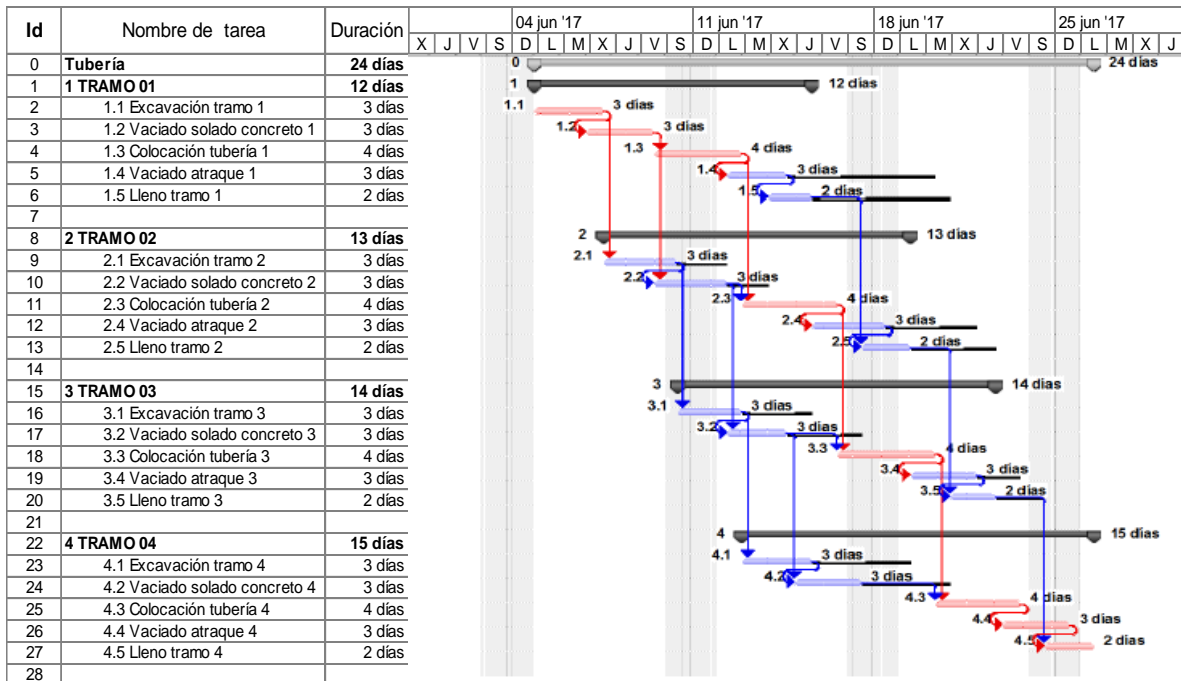


Ilustración 1. Esquema de programación con CPM visualizado con diagrama de Gantt. Elaboración propia

4.4.2 Líneas de balance

Este método se basa en los mismos principios usados en la manufactura para los procesos de fabricación en serie, bajo el principio de alcanzar una alta productividad, balanceando todos los recursos del sistema de producción (Botero, 2008). Su utilización se ha extendido a la construcción con el nombre de Sistema de Gestión Basado en Localización (*Location Based Management System*, LBMS) o técnica de línea de balance (*Line of Balance*, LOB).

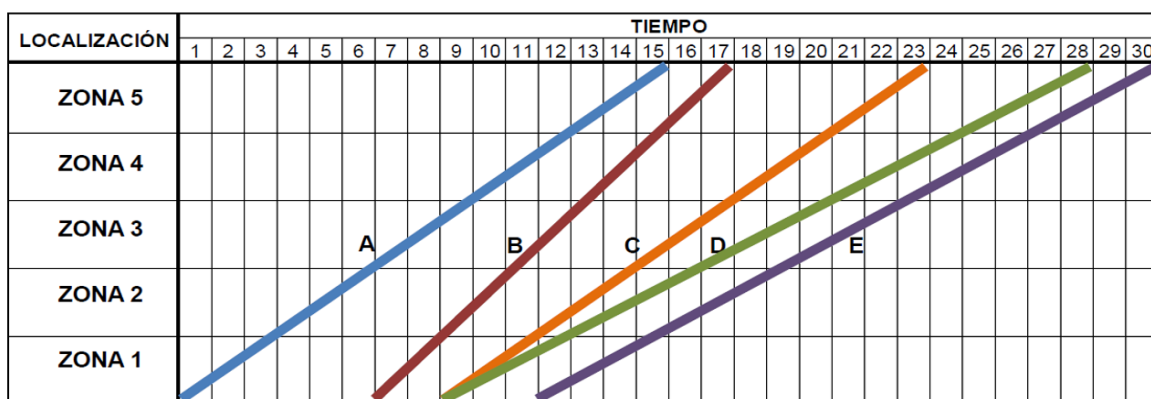


Ilustración 2. Esquema de programación con líneas de balance. Elaboración propia

Se recomienda construir en cada obra las líneas de balance, pues se encuentran ventajas como las siguientes:

1. Permiten una rápida ilustración de la programación global de la obra y permite identificar con facilidad cuáles son las actividades por desarrollar y dónde se deben estar ejecutando, la fecha de inicio y de finalización de cada una de ellas y el ritmo al cual se ejecutan.
2. El método de planificación es muy gráfico y logra condensar todo lo que concierne al proyecto, por lo cual permite una fácil interpretación del cronograma de obra.
3. Se logran identificar los traslapos de actividades rápidamente, lo que facilita al profesional elaborar una programación más eficiente y ajustada a la realidad del proyecto.
4. Los tiempos muertos se reconocen de manera ágil, lo cual no se logra con el método tradicional de diagrama de Gantt. Lo anterior posibilita la transformación de tiempo no

contributivo en tiempo que agregue valor al proyecto, por ende, se alcanza una mayor eficiencia financiera y económica al final del mismo.

5. Se detectan errores tempranos en la programación de la obra, lo que permite corregirlos con antelación y no cuando la obra está en ejecución, evitando atrasos en la misma.

4.5 PRINCIPIOS BÁSICOS DEL LPS

El término *Last Planner*[®] refiere a la cadena jerárquica de planificadores, donde el último planificador actúa en la fase de ejecución de las asignaciones (L. Koskela & Howell, 2002). El sistema tiene dos componentes básicos: la unidad de producción y el control del flujo de trabajo. El trabajo de la unidad de producción es definir progresivamente mejores asignaciones a los trabajadores directos a través de aprendizaje continuo y acciones correctivas. La función del flujo de trabajo es hacer que el trabajo fluya proactivamente a través de las unidades de producción en la mejor secuencia y velocidad posible (H. G. Ballard, 2000).

Las asignaciones, afirma Ballard (2000), aluden al trabajo directo como resultado de la planificación detallada a nivel de la unidad de producción, representan un compromiso con el resto de la organización y deben contar con ciertas características de calidad como:

1. Estar bien definidas, es decir, libre de ambigüedades.
2. Seleccionarse dentro de una secuencia correcta de trabajo, es decir, que sean consecuentes con la lógica interna del trabajo, los compromisos y metas del proyecto y las estrategias de ejecución.
3. Designarse en la proporción adecuada según las ratas de producción de las cuadrillas; la cantidad de trabajo debe ser consecuente con la capacidad de la mano de obra.
4. Contar con disponibilidad de recursos y completitud de prerrequisitos.

Las asignaciones deben forjarse en el proceso de planificación, donde se define lo que se EJECUTARÁ, con base en aquello que DEBERÍA realizarse y aquello que tiene vía libre para hacerlo y, por ende, PUEDE realizarse (H. G. Ballard, 2000). De esta forma se garantiza un

flujo de trabajo continuo y se evitan los contratiempos por falta de recursos o prerequisites incompletos que generan tiempos muertos dentro del proceso constructivo.



Ilustración 3. Esquema del proceso de planificación del LPS. Adaptado de (H. G. Ballard, 2000)

Dentro del marco teórico del LPS se reconocen cuatro niveles de planificación: planificación general o plan general, planificación de fases, planificación intermedia o *lookahead* y planificación a corto plazo. En Colombia, sin embargo, se hace énfasis en la planificación general, planificación intermedia y planificación a corto plazo. Dichos niveles de planificación van desde lo general a lo particular, donde el último eslabón corresponde al último planificador, quien actúa directamente en la fase de ejecución de las asignaciones.

El desempeño del proceso de planificación se mide a través del indicador Porcentaje de Actividades Completadas² (PAC), relación entre el número de actividades completadas y el número de actividades planificadas. El PAC resulta ser una herramienta efectiva para ejercer control en el nivel de la unidad de producción, un PAC elevado indica una alta productividad.

Koskela (1999) describe cinco principios básicos en la metodología:

1. Las asignaciones deberían estar en sintonía con sus prerequisites, es decir, no deberían iniciarse hasta que todos los elementos necesarios para su realización se hayan completado. Los prerequisites pueden así entenderse como pasos previos y necesarios para dar comienzo a determinada actividad.
2. La ejecución de las asignaciones debe ser medida y monitoreada.

² También llamado Porcentaje del Plan Completado según la traducción literal del indicador: *Percent Plan Complete*.

3. Las causas de no cumplimiento de las asignaciones deben ser investigadas e identificadas, con el fin de evitar recurrencia en el futuro y alimentar el proceso de mejora continua en la compañía.
4. Se debe mantener una reserva de actividades de acuerdo con cada cuadrilla, esto con el fin de que si por cualquier factor ajeno al control interno de la obra, determinada actividad no pudiera realizarse, la cuadrilla tenga en qué ocuparse, evitando tiempos muertos o no productivos.
5. En la planeación intermedia, o *lookahead*, los prerequisites de las futuras asignaciones se preparan activamente, para asegurar que las mismas puedan ejecutarse.

4.6 PLANIFICACIÓN TRADICIONAL VS. LPS

En el sistema de planificación tradicional se definen los objetivos del proyecto y a partir de la información de entrada del mismo, se definen las asignaciones que “deberían” ejecutarse (ver Ilustración 4). Cuando estas asignaciones están definidas la etapa de ejecución entra en acción, sin preguntarse previamente si la actividad “puede” ejecutarse. Si el enfoque de planificación tradicional funcionara perfectamente, lo “ejecutado” coincidiría siempre con lo que se “debería” ejecutar (Ballard & Howell, 1994), sin embargo, no es así, pues se encuentra incertidumbre en el camino y es por esta razón que el gremio constructor tradicional se ha caracterizado por la variabilidad, baja productividad, imprevistos e incumplimiento de plazos en sus contratos. En contraste, la planificación vista desde un enfoque Lean a través del LPS (ver Ilustración 5), reduce la incertidumbre dentro del proceso de planificación, pues incluye, previo a la ejecución de las actividades, el análisis de restricciones en el plan intermedio que permiten asegurar que las asignaciones puedan ser ejecutadas y retroalimenta semanalmente el proceso para que haya aprendizaje dentro del equipo de trabajo y se concentren esfuerzos por identificar la causa raíz de los incumplimientos para evitar recurrencia futura. El proceso de planificación debe centrarse principalmente en la gestión del “puede”; mientras más se pueda agrandar el “puede”, mayor será la posibilidad real de avance, pues si la cantidad de actividades que pueden ejecutarse es baja, el ritmo de avance

puede verse afectado (A. D. Rodríguez, Alarcón, & Pellicer, 2011). En los numerales siguientes se explica con detalle cada una de las etapas de planificación definidas en el LPS.

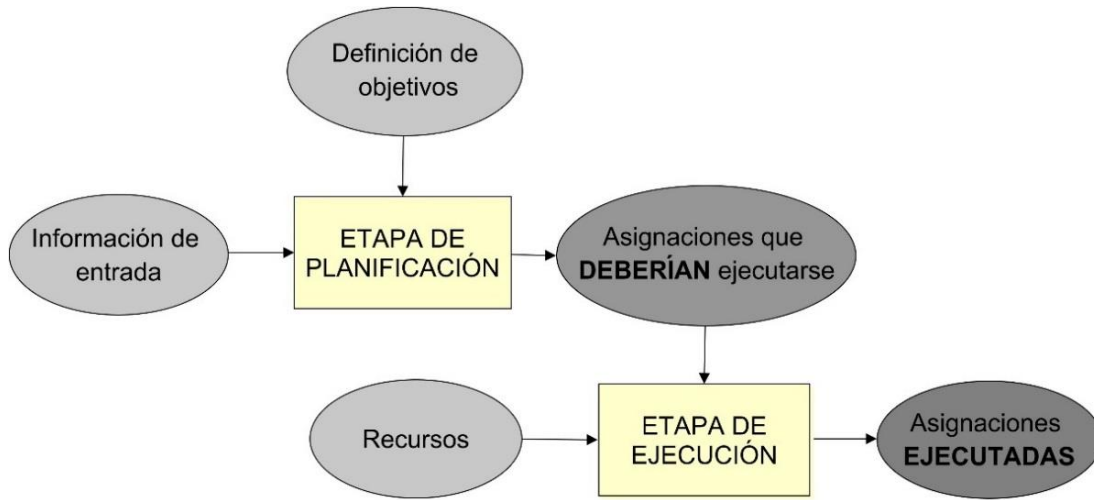


Ilustración 4. Sistema de planificación tradicional. Adaptado de (H. G. Ballard, 2000)

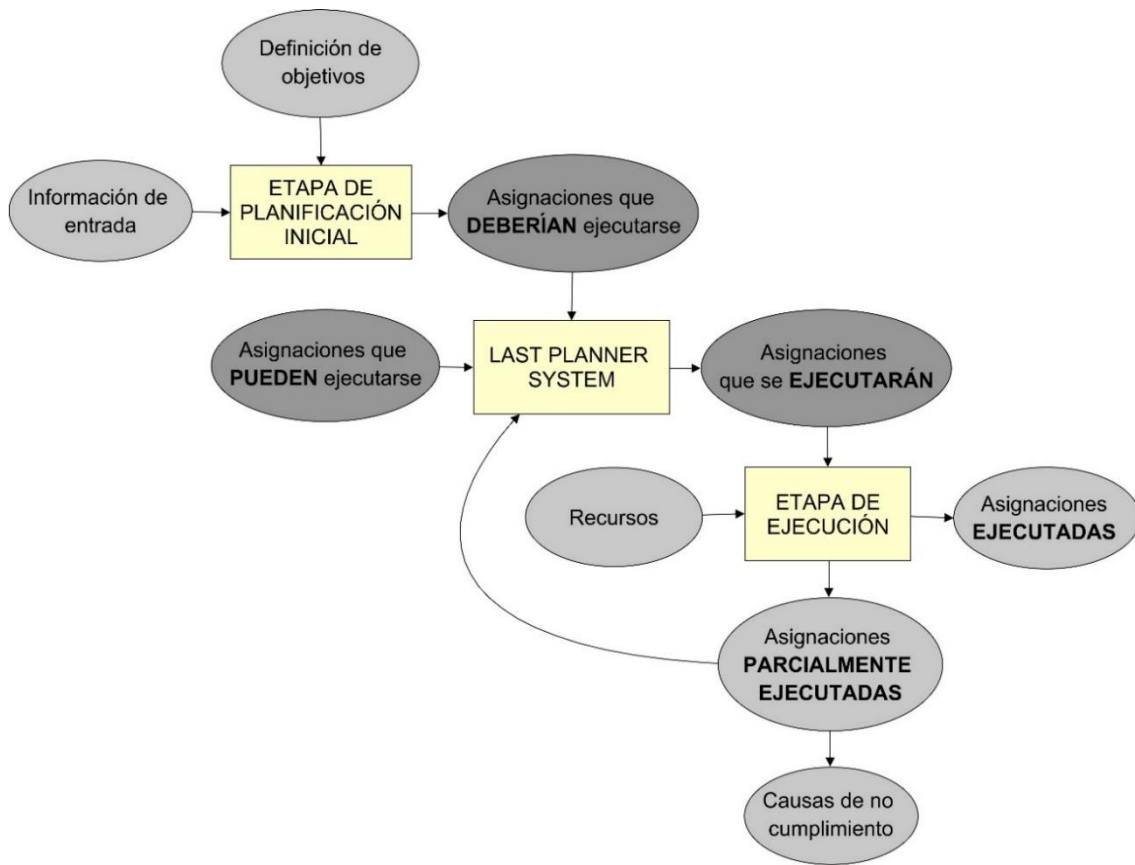


Ilustración 5. Sistema de planificación LPS. Adaptado de (H. G. Ballard, 2000)

4.7 FACTOR SOCIAL Y HUMANO DEL LPS

La importancia del factor social y humano del LPS se resalta a través de la perspectiva de acción lingüística (PAL), al reconocer la relevancia de la comunicación durante la planificación de los proyectos, puesto que estos son, ante todo, esfuerzos humanos que requieren el trabajo mancomunado de las personas.

La PAL se fundamenta en la teoría de los actos del habla, filosofía del lenguaje impulsada por el filósofo británico John Langshaw Austin, a través de su obra póstuma “Cómo hacer cosas con palabras” y desarrollada años después por el profesor estadounidense John Rogers Searle. Austin (1962) detalló la pragmática de la filosofía del lenguaje, la cual estudia la forma en que el contexto influye en la interpretación del significado, es decir, los factores extralingüísticos que condicionan el uso del lenguaje. Con base en dicha teoría, la PAL se enfoca en los detalles de forma, significado y uso que son comunes a toda comunicación humana (Winograd, 1987), enfatizando en la interpretación de los patrones de los actos de lenguaje por los cuales los seres humanos crean un entendimiento común, y en cómo coordinan sus actividades sobre la base de dicho entendimiento (Weigand, 2006).

Macomber y Howell (2003) destacan cinco aspectos de la PAL que influyen en la forma en que las personas trabajan juntas en los proyectos y dan forma al resultado final: coordinación, valoración, discurso, confianza y estado de ánimo. En palabras de los autores, el LPS articula y activa una rutina de conversaciones que conlleva a compromisos, al relacionar la fortaleza del trabajo con las promesas del proyecto al cliente y coordinando los medios para su alcanzar su finalización. Las personas involucradas en las conversaciones enfrentan y toman ventaja de la incertidumbre a medida que crean valor para todos los participantes; juntos brindan mejores respuestas, revelan, profundizan y resuelven inquietudes. De esta forma, la gestión de la red de compromisos para asegurar promesas más confiables se conecta directamente con la gestión del trabajo físico donde las pérdidas se reducen al aumentar la confiabilidad del flujo de trabajo.

4.8 COMPONENTES BÁSICOS DEL LPS

4.8.1 Planificación general

La planificación general, a largo plazo o plan maestro, corresponde al primer eslabón en la cadena jerárquica del LPS. En esta etapa se definen, a grandes rasgos, los capítulos y subcapítulos que componen el proyecto en su totalidad; se establecen las fechas de comienzo y fin de las actividades propias de cada subcapítulo y la relación de dependencia entre las mismas. En este nivel de planificación se define la estrategia de ejecución del proyecto, la secuencia de actividades y el ritmo al cual se ejecutarán.

Es importante que desde la planificación general se tenga conocimiento de los costos y recursos asignados a cada actividad, esto con el fin de tener claridad acerca del flujo de caja de la etapa de construcción del proyecto, evitar la sobreasignación de recursos y poder estimar de forma adecuada la relación de demanda capacidad que mejor se ajuste a las necesidades del proyecto. Así se evitan inconvenientes sobre la marcha y se facilita el control del proyecto desde su inicio.

4.8.2 Planificación intermedia o *lookahead*

La planificación intermedia es una extensión del plan maestro, segundo eslabón en la cadena jerárquica de LPS. En esta etapa se busca reducir la incertidumbre del proceso constructivo, al determinar con anticipación las restricciones de las actividades, con el fin de eliminarlas y asegurar vía libre para la ejecución e inicio oportuno de las tareas. En esta instancia, el equipo de trabajo involucrado responde a la pregunta: ¿qué se necesita en el proyecto para poder realizar una u otra actividad?

Previo al *lookahead*, las actividades del plan maestro se dividen en un nivel de detalle apropiado para ser asignadas en planes de trabajo semanales (H. G. Ballard, 2000). Cada una de estas actividades se someten a un análisis de restricciones para determinar los requisitos que deben cumplirse para dar vía libre a su ejecución, debe definirse un

responsable para llevar a cabo la liberación y la fecha de levantamiento de la restricción. De esta manera, la intención de la planificación intermedia es permitir que los encargados de tramitar los diferentes recursos y servicios para la ejecución de determinada actividad, gestionen activamente su producción y entrega, y se proporcione una alerta temprana de los problemas, lo cual incita y habitúa al comportamiento proactivo y no reactivo (H. G. Ballard, 2000).

Debe en primer lugar, seleccionarse el horizonte de tiempo de la planificación intermedia según los procedimientos internos de cada empresa y las características de cada proyecto; paso seguido debe seleccionarse dentro de la ventana del horizonte de tiempo, las actividades a realizar durante dicho periodo, de acuerdo al proceso de detalle del plan maestro; después, deben identificarse las áreas de la compañía involucradas en las restricciones de cada actividad en particular y por último debe hacerse un chequeo y actualización periódica, típicamente semanal, de dicho proceso. De esta forma, lo que se pretende es de forma constante revisar el panorama de las actividades propuestas para el horizonte de tiempo estipulado y trabajar para conseguir la liberación oportuna de todas las restricciones identificadas.

Las funciones del proceso de planificación intermedia (H. G. Ballard, 2000) son :

1. Clarificar la secuencia del flujo de trabajo y su rata de ejecución.
2. Ajustar el flujo de trabajo y la capacidad de recursos físicos y humanos.
3. Descomponer las actividades del plan maestro en paquetes de trabajo y operaciones.
4. Detallar los métodos de trabajo.
5. Asegurar una reserva de trabajo ejecutable.
6. Actualizar y revisar.

Los puntos por controlar dentro del proceso de planificación intermedia varían según el tipo de contrato y particularidades de la actividad y las políticas de la compañía. De forma genérica se presentan los siguientes puntos que son comúnmente tenidos en cuenta durante el proceso:

1. Diseño: planos, detalles y especificaciones.
2. Presupuesto: cantidades.

3. Contratación: cláusulas contractuales, adjudicación, legalización del contrato.
4. Liberación de las actividades predecesoras.
5. Disponibilidad de materiales: compras, despacho y organización en sitio.
6. Disponibilidad de mano de obra: definición de cuadrillas requeridas según el ritmo de ejecución de la actividad.
7. Disponibilidad de herramienta y equipo: compras, despacho y organización en sitio.

4.8.3 Planificación a corto plazo

El último eslabón de la cadena jerárquica del LPS corresponde a la planificación a corto plazo o planificación semanal, proceso colaborativo en el que intervienen los subcontratistas, maestros, profesionales de la obra y, en ocasiones, personal de soporte como el almacenista o el encargado de seguridad y salud en el trabajo.

Generalmente se lleva a cabo a través de una reunión semanal, donde el equipo mencionado se enfoca en dos aspectos: la evaluación del trabajo concertado para la semana anterior, y la programación de las asignaciones para la semana siguiente, donde además de fijar fechas de comienzo y fin, se define el porcentaje específico de la actividad a realizar y el responsable de la misma; además, se discute acerca de la disponibilidad de recursos materiales y humanos en las unidades de actuación. De esta forma, el equipo de trabajo, particularmente los subcontratistas, se comprometen con las asignaciones a ejecutar.

La teoría de la metodología, si bien debe entenderse como el hilo conductor de la misma, no hace referencia a un sistema hermético, puesto que la componente social y humana de la herramienta la permite enriquecerla a partir de las singularidades de cada cultura.

5. ESTADO DEL ARTE

5.1 METODOLOGÍA DE BÚSQUEDA

El proceso de búsqueda partió de una revisión sistemática a la literatura académica en bases de datos internacionales y en el compendio de publicaciones del *International Group for Lean Construction* (IGLC) y el *Lean Construction Institute* (LCI), organizaciones académicas dedicadas a la divulgación de la filosofía Lean y la transformación de la industria de la construcción y áreas afines a nivel mundial. En las bases de datos la información se filtró con palabras clave como *Last Planner® System*, *planning* y *construction*, obteniendo numerosos resultados cuyo título y resumen fueron examinados con posterioridad para definir su pertinencia en el objeto del presente trabajo.

Se encontraron publicaciones en revistas indexadas como: *Journal of Construction Engineering and Management*; *Automation in Construction*; *Engineering, Construction and Architectural Management*; *Journal of Management in Engineering*; *Production Planning and Control*; *Alexandria Engineering Journal*; *International Journal of Project Management*; *KSCE Journal of Civil Engineering*; *Journal of Engineering, Project, and Production Management*; *Journal of Cleaner Production*; *Construction Management and Economics*; *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*; *Computing in Civil Engineering*; *Ingeniería y Desarrollo*; *Revista Ingeniería de Construcción* y *Revista de la Construcción*.

En las páginas web del IGLC y el LCI se ingresó al compendio de documentos producto de sus trabajos anuales y de igual forma se procedió a depurar la información según el título y resumen del contenido. Posteriormente se ahondó en el cuerpo de cada publicación, se determinó su pertinencia en el trabajo y en aquellos seleccionados se encontraron algunas referencias cruzadas que no estaban contenidas en el filtro inicial.

Finalmente, se definieron siete áreas de trabajo y se clasificó el material según su enfoque principal entre: cuerpo teórico, casos de estudio, herramientas de soporte, integración con

otras metodologías, implementación en diseño, implementación en otras áreas y métodos de enseñanza.

5.2 CUERPO TEÓRICO

La teoría según Koskela (1999) es aquello que explica una conducta observada y contribuye a su entendimiento, por ende, es fundamental en el aprendizaje de cualquier disciplina. Por medio de la teoría se genera un lenguaje común o marco conceptual a través del cual se facilita la cooperación de las personas en una labor colectiva. El fundamento teórico del LPS se consolidó a partir de la publicación de la tesis doctoral de Glenn Ballard (2000), en la cual el autor propuso mejoras al sistema que derivaron en nuevos conceptos y técnicas. Posteriormente, se fueron sumando más trabajos teóricos que permitieron ampliar el conocimiento que da soporte a la herramienta, especialmente aquellos relacionados con el ámbito socio-cultural del LPS. Koskela y Howell describieron en 2002 el LPS como teoría alternativa a la doctrina tradicional, con base en su resumen de la fundamentación teórica de la gestión de proyectos (L. Koskela & Howell, 2002). En 2003, Ballard y Howell, los creadores del sistema original, publicaron una actualización del mismo donde describían la fase de programación como el vínculo entre la estructuración del trabajo y el control de la producción, además de un listado de recomendaciones y cambios surgidos a partir de la teoría y la práctica de la metodología (Ballard & Howell, 2003). En este mismo año, los autores Macomber y Howell (2003) adicionaron la perspectiva de acción lingüística (*Language-Action Perspective*, LAP) como componente esencial de la teoría Lean, con el propósito de detallar la parte humana que afecta el desarrollo de los proyectos. En 2005, Macomber et al. propusieron un conjunto de prácticas para cumplir las promesas de forma confiable con el fin de aproximarse al ideal de flujo de trabajo sin interrupciones (Macomber, Howell, & Reed, 2005) y Mitropoulos presentó la métrica *Planned Work Ready* (trabajo planeado disponible) para evaluar y mejorar el proceso de preparación de las actividades que se lleva a cabo en la planificación intermedia (Mitropoulos, 2005). Un año más tarde, Sacks y Harel (2006) argumentaron, con base en la Teoría de Juegos, cómo la relación entre

los gerentes de proyectos y los subcontratistas pasa de ser competitiva a colaborativa en la medida que aumenta la confiabilidad del plan de trabajo. En 2008, el autor Gehbauer resaltó el potencial del LPS para generar cambios no solo a nivel del proyecto sino también a nivel organizacional y cultural, donde la comunicación es el factor predominante de éxito (Gehbauer, 2008). En 2012, se abordó el LPS desde la teoría del aprendizaje, con aportes de autores como Kalsaas (2012), quien destacó la presencia de un ciclo de aprendizaje experimental en el LPS y un impacto positivo en el ámbito de aprendizaje técnico-organizacional tras la implementación del sistema y de Skinnarland e Yndesdal (2012), quienes orientaron su estudio a la luz del modelo de creación de conocimiento de Nonaka, reconociendo la contribución del LPS a la creación de nuevos conocimientos, habilidades y competencias en los proyectos de construcción.

5.3 CASOS DE ESTUDIO

Debido a la practicidad de la metodología y el estudio cualitativo que facilita, el tipo de publicación más común ha sido el caso de estudio. En la década del noventa se dieron a conocer los resultados de los primeros artículos de este tipo en algunas de las primeras conferencias anuales del IGLC; se trae a colación los resultados obtenidos en esta época en proyectos de construcción en Brasil (Itri, 1998; Junior, Scola, & Itri, 1998; Mendes & Heineck, 1999), Estados Unidos (Ballard, 1997, 1999) y Venezuela (Ballard, Casten, & Howell, 1996). En la primera década del siglo XXI el número de publicaciones aumentó considerablemente, se presentan los resultados de proyectos en países como Brasil (Bortolazza, Bastos, & Formoso, 2005; Bortolazza & Formoso, 2006; Formoso & Moura, 2009; Kemmer, Heineck, Novaes, Mourao, & Alves, 2007; Soares, Bernardes, & Formoso, 2002), Chile (L. F. Alarcón, Diethelmand, & Rojo, 2002; L. F. Alarcón, Diethelmand, Rojo, & Calderón, 2008; V. González, Alarcón, & Mundaca, 2008), Colombia (Botero & Álvarez, 2005), Ecuador (Fiallo & Revelo, 2002), Estados Unidos (F Hamzeh, Ballard, & Tommelein, 2008; Jang & Kim, 2007; Liu & Ballard, 2009), Reino Unido (Johansen & Porter, 2003), Suecia (Friblick, Olsson, & Reslow, 2009), Corea del Sur (Y.-W. Kim & Jang, 2005, 2006) y Arabia Saudita (Alsehami,

Tzortzopoulos, & Koskela, 2009). Finalmente, entre los años 2010 y 2016, se resaltan los aportes de Brasil (Viana, Formoso, & Isatto, 2011; Viana et al., 2010), Chile (L. F. Alarcón, Salvatierra, & Letelier, 2014; L. F. Alarcón & Zegarra, 2012; Andrade & Arrieta, 2011; Castillo, Alarcón, & Salvatierra, 2016; Pereira, Cachadinha, Zegarra, & Alarcón, 2013; Zegarra, Alarcón, Pereira, & Cachadinha, 2013), Colombia (Mejía-Plata et al., 2016), Estados Unidos (Cho & Ballard, 2011; Fauchier & Alves, 2013; F. Hamzeh, 2011b; F. Hamzeh, Ballard, & Tommelein, 2012; Y-W. Kim & Ballard, 2010; Liu, Ballard, & Ibbs, 2011; Mcconaughey & Shirkey, 2013; Rusell, Liu, Howell, & Hsiang, 2014), México (Cerveró-Romero, Napolitano, Reyes, & Teran, 2013), España (Nieto-Morote & Ruz-Vila, 2012), Finlandia (Koskenvesa & Koskela, 2012; Leigard & Pesonen, 2010), Noruega (Skinnarland, 2012; Skinnarland & Yndesdal, 2010), Nueva Zelanda (Fuemana, Puolitaival, & Davies, 2013), China (Ochoa, 2014; Shang & Pheng, 2014), Corea del Sur (S.-C. Kim, Kim, Park, & Yoo, 2014), Israel (Priven & Sacks, 2015), Líbano (El Jazzar & Hamzeh, 2015; F. Hamzeh, Kallassy, Lahoud, & Azar, 2016), Vietnam (Khanh & Kim, 2015), Egipto (Issa, 2013), Marruecos (Hicham, Taoufiq, & Aziz, 2016) y Nigeria (Adamu & Howell, 2012; Ahiakwo, Oloke, Suresh, & Khatib, 2013).

Algunos autores reportan el análisis del comportamiento de los indicadores del LPS con base en el compendio de datos de diferentes proyectos de varias compañías constructoras; otros estudian el efecto de su implementación mediante encuestas y entrevistas directas; finalmente hay quienes estudian y evalúan en sitio el efecto de la aplicación de la metodología, con el fin de divulgar los resultados observados conforme al avance de la obra. Tras la revisión de estos artículos, se presenta el resumen de los principales resultados encontrados en los proyectos bajo estudio, las causas de no cumplimiento de las actividades identificadas (CNC), las barreras críticas en la implementación del sistema y algunas conclusiones relevantes.

Los indicadores principales obtenidos tras la implementación del LPS son el Porcentaje de Asignaciones Completadas (PAC), definido como la relación entre número de asignaciones completadas y el número de asignaciones planificadas, y las CNC (Bortolazza et al., 2005). El PAC es una forma de medir el desempeño del proyecto y la confiabilidad del flujo de trabajo (Ballard, 1999), puesto que permite ejercer el control a nivel de la unidad de

producción (H. G. Ballard, 2000). La liberación de las restricciones que dan vía libre a la ejecución de las asignaciones y el análisis constante de las CNC con fines correctivos y preventivos, permiten un mejoramiento del PAC.

La mayoría de autores reportaron un incremento de este indicador como consecuencia de la aplicación del LPS (Ahiakwo et al., 2013; L. F. Alarcón et al., 2002; L. F. Alarcón et al., 2008; Ballard, 1997, 1999; Ballard et al., 1996; Botero & Álvarez, 2005; Fiallo & Revelo, 2002; Issa, 2013; Itri, 1998; Y.-W. Kim & Jang, 2005; Ochoa, 2014; Soares et al., 2002), lo cual refleja el aumento de confiabilidad del sistema de planificación (L. F. Alarcón et al., 2002) y mayor posibilidad de alcanzar éxito en el proyecto (L. F. Alarcón et al., 2014). Asimismo, se evidenció mejora en el factor de productividad, definido como la relación entre las horas hombre reales y presupuestadas (Ballard, 1999; Ballard et al., 1996; Fiallo & Revelo, 2002). Al respecto, se diferencian dos niveles de análisis en un proyecto de construcción: a nivel de proyecto y a nivel de actividad. El indicador PAC corresponde al primer nivel, puesto que se calcula a partir de un grupo de asignaciones definidas en un plan de trabajo, en tanto que los indicadores de productividad corresponden al nivel de actividad (V. González et al., 2008). El PAC se asocia con la gestión por procesos (*Managing by Means*, MBM), en tanto que el factor de productividad se fundamenta en la gestión por resultados (*Managing by Results*, MBR) (Y.-W. Kim & Ballard, 2010), por esto, aunque ambos permiten medir mejoras en la confiabilidad de la planificación, no son comparables de forma directa. La clave en cuanto al mejoramiento de la productividad laboral como efecto de la implementación del LPS, está en enfocarse en mantener un flujo de trabajo predecible, puesto que cuando la variabilidad en el flujo de trabajo disminuye, aumenta la productividad (Liu et al., 2011; Ochoa, 2014).

Algunos autores reportaron también un aumento en el indicador Porcentaje de Restricciones Removidas (*Percentage Constraint Removal*, PCR), como medida del desempeño de la preparación de las asignaciones (*Make Ready Process*) y pronóstico del progreso de la planificación futura (L. F. Alarcón et al., 2014; Jang & Kim, 2007). Dichas restricciones se prevén en la planificación intermedia, con la intención de eliminarlas previo a la ejecución de las asignaciones, y difieren de las CNC, puesto que estas últimas se identifican a nivel

operacional, una vez han interferido con la completitud de las tareas. En cuanto al análisis de restricciones, se ha sugerido un análisis jerárquico, en el que se asignan las responsabilidades de cada restricción según el nivel de jerarquía dentro de la organización, con el objetivo de mejorar el flujo de trabajo e incrementar la transparencia en la información (Jang & Kim, 2007; Y.-W. Kim & Jang, 2006).

Por otra parte, se encontró también una correlación positiva entre el grado de implementación del LPS y el desempeño del proyecto (Cho & Ballard, 2011), con beneficios como disminución de reprocesos y mejor distribución de recursos en el tiempo (Friblick et al., 2009; Junior et al., 1998), lo cual repercute en la disminución del tiempo no productivo (L. F Alarcón et al., 2008; Ballard, 1999) y la reducción de la duración total del proyecto (L. F Alarcón et al., 2008; Fuemana et al., 2013; Junior et al., 1998); mejor organización en el sitio (Junior et al., 1998; Viana et al., 2010); mayor control sobre las asignaciones (Viana et al., 2010) y la productividad del subcontratista (Hicham et al., 2016); disminución en la variación del PAC (L. F. Alarcón et al., 2002; L. F Alarcón et al., 2008; L. F. Alarcón et al., 2014); reducción en la variación duración de las actividades y holguras más ajustadas (Russell et al., 2014) y mayor facilidad en la toma de decisiones en sitio (Soares et al., 2002). Desde una perspectiva social, se observó que el diálogo y la resolución conjunta de problemas crearon un mayor grado de responsabilidad, lo que a su vez afectó positivamente el bienestar, la satisfacción en sitio (Skinnarland, 2012), la colaboración en la producción (Skinnarland & Yndesdal, 2010), la coordinación entre las partes (F. Hamzeh et al., 2016) y el espíritu de trabajo en equipo (Hicham et al., 2016), lo cual permitió un claro entendimiento de la planificación y del proyecto (Cerveró-Romero et al., 2013).

En cuanto a las CNC, se pueden clasificar en dos grandes grupos según su origen: agentes internos y agentes externos. Los agentes internos corresponden a aspectos organizacionales y factores humanos controlables por el personal que administra la obra; los agentes externos son aquellos que generan afectaciones dentro del proyecto, pero son ajenos al control de la organización. Se observó que en las primeras semanas de aplicación, el porcentaje de las CNC asociadas con agentes internos es mayor que el relacionado con agentes externos; estos últimos incrementan su participación con el tiempo, en tanto que los primeros

disminuyen, lo cual evidencia un mejor control de la administración (L. F Alarcón et al., 2008; Andrade & Arrieta, 2011).

Entre los factores humanos se destacaron los contratiempos con la mano de obra, como absentismo, accidentes laborales y cantidad de personal insuficiente para las necesidades del proyecto (Ahiakwo et al., 2013; Alsehaimi et al., 2009; Andrade & Arrieta, 2011; Ballard, 1997; Bortolazza et al., 2005; Bortolazza & Formoso, 2006; El Jazzar & Hamzeh, 2015; Formoso & Moura, 2009; Johansen & Porter, 2003; Kalsaas, Skaar, & Thorstensen, 2009; Y.-W. Kim & Jang, 2006; Liu & Ballard, 2009; Mendes & Heineck, 1999; Ochoa, 2014); estimación imprecisa de la duración de las actividades (Ballard, 1997; El Jazzar & Hamzeh, 2015), mala estimación de ratas de producción o rendimientos (Andrade & Arrieta, 2011; Kemmer et al., 2007) y definición inapropiada del tamaño de las cuadrillas (Andrade & Arrieta, 2011; Y.-W. Kim & Jang, 2006; Soares et al., 2002), indicio de la coordinación deficiente y la falta de comunicación entre los subcontratistas y la gerencia del proyecto (Fiallo & Revelo, 2002). Entre los aspectos organizacionales predominaron aquellos relacionados con la planificación. Sobresalen los percances con el abastecimiento de materiales, bien sea por disponibilidad, suministro deficiente, distancia de la obra al sitio de provisión, aumento de precios, equivocaciones o retrasos en el proceso de compra o entrega (Ahiakwo et al., 2013; L. F Alarcón et al., 2008; Alsehaimi et al., 2009; Andrade & Arrieta, 2011; Ballard, 1997; Ballard et al., 1996; Bortolazza et al., 2005; Kemmer et al., 2007; Y.-W. Kim & Jang, 2005, 2006; Liu & Ballard, 2009; Mendes & Heineck, 1999; Ochoa, 2014; Soares et al., 2002). Se manifiesta también a menudo el conflicto con prerrequisitos no completados (Ahiakwo et al., 2013; Alsehaimi et al., 2009; Ballard, 1997, 1999; Botero & Álvarez, 2005; Fiallo & Revelo, 2002; Kemmer et al., 2007; Y.-W. Kim & Jang, 2005, 2006; Liu & Ballard, 2009; Ochoa, 2014); falta de recursos (Ballard, 1999; Fiallo & Revelo, 2002); percances con equipos y herramientas de trabajo (L. F Alarcón et al., 2008; Alsehaimi et al., 2009; Andrade & Arrieta, 2011; Bortolazza et al., 2005; Bortolazza & Formoso, 2006; Y.-W. Kim & Jang, 2005, 2006; Ochoa, 2014); retrasos de inspección (Ballard, 1997); tiempo insuficiente para completar las asignaciones (L. F. Alarcón et al., 2002; Ballard, 1999); reprocesos (Ballard, 1997; El Jazzar & Hamzeh, 2015; Ochoa, 2014); contratiempos y falta de coordinación con proveedores (L. F Alarcón et

al., 2008; Bortolazza et al., 2005; Bortolazza & Formoso, 2006). Como agentes externos predominaron el mal clima (Ballard, 1997; Bortolazza et al., 2005; Bortolazza & Formoso, 2006; Botero & Álvarez, 2005; Y.-W. Kim & Jang, 2006; Liu & Ballard, 2009; Ochoa, 2014); cambios en el proyecto (Andrade & Arrieta, 2011; Ballard, 1999; Botero & Álvarez, 2005), bien sea por retrasos o cambios de diseño (L. F Alarcón et al., 2008; Bortolazza et al., 2005; Bortolazza & Formoso, 2006; Botero & Álvarez, 2005; Y.-W. Kim & Jang, 2006), cambios por decisión del cliente (Bortolazza et al., 2005; Bortolazza & Formoso, 2006; Itri, 1998), cambios arquitectónicos o de instalaciones; retrasos de terceros (Itri, 1998).

Las barreras que entorpecen la implementación del sistema giran en su mayoría en torno a factores humanos y culturales. Se destacó la resistencia al cambio, bien sea por miedo, por evitar asumir compromisos o por el deber de incluir a los subcontratistas en las reuniones de planificación (L. F. Alarcón et al., 2002; Shang & Pheng, 2014); la falta de confianza y clima de incertidumbre (Johansen, Porter, & Greenwood, 2004); la poca familiaridad con el sistema (Adamu & Howell, 2012) y el escepticismo frente a los beneficios de su implementación (Ahiakwo et al., 2013); el bajo compromiso por la falta de confianza entre los miembros del equipo (Castillo et al., 2016); la actitud frente a la puntualidad (Alsehaimi et al., 2009); los inconvenientes con el idioma y la cultura en los casos en que los trabajadores provenían de varias regiones o agrupaciones étnicas diferentes (Khanh & Kim, 2015; Priven & Sacks, 2015); la dificultad para decir “no” por miedo a violar el protocolo tradicional basado en el modelo de mando de directivos a subordinados (Ballard, 1999; Y.-W. Kim & Jang, 2005), el hecho de pasar de dar órdenes a los subcontratistas a motivarlos a asumir sus propios compromisos (Mejía-Plata et al., 2016) y la dificultad para mantener a todos anotando sus retrasos, pues la revisión del trabajo ejecutado no era una práctica común (Fuemana et al., 2013). Se mostraron también evidentes las barreras de tipo organizacional como la falta de integración de la cadena de producción: cliente, proveedores de materiales, subcontratistas (L. F Alarcón et al., 2008; Khanh & Kim, 2015); la falta de vinculación entre los niveles de planificación del sistema, lo cual disminuye el enfoque proactivo del LPS (F Hamzeh et al., 2008) y ocasiona que el PAC pierda relación con el progreso general del proyecto (F. Hamzeh et al., 2012); la falta de comunicación y de

gerenciamiento visual para generar información oportuna (Shang & Pheng, 2014); la extrema dificultad para construir reservas de actividades ejecutables (Ballard et al., 1996); insuficiente preparación de las reuniones de planeación (L. F. Alarcón et al., 2002); el bajo entendimiento de los elementos del LPS (L. F. Alarcón et al., 2008; Khanh & Kim, 2015), el por qué debe ser usado y los beneficios que trae consigo (Friblick et al., 2009); la falta de incentivos para los subcontratistas (Johansen & Porter, 2003) y la forma de contratación, pues es común que el diseño se contrate independiente a la construcción, lo cual obstaculiza la integración del conocimiento entre las partes e incide en la recurrencia de cambios futuros (Fuemana et al., 2013).

De lo anterior se llegó a diversas conclusiones. En primera instancia, se destacó el hecho de que el aprendizaje de los conceptos y principios básicos del LPS juega un rol fundamental en el mejoramiento continuo del sistema (Soares et al., 2002), pues la deficiencia en los sistemas de planeación se debe a la falta de instrucciones y a la falta de aplicación de un proceso estandarizado (F. Hamzeh et al., 2008). Para que la herramienta se convierta en una práctica predominante, la gente debe tener el conocimiento del qué y el porqué del sistema, saber cómo actuar y, lo más importante, la voluntad y el deseo de hacerlo (Koskenvesa & Koskela, 2012); por ello, en la fase de adopción se necesita un liderazgo constante, comprometido y positivo; una vez se haya interiorizado y estandarizado su uso, debe haber motivación y retroalimentación repetitiva (Leigard & Pesonen, 2010). Asimismo, se destacó la importancia del análisis de restricciones, puesto que permite identificar los aspectos que limitan la ejecución de las actividades (Nieto-Morote & Ruz-Vila, 2012); igualmente el análisis de la causa raíz de las CNC, puesto que si esta no se examina es difícil prevenir su recurrencia (F. Hamzeh et al., 2012; Mcconaughey & Shirkey, 2013). Se destacó también el hecho de que el LPS no es solo un sistema para la planificación y control de la producción, sino también un facilitador y promotor del intercambio social (F. Hamzeh, 2011a; Priven & Sacks, 2015); asimismo se resaltó, con base en la perspectiva de acción lingüística (LAP) (Viana et al., 2011), la importancia de asegurar el mutuo entendimiento y coordinación efectiva dentro de la red de compromisos en la organización, y la presencia del efecto de amplificación (*Bullwhip Effect*) de las conversaciones, propagación y distorsión progresiva

de las conversaciones en los subprocesos del LPS, que deteriora el desempeño del proyecto (L. F. Alarcón & Zegarra, 2012; Pereira et al., 2013; Zegarra et al., 2013).

5.4 HERRAMIENTAS DE SOPORTE AL LPS

Los primeros aportes al LPS se dieron al final de la década de los noventa, con publicaciones de desarrollo de software como el *WorkPlan* (H. Choo, I. Tommelein, G. Ballard, & T. R. Zabelle, 1998), el *WorkMovePlan* (Choo & Tommelein, 2000b) y el *Integrated Production Scheduler* (IPS) (Chua, Jun, & Hwee, 1999), como respuesta a las limitaciones de las herramientas disponibles hasta entonces para la programación de la construcción, soportadas en su mayoría por el método de la ruta crítica (CPM). Para la fecha, muchos de los planes de trabajo semanales se preparaban a mano, usando lápiz y papel, y se descartaban una vez habían cumplido su propósito; además, guardaban poca relación con la ruta crítica del proyecto y no se utilizaban para registrar las horas de trabajo o la completitud de las labores (H. J. Choo, I. D. Tommelein, G. Ballard, & T. R. Zabelle, 1998). El *WorkPlan* propuso un almacenamiento sistemático de la información, con guía paso a paso para la creación de planes de trabajo, identificación de restricciones, registro del progreso de las actividades planeadas y la localización de los recursos para ejecutarlas (H. J. Choo et al., 1998). El *WorkMovePlan* integró las funciones del *WorkPlan* con la programación de espacios requeridos en el proyecto y el intercambio de datos y preguntas entre participantes (Choo & Tommelein, 2000a), (Choo & Tommelein, 1999). Por su parte el *Integrated Production Scheduler* propuso mejorar la planificación y programación en la construcción haciendo énfasis en la elaboración de un *lookahead* más robusto y con menor incertidumbre, incorporando información sobre la disponibilidad de recursos e información integrada de cada actividad (Chua et al., 1999).

Comenzando el siglo XXI se hizo extensiva la metodología del *WorkPlan* al diseño, con la propuesta del *DePlan* (Hammond, Choo, Austin, Tommelein, & Ballard, 2000), que integró la herramienta computacional con la Técnica de Planificación Analítica de Diseño (ADePT), con el objetivo de mejorar la planificación, programación y control de la etapa de diseño del

proyecto. Meses después, algunas compañías miembro del LCI e instituciones académicas como la Universidad Loughborough en Reino Unido y la Universidad Católica de Chile, presentaron la retroalimentación como probadores beta del *WorkPlan*, *WorkMovePlan* y *DePlan*, apoyados en su experiencia de trabajo con el LPS (Choo & Tommelein, 2001). Los autores resaltaron sugerencias como la necesidad de sincronizar, actualizar y distribuir efectivamente la información entre el personal y barreras como la dificultad de cambiar la mentalidad tradicional de control centralizado a un control distribuido, generando falta de transparencia en el proceso. Este último inconveniente fue confirmado por el Centro de Excelencia en Gestión de la Producción (GEPUC) de la Universidad Católica de Chile y algunas compañías involucradas en proyectos colaborativos que intentaron implementar el *WorkMovePlan* y coincidieron con esta barrera de cultura organizacional, además de recibir críticas de los usuarios como la falta de información gráfica y la multiplicidad de pantallas de entrada (L. F. Alarcón & Calderón, 2003).

Posteriormente, como un complemento a los software anteriores, surgieron el LEWIS (*Lean Enterprise Web-based Information System for Construction*) (Sriprasert & Dawood, 2002) y el Plan Control (L. F. Alarcón & Calderón, 2003). El primero se creó como un repositorio en línea que buscaba integrar el sistema gerencial aguas arriba con la planificación y los sistemas de producción aguas abajo, al facilitar la comunicación y coordinación entre los mismos mediante el almacenamiento de información y gestión de restricciones con visualización 4D (en tres dimensiones y en tiempo real). El Plan Control por su parte, motivado principalmente por las falencias de los demás sistemas respecto a la cultura organizacional, nació como un sistema de soporte computacional que inducía un ciclo de aprendizaje de los elementos del LPS, para mejorar los indicadores de productividad e incrementar la transparencia en los procesos a través del acceso a la información de planificación del proyecto de todas las partes involucradas. Años después, Engelmann et al (2008) propusieron un sistema integrado de información cuyo objetivo era “reemplazar” o hacer las veces de las personas ausentes en las fases de planificación tempranas del proyecto mediante una plataforma de comunicación con agentes de software. González et al (2010) plantearon el *Reliable Commitment Model*, una herramienta para facilitar la toma de decisiones a corto plazo,

ajustar la carga con la capacidad de trabajo y mejorar la confiabilidad en la planificación a nivel operacional mediante modelos estadísticos basados en datos históricos de producción para cada actividad. Mota et al (2010) y Hamzeh et al (2014), elaboraron mediante software especializado modelos de simulación computacional, los primeros acerca del LPS desde sus tres niveles de planificación: a largo, mediano y corto plazo, con el propósito de clarificar la influencia de la variabilidad y retrasos en sitio en las fluctuaciones del PAC y explorar estrategias de producción futura; los segundos enfocándose en la dinámica del proceso de planificación intermedia como precursor de la ejecución de las actividades y su influencia positiva en la reducción de la duración total del proyecto. Finalmente, se alude al trabajo reciente de los autores Ponz-Tienda et al (2015), quienes desarrollaron el complemento de *Excel Senda Matrix*, modificando el algoritmo de Zaderenko al incluir todas las relaciones de precedencia entre las actividades e integrando el PAC con los factores de productividad de la Gestión del Valor Ganado (*Earned Value Management, EVM*).

5.5 INTEGRACIÓN CON OTRAS METODOLOGÍAS

Muchos autores han propuesto integrar diversas herramientas con la metodología del LPS, con la intención de robustecer el sistema reuniendo las fortalezas y beneficios de ambos; se alude en el presente artículo a la integración con la metodología *Six Sigma*, el modelado de información de la construcción (*Building Information Modeling, BIM*) y el sistema de gestión basado en localización (*Location-Based Management System, LBMS*). Al respecto, Abdelhamid planteó en el año 2003 la implementación de la metodología *Six Sigma* en los principios de la construcción Lean, con el objetivo de tener mayor control sobre la variabilidad de los procesos y lograr un flujo de trabajo confiable mediante la aplicación de un conjunto de herramientas de análisis estadístico (Abdelhamid, 2003). En esta primera publicación se contrastó la similitud entre el indicador Rendimiento Real del Proceso (*Yield Rolled Throughput, Y_{RT} = ∏_{i=1}^m Y_i*, donde m es el número de procesos involucrados y Y_i es el rendimiento del proceso i), el cual indica la probabilidad de que una unidad pueda pasar a través de una serie de procesos libre de defectos, con el indicador PAC del LPS, y se propuso

extender el indicador sigma al PAC con el propósito de evaluar el nivel de calidad sigma y la rata de defectos en el proceso expresada en partes por millón (ppm). La adaptación y aplicación de las técnicas y mediciones Six Sigma en un proyecto de construcción fueron reportadas por Abdelhamid y Beary en 2006, quienes midieron el PAC real ($PAC_{real} = \prod_{i=1}^m PAC_i$, donde m es el número de procesos involucrados y PAC_i el porcentaje de la actividad i completado) y el PAC promedio, y corroboraron que la aplicación conjunta de las dos metodologías podría ayudar a clarificar la eficacia en el proceso de planificación de la producción, pues ambas permiten hacer comparaciones respecto a la completitud de las actividades (Beary & Abdelhamid, 2006). Por su parte, Sacks et al (2010), Bhatla y Leite (2012), Khan y Tzortzopoulos (2015), Mahalingam et al (2015), Garrido et al (2015), Tillman y Sargent (2016) y Toledo et al (2016) estudiaron la integración del LPS con el BIM, proceso colaborativo de diseño, construcción y operación de la edificación, mediante un modelo paramétrico en tiempo real, facilitado por la tecnología de la información (Garrido et al., 2015). El LPS facilita la adopción del BIM (Mahalingam et al., 2015) y el uso de este asiste la toma de decisiones en la planificación intermedia y a corto plazo, pues suministra la información correcta en tiempo real (Garrido et al., 2015), además, enriquece la comunicación y simplifica la solución de problemas (Tillman & Sargent, 2016), reduce los cambios en el proyecto y da un valor agregado al cliente (Bhatla & Leite, 2012), mejora la confiabilidad y disminuye la variabilidad del proceso tanto en la etapa de diseño como constructiva (Khan & Tzortzopoulos, 2015; Toledo et al., 2016); de esta forma, los autores coinciden en que ambas herramientas se complementan entre sí y su implementación simultánea conduce a un mejor desempeño en el proyecto. Entretanto, Seppänen et al (2010; 2015), Dave et al (2015; 2016) y Olivieri et al (2016), trabajaron la integración del LPS con las herramientas técnicas del LBMS, técnica de planificación que permite monitorear y optimizar la producción mediante la visualización del flujo de actividades, rendimientos y holguras del proyecto. Además de responder los interrogantes “qué” y “cuándo”, la técnica responde el “dónde” se va a ejecutar el trabajo programado (Dave et al., 2015), integrando el método de la ruta crítica con la programación con línea de flujo. El detallado de forma colaborativa del plan maestro y el plan de fases en el LMBS, mediante el desglose general de la estructura,

permiten generar una alerta temprana para advertir restricciones y dar información gráfica de causas raíz en la planificación intermedia y semanal (Seppänen et al., 2010; Seppänen et al., 2015); asimismo, el análisis de restricciones y la planificación a nivel operacional que se llevan a cabo en el LPS permiten actualizar los pronósticos del LMBS para detectar retrasos potenciales o baja productividad (Dave et al., 2016).

Se cita además la integración del LPS con la gestión de la cadena de suministro (Sterzi, Isatto, & Formoso, 2007); el *Fuzzy-Logic-Buffering Model* (FLBM) (Moataz, Gehbauer, & Bhatla, 2010); *Critical Chain in Construction Management* (L. Koskela, Stratton, & Koskenvesa, 2010); kanban virtual (Rybkowski, 2010); el *Workforce Planning* (Ballard & Choo, 2011); el programa de cero accidentes (Leino & Elfving, 2011); la gestión del valor ganado (*Earned Value Management*, EVM) (Zhang, Li, & Tang, 2014); la herramienta de Deming Planear-Hacer-Estudiar-Actuar y la perspectiva de acción lingüística de Flores (Feliz, Reed, Draper, & Macomber, 2014); el sistema de planificación *takt-time*³ (Frandsen, Berghede, & Tommelein, 2014); el método de planeación integrada⁴ (Kalsaas, Grindheim, & Laeknes, 2014) y el sistema de gestión de la integridad (Stifi, Gehbauer, & Gentes, 2014).

5.6 IMPLEMENTACIÓN EN DISEÑO

Una de las preguntas orientadoras en la disertación doctoral de Glenn Ballard en el año 2000 fue: ¿cómo puede aplicarse el LPS con éxito para incrementar la confiabilidad durante el proceso de diseño? Previo a su investigación, solo algunos elementos del LPS habían sido aplicados a la gestión de la producción durante la fase de diseño⁵ de los proyectos (H. G. Ballard, 2000). Koskela et al. (1997) presentaron el primer caso de estudio que proponía la implementación del LPS como método asociado en la gestión del diseño Lean, con el objetivo de mejorar la comunicación entre dependencias, esclarecer el orden de ejecución de las

³ Del alemán *taktzeit* que se traduce como tiempo de ciclo o tiempo de medida.

⁴ *Integrated Planning*. Asociación de ideas entre el sistema de gestión basado en localización y el sistema de planificación *takt-time*.

⁵ El diseño se entiende, en términos generales, como el proceso de creación o proyección previo a la construcción, no hay especificidad en cuanto al tipo de diseño referido: estructural, arquitectónico, entre otros.

actividades y controlar mejor el proceso. La completitud de las asignaciones se evaluó con el indicador PAC, el cual alcanzó pronto el 70%, y se identificaron las CNC, siendo la más recurrente la falta de tiempo debido a otras tareas. En esta primera aproximación, surgieron las pruebas iniciales de que la metodología se podría aplicar con éxito en la etapa de diseño, el proceso fue más disciplinado y transparente en comparación con un diseño tradicional. Posteriormente, Miles (1998) reportó un caso de estudio donde se integró el trabajo de diseño y construcción a través de las prácticas Lean. Además de medir el PAC y exponer las CNC en la planificación semanal, se incluía la aplicación de la planificación intermedia. En este caso el precio del diseño disminuyó en un 7% aproximadamente, el promedio del PAC se mantuvo cercano al 75% y se identificó la subestimación del esfuerzo requerido para ejecutar la asignación, como la CNC con mayor ocurrencia. Por su parte, el caso de estudio exploratorio dentro de la tesis doctoral de Ballard (2000), alcanzó un PAC promedio del 57%, y se destacaron falencias como la falta de preparación de los participantes, definición pobre de las asignaciones, ausencia de planificación intermedia y falta de análisis de la causa raíz de las CNC; el autor encontró evidente la necesidad de mejorar la confiabilidad en la planificación del proceso de diseño y sugirió para ello algunas mejoras requeridas, entre las que se destacan el entrenamiento adicional a los participantes, la pormenorización de las asignaciones y sus prerrequisitos, y la aplicación y retroalimentación de la planificación intermedia (Ballard, 2002). Años más tarde, los autores Ballard et al (2009) analizaron dos nuevos casos de estudio donde los principios, funciones y métodos del LPS parecían viables en la etapa de diseño y la planificación intermedia hacía parte habitual del trabajo de planificación; en esta publicación se recomendó considerar el nivel de incertidumbre, ritmo de ejecución y complejidad del trabajo para adaptar los métodos del sistema según los requerimientos del proyecto específico. Hamzeh et al (2009), mostraron también la aplicabilidad del sistema mediante un caso de estudio en el que se estandarizó con éxito el proceso previo a varias sesiones de entrenamiento y capacitación en prácticas Lean; en esta ocasión se destacó la abundancia de procesos iterativos, la complejidad y la alta interdependencia entre las actividades involucradas en diseño. Kerosuo et al (2012) por su parte, se enfocaron en estudiar cómo el LPS afecta los procesos colaborativos durante el

diseño y el cambio de orientación de los participantes de reactiva a proactiva; se observó un aumento en el número de asignaciones completadas y una mayor preocupación por parte de los diseñadores en cuanto a la interdependencia de las actividades. Rosas (2013) presentó un modelo de integración del LPS con la técnica de la matriz de estructura de diseño (*Design Structure Matrix, DSM*), con la intención de mejorar la visualización y control de las asignaciones, generar una toma de decisiones más rápida y un flujo de trabajo continuo. Se cita también el aporte de Wesz et al (2013), quienes tras implementar el sistema propusieron un modelo de planeación y control de diseño; los autores encontraron mayor transparencia en el proceso, un flujo de trabajo mejorado, mayor colaboración y compromiso entre los miembros del equipo y mayor cumplimiento de la programación. Finalmente, se alude al trabajo de Fosse y Ballard (2016), quienes resaltaron aspectos como el control del proceso con la medición del PAC y el control de volumen de entregas, y la mentalidad planear-hacer-chequear-actuar en las reuniones de diseño.

5.7 IMPLEMENTACIÓN EN OTRAS ÁREAS

Además de la construcción tradicional, el LPS se ha hecho extensivo a otros tipos de industria. Tras su aplicación, motivada por la aceptación y resultados exitosos en el gremio constructor, varios autores han descrito los ajustes hechos al sistema para adaptarlo a diferentes tipos de proyectos y han referido los resultados y beneficios obtenidos, así como las barreras en su implementación y algunos puntos de mejora. Se trae a colación los aportes de Aslesen y Bertelsen (2008) y Emblemstvag (2014), quienes reportaron la adaptación del sistema a la construcción naval noruega. Los primeros abordaron el tema desde una perspectiva social, afirmaron que el control y la planificación de la producción debe entenderse como un proceso de negociación y comunicación, donde el factor humano juega un papel importante, agrupando los problemas encontrados en tres áreas: problema de interpretación, problema de coordinación y problema de cooperación. Emblemstvag por su parte, mostró los resultados positivos de integrar el LPS y el *Earned Value Management (EVM)* en un sistema denominado por el autor *Lean Project Planning (LPP)*, y destacó igualmente la

importancia de la planificación como un proceso de comunicación. Leal y Alarcón (2010) estudiaron el proceso de implementación e impacto del sistema en proyectos industriales mineros en Chile, donde se obtuvo una tasa de cero accidentes y una correlación positiva entre el PAC y los indicadores habituales de desempeño de programación y costo. En Perú, Olano et al (2009) encontraron, mediante estadísticas, correlación directa entre el PAC y desempeño de la programación en la construcción de un patio de lixiviación y una autopista en pavimento asfáltico; Yoza (2011) presentó un balance positivo tras la implementación del LPS en proyectos de instalación de sistemas de acueducto y alcantarillado, donde se implementaron herramientas como el plan diario y semanal, programación *lookahead*, análisis de restricciones y análisis del PAC; Rosas et al (2011) mostraron la evolución de la eficiencia alcanzada con niveles más altos de operabilidad y menos fallas de los equipos en proyectos en minería a cielo abierto. Por último, se encuentra la implementación de la metodología en la construcción y operación de instalaciones mecánicas para la extracción de petróleo y gas en alta mar, con publicaciones de Kalsaas et al (2014) y Frandson y Tommelein (2015), donde se enfatiza el método como una herramienta para mejorar la predictibilidad y el desempeño en la planificación del proyecto.

5.8 MÉTODOS DE ENSEÑANZA

Los principios del LPS se han dado a conocer en distintas regiones del mundo desde hace más de dos décadas, sin embargo, la divulgación de estrategias prácticas de enseñanza que ayuden a las compañías a entender la metodología, previo a su puesta en práctica, es muy reciente. Al respecto, Warcup y Reeve (2014) expusieron los resultados de la implementación de Villego®, herramienta de simulación desarrollada por un equipo de consultores de construcción Lean en Holanda, para ayudar a las organizaciones a aprender y experimentar con el sistema en un ambiente virtual libre de riesgo, y preparar a los equipos para implementar el LPS en proyectos reales. Villego® se ejecuta en dos rondas y tiene una duración recomendada de por lo menos cinco horas. En cada una de las rondas los participantes construyen una casa tipo lego: en la primera los equipos planifican en la forma

en que normalmente lo hacen, luego, tras una introducción a LPS, el equipo planifica y construye siguiendo los principios del sistema (bv, 2013). Los autores afirman, tras la aplicación de la herramienta en grupos de estudiantes y profesionales en construcción, que el método enfatiza la importancia de la colaboración y el trabajo en equipo y es un buen comienzo para la interiorización de la metodología del LPS; no obstante, se recomiendan horas adicionales de estudio para replicar los conceptos en proyectos reales (Warcup & Reeve, 2014).

Por su parte, González et al (2014) publicaron en el mismo año, el desarrollo y resultados de la aplicación del *Last Planner System Simulation Game*, un juego interactivo para simular algunos de los principios del LPS y la filosofía Lean. Al igual que Villego®, el juego consiste en la construcción de casas tipo lego en dos rondas, la primera usando planificación tradicional y la siguiente con base en la metodología del LPS. En este caso el objetivo es construir nueve casas sencillas en cada ronda, en el menor tiempo y con el mayor PAC posible. Cada casa se compone de cuatro actividades: contrapiso, nivel 1, nivel 2 y cubierta, y la sesión de juego toma aproximadamente una hora y media. Los autores resaltan el juego como una herramienta para superar las barreras de implementación en la transferencia del conocimiento del LPS y destacan el aprendizaje de conceptos como: transparencia, prefabricación, flujo continuo y *lookahead planning*.

Finalmente, los autores Tsao et al (2014) enunciaron a modo de revisión bibliográfica algunas simulaciones que han probado ser efectivas en la implementación del *Pull Planning*, componente esencial del LPS que alude a un proceso de planificación colaborativo, en el cual las personas involucradas en el proyecto trabajan juntas partiendo de un hito final, el cual es “jalonado” desde las actividades demandadas aguas abajo. Se mencionan simuladores como *Parade of Trades*, *Airplane Simulation*, *Silent Squares*, *DPR Pull Planning Game* y Villego®, con la intención de facilitar el aprendizaje del método y aplicarlo exitosamente en la industria.

6. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

El término *metodología* designa el modo en que se enfocan los problemas y se buscan las respuestas (Taylor & Bogdan, 1987). En las ciencias sociales y humanas, la metodología se aplica a las maneras de hacer investigación (Galeano, 2008), a la forma de pensar la realidad social y de estudiarla (Strauss & Corbin, 2002). En este orden de ideas, la investigación social se puede asumir a través de dos enfoques: cuantitativo o cualitativo. La modalidad cuantitativa se interesa por lo general desde una mirada externa, el investigador adopta una postura distante y no interactiva como condición de rigor, que permita excluir juicios valorativos o cualquier otra influencia derivada de la visión propia; la modalidad cualitativa, en cambio, se interesa por lo particular desde una mirada interna, el conocimiento es una creación compartida a partir de la interacción entre el investigador y el investigado, en la cual los valores median o influyen la generación del conocimiento (Sandoval, 1996).

En palabras de Galeano (2008), el enfoque cuantitativo busca descubrir leyes o principios generales, generalizar resultados, y para ello acude a sistemas estadísticos de muestreo que cuantitativamente sean representativos de poblaciones más amplias; trabaja con hechos o causas de los fenómenos sociales con independencia de los estados subjetivos de los individuos y se centra en la mensurabilidad de lo observado y en su verificación objetiva. El enfoque cualitativo, por su parte, tiende a comprender la realidad social como fruto de un proceso histórico de construcción visto a partir de las múltiples lógicas presentes en los diversos y heterogéneos actores sociales, y por tanto desde sus aspectos particulares y rescatando la interioridad de los protagonistas (ver Ilustración 6). Según Strauss y Corbin (2002), existen tres componentes principales en la investigación cualitativa: los *datos*, que pueden provenir de fuentes diferentes como las entrevistas, observaciones, documentos y registros; los *procedimientos*, que los investigadores emplean para interpretar y organizar los datos; y finalmente, los *informes escritos y verbales* que pueden presentarse como artículos en revistas científicas, en charlas o en libros.

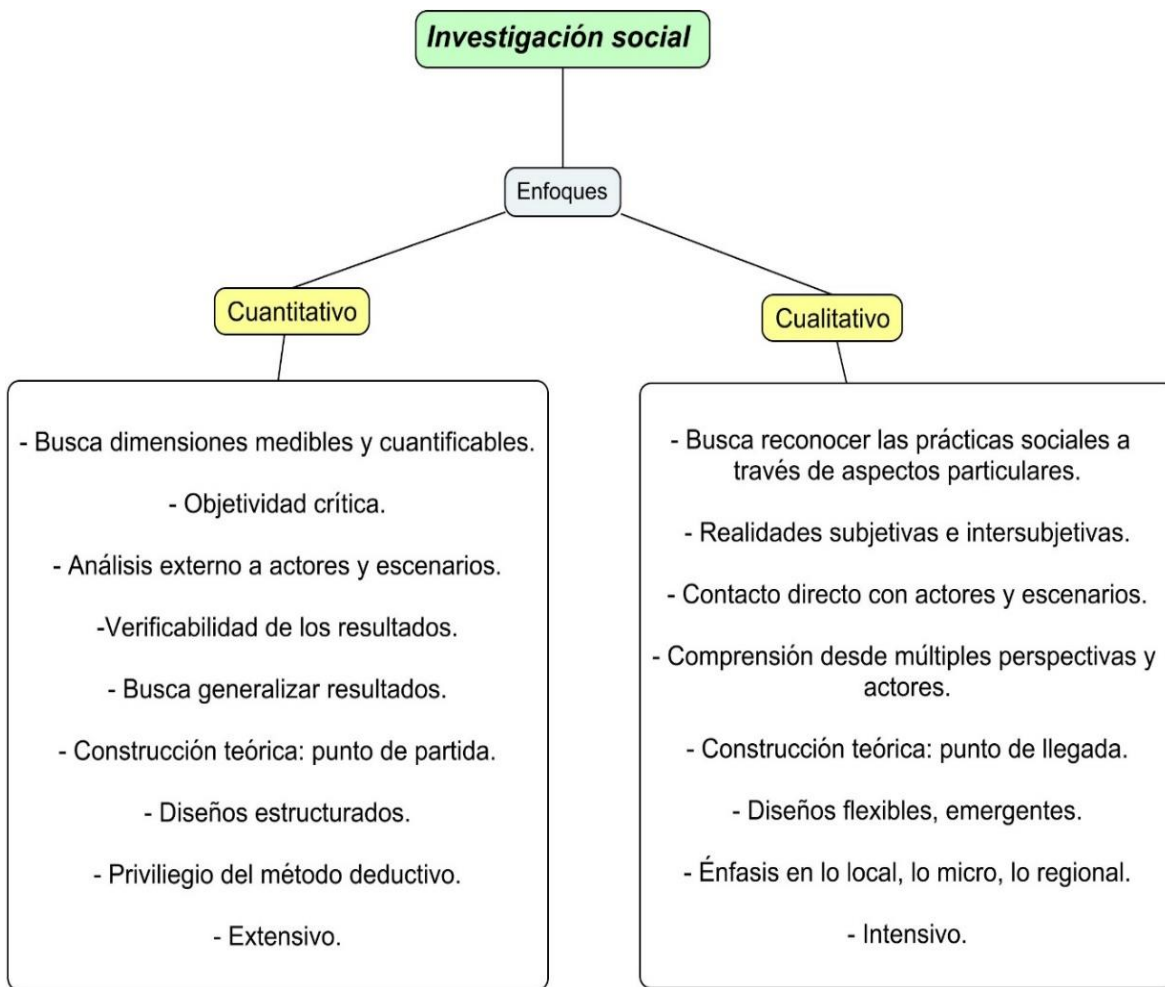


Ilustración 6. Características de los enfoques cuantitativos y cualitativos. Adaptado de (Galeano, 2008).

El trabajo de investigación se enmarca principalmente dentro del enfoque cualitativo, a partir del cual se estudió la dimensión interna y particular de los actores sociales, se permeó en su cultura al vivirla desde adentro y observar de forma pasiva su comportamiento. Se generaron datos descriptivos y datos que posteriormente se codificaron con el fin de ser cuantificados por medio de herramientas estadísticas simples para obtener indicadores, reconocer tendencias e identificar patrones de comportamiento entre las compañías. Los procedimientos de codificación ofrecen a los investigadores herramientas útiles para manejar grandes cantidades de datos brutos, ayudan a considerar significados alternativos de los fenómenos y permiten identificar, desarrollar y relacionar los conceptos (Strauss & Corbin, 2002).

Para la realización del trabajo de campo inicial, las 35 empresas colombianas que a la fecha habían sido capacitadas por la Universidad EAFIT en la implementación de los principios de *Lean Construction*, y particularmente el LPS, fueron invitadas formalmente a participar. Se obtuvo una respuesta positiva y oportuna en 16 de ellas, compañías con las cuales se desarrolló el trabajo de diagnóstico. A pesar de que la muestra no es representativa de todas las constructoras colombianas de edificaciones, sí lo es del grupo de empresas que han hecho esfuerzos por conocer los principios y conceptos de la filosofía Lean y que han dado un paso a la implementación al interior de sus proyectos, pues en el sector nacional aún es muy incipiente la filosofía de construcción sin pérdidas pese a los esfuerzos realizados por establecimientos de educación superior como la Universidad EAFIT en Medellín y la Universidad de Los Andes en Bogotá.

Por la naturaleza misma del trabajo, es claro que la pretensión del autor no es generalizar resultados, ni hacer un aporte al conocimiento con miras a ser verificable o replicable. El objetivo del estudio es la revisión del panorama de implementación y puesta en marcha del LPS como sistema de planificación y control en las constructoras colombianas; la aprehensión de la herramienta en el entorno de las obras de construcción y, finalmente, la documentación del proceso de acompañamiento en algunos proyectos piloto a partir de las buenas prácticas consignadas en un manual, elaborado con base en el marco teórico, estado del arte y conocimiento adquirido por el autor durante el desarrollo del trabajo mismo.

6.1 INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

La metodología de investigación proporciona al investigador un sentido de visión, en tanto que las técnicas y procedimientos proporcionan los medios para llevar esta visión a la realidad (Strauss & Corbin, 2002). La recolección de la información puede categorizarse como el eje central del proceso de investigación social cualitativa, pues es el fundamento a partir del cual el investigador da respuesta a los interrogantes que motivan el trabajo. En este caso se emplearon tres técnicas para la recolección de la información: la observación no participante, la entrevista estructurada y la encuesta.

6.1.1 Observación no participante


A diferencia de la mirada y la contemplación, el que observa se preocupa por focalizar su vista o cualquier otro sentido en aquello que le interesa y que le permite incrementar su conocimiento o experiencia (Callejo, Del Val Cid, Gutiérrez, & Viedma, 2009). Para que la observación pueda ser considerada como una técnica de investigación sistemática y estructurada, es necesario tener en cuenta (Perelló, 2011):

- El establecimiento del objeto de la observación.
- La delimitación y definición del campo de observación.
- La selección de los aspectos más relevantes según el tema de investigación.
- La especificación de las dimensiones de los aspectos seleccionados.
- La selección de los instrumentos a utilizar.
- La necesidad de registrar precisa y responsablemente lo observado.
- El procesamiento de las observaciones y la realización de un análisis cuantitativo.

La observación no participante es aquella donde el observador realiza su actividad permaneciendo ajeno al grupo, no involucrándose ni interfiriendo en la cotidianidad del mismo. Igualmente obedece a un proceso estructurado, pero pretende realizar un acercamiento más objetivo a la comunidad o grupo de estudio, sin implicarse de manera directa (Toro & Parra, 2010). El observador, en esta situación actúa más como un espectador que como un actor; el distanciamiento tiene la ventaja de la objetividad del punto de vista del observador, sin embargo, se puede correr el riesgo de que durante el desarrollo del ejercicio solo se obtengan datos superficiales (Perelló, 2011).

En el presente trabajo, la técnica de observación no participante se desarrolló en el contexto de las reuniones de planificación semanal de las 33 obras visitadas, para lo cual se elaboró una guía de observación (ver Tabla 4), con el fin de delimitar la información más relevante y adoptar un criterio común para sistematizar y codificar los datos encontrados desde la posición de observador.

Tabla 4. Guía para el registro de observación no participante

		Departamento de Ingeniería Civil Grupo de investigación Gestión de la Construcción - GESCON “Last Planner en Colombia. Una revisión a la implementación y su impacto en el desempeño de proyectos de construcción”	
		Descripción de la obra	
1	Nombre		
2	Departamento		
3	Uso de la edificación		
4	Estado del proceso constructivo		
Personal presente			
5	¿Quiénes asisten?		
6	¿Quién preside la reunión?		
7	¿Todos permanecen hasta el final?		
8	¿La obra tiene un encargado específico para el área Lean?		
Espacio físico e insumos			
9	Área de trabajo		
10	Acomodación del personal		
11	Calificación del espacio físico		
12	Insumos utilizados durante la reunión		
Formalidad y orden			
13	¿Hay un orden del día establecido?		
14	¿La reunión se programa rutinariamente?		
15	¿Se toma lista de asistencia?		
16	¿Se entrega la programación de obra al personal?		
17	¿Se firman los compromisos?		
18	Calificación del orden		
19	¿La programación general está visible?		
Desarrollo de la reunión			
20	Orden de los puntos de la reunión		
21	¿Cuáles son las causas de no cumplimiento?		
22	¿Hay discusión sobre las causas de no cumplimiento?		
23	¿Con qué herramienta se registra el PAC?		
24	¿El PAC se registra con 0 y 1?		
25	¿Hay registro de la programación para la semana siguiente?		
26	¿Hay claridad sobre las tareas a programar?		
27	¿Hay posibilidad de que los trabajadores participen?		
28	Calificación de la participación de los subcontratistas		
29	¿Cuánto dura la reunión?		
Evaluación a subcontratistas			
30	¿En esta reunión se evalúan todas las variables empleadas para calificar el desempeño de subcontratistas?		
31	¿Cuáles son estas variables?		
32	¿La calificación de las variables es cualitativa o cuantitativa?		
33	¿Existe cartelera de desempeño para calificar a los subcontratistas?		
34	¿Dónde está ubicada la cartelera de desempeño?		
35	¿Quién actualiza la cartelera de desempeño?, ¿Cada cuánto?		
36	¿Cuál es la iconografía (chulitos, caritas, etc)?		
37	¿Existe sistema de ranking de calificación de subcontratista: lista de los mejores, intermedios, malos?		

6.1.2 Encuesta

Alvira (2011) afirma que el diseño y realización de una encuesta resultan de la confluencia de dos procesos clave:

1. El proceso de medición, por el cual se recogen mediante el instrumento de medida las respuestas de los entrevistados, información básica para la medición de los conceptos y constructos de la encuesta.
2. El proceso de representación, mediante el cual una vez definida una población se selecciona una muestra de la cual se va a recoger información que se pueda generalizar a la población.

La encuesta se puede definir entonces como una técnica que consiste en recopilar información sobre una parte de la población denominada muestra (Rojas, 2013); el investigador recoge las respuestas a una serie de preguntas mediante un cuestionario elaborado previamente. La construcción del cuestionario, supone seguir una metodología sustentada en el cuerpo de la teoría, el marco conceptual en que se apoya el estudio, las hipótesis que se pretenden probar y los objetivos de la investigación (Rojas, 2013).

Rojas (2013) sugiere las observaciones siguientes respecto a la formulación de las preguntas:

1. No sacrificar la claridad por la concisión. Si una pregunta es incomprensible por falta de palabras conviene extender el texto de la misma hasta conseguir claridad.
2. Evitar que las preguntas induzcan las respuestas. Los términos en los que se plantean las preguntas no deben sugerir ninguna respuesta.
3. No emplear tesis de personas e instituciones conocidas para apoyar las preguntas. No se debe hacer mención a doctrinas o posturas ideológicas tomadas como verdades indiscutibles por ciertos sectores de la población.
4. Evitar que las preguntas se lleven a cabo de tal forma que molesten o incomoden a los informantes.
5. Redactar las preguntas con las palabras pertinentes según el público al que estén dirigidas.

Adicionalmente, el autor, producto del trabajo realizado, considera importantes tres aspectos:

1. Que el cuestionario sea legible, es decir, que se utilice un tipo de letra clara y con un tamaño apropiado.
2. Dejar abierta la posibilidad de leer el cuestionario, pues el nivel de alfabetismo puede variar según el público objetivo.
3. Aclarar previo a la entrega del cuestionario, cuáles son los objetivos del mismo, contextualizar a los informantes para que estos se sientan en un clima de confianza y respondan de la forma más objetiva.

La información se registró mediante papel y lápiz, paso seguido se digitalizó su contenido, transcribiendo las respuestas de forma literal, posteriormente se tabularon dichas respuestas y, aquellas abiertas, se agruparon y categorizaron. La mayoría de preguntas se formularon cerradas, sin embargo, algunas se dejaron abiertas, con la intención de no inducir o limitar las respuestas sino ver el grado de conocimiento o la opinión particular del encuestado sobre lo que se le estaba preguntando.

Tanto en la fase de diagnóstico como en la fase de acompañamiento, se realizaron tres tipos de encuestas, con algunas preguntas en común, pero conservando un enfoque diferente según el sector de la muestra objetivo y la fase del proyecto de investigación. El primer tipo de encuesta (ver Tabla 5 y Tabla 8) se dirigió a maestros de obra, encargados de subcontratistas y subcontratistas, quienes representan el último eslabón en la cadena de planificación. Se incluyó además al personal de seguridad y salud en el trabajo (SST) y almacenistas, quienes participan generalmente de las reuniones de planificación semanal. El segundo tipo de encuesta (ver Tabla 6 y Tabla 9) se orientó al personal operativo, es decir, la mano de obra directa que interviene en el proceso constructivo. Finalmente, el tercer tipo de encuesta (ver Tabla 7 y Tabla 10) se dirigió a los profesionales de la obra: coordinadores, directores, residentes de obra; y aquellos en proceso de formación: practicantes o pasantes.

Tabla 5. Encuesta dirigida a maestros, subcontratistas y encargados – Fase de diagnóstico


		Departamento de Ingeniería Civil Grupo de investigación GESCON “Last Planner en Colombia. Una revisión a la implementación y su impacto en el desempeño de proyectos de construcción”
Identificación del empleado		
1	Cargo actual	
2	¿Cuántos años lleva ejerciendo este cargo?	
3	Obra en la que trabaja	
4	¿Cuánto tiempo lleva trabajando en esta obra?	
Implementación del sistema de planificación y control		
5	¿Sabe usted qué es el <i>LAST PLANNER</i> o Sistema del Último Planificador?	SÍ _____ NO _____
6	Si la respuesta anterior es “Sí”, ¿qué es para usted el <i>LAST PLANNER</i> o Sistema del Último Planificador?	
7	¿Tuvo usted alguna capacitación inicial sobre el sistema de planificación que se usa en la obra?	SÍ _____ NO _____
8	Si la respuesta anterior es “Sí”, ¿cómo lo capacitaron?	
9	¿Conoce usted la programación general de la obra?	SÍ _____ NO _____
10	¿Sabe usted en qué fecha debe entregarse cada etapa de la obra?	SÍ _____ NO _____
11	¿Cuántas veces a la semana se reúne con su equipo de trabajo (residentes, maestros, encargado del subcontratista) para hablar sobre el trabajo que se ha hecho y el que está por hacer?	1____ 2____ 3____ 4____ 5____ 6____ 7____
12	¿En la reunión se habla sobre cuál fue la causa de no cumplimiento de las actividades?	SÍ _____ NO _____
13	¿Se buscan soluciones para que no vuelvan a ocurrir las causas de no cumplimiento?	SÍ _____ NO _____
14	¿Cuál es la causa más frecuente para que usted no logre terminar las tareas propuestas? (Escriba solo la que considere que más se repite).	
15	¿Cómo controla usted que los empleados a su cargo cumplan con sus tareas?	
16	¿Considera que su opinión es tenida en cuenta durante la planificación semanal?	SÍ _____ NO _____
17	¿Considera que la información suministrada por el maestro/residente acerca de las actividades que deben ser ejecutadas es clara?	SÍ _____ NO _____
18	¿Por qué medio le suministran la información de las actividades que debe realizar?	____ Escrito ____ Oral ____ Escrito y oral
19	¿Se siente en confianza para pedir una segunda explicación cuando no le queda claro algo?	SÍ _____ NO _____
20	¿Recibe usted algún tipo de reconocimiento por cumplir con las actividades planificadas en el tiempo establecido para ejecutarlas?	SÍ _____ NO _____ ¿Cuál? _____
21	¿Cómo cree usted que es el sistema de planificación y control actual en la obra?	____ Muy bueno ____ Bueno ____ Regular ____ Malo ____ Muy malo
22	En su opinión, ¿qué se podría mejorar en la reunión de planificación semanal?	
23	En su opinión, ¿qué se podría mejorar a nivel de planificación y control dentro de la obra?	

Tabla 6. Encuesta dirigida al personal operativo – Fase de diagnóstico


		Departamento de Ingeniería Civil Grupo de investigación GESCON “Last Planner en Colombia. Una revisión a la implementación y su impacto en el desempeño de proyectos de construcción”
Identificación del empleado		
1	Oficio actual	
2	¿Cuántos años lleva realizando este oficio?	
3	Obra en la que trabaja	
4	¿Cuánto tiempo lleva trabajando en esta obra?	
Implementación del sistema de planificación y control		
5	¿Sabe usted qué es el <i>LAST PLANNER</i> o Sistema del Último Planificador?	SÍ _____ NO _____
6	Si la respuesta anterior es “SÍ”, ¿qué es para usted el <i>LAST PLANNER</i> o Sistema del Último Planificador?	
7	¿Tuvo usted alguna capacitación inicial sobre el sistema de planificación que se usa en la obra?	SÍ _____ NO _____
8	Si la respuesta anterior es “SÍ”, ¿cómo lo capacitaron?	
9	¿Sabe usted si la obra está atrasada o va al día?	SÍ _____ NO _____
10	¿Sabe usted en qué fecha debe entregarse cada etapa de la obra?	SÍ _____ NO _____
11	¿Considera que su opinión y sugerencias sobre las actividades que hace en la obra son tenidas en cuenta?	SÍ _____ NO _____
12	¿Cada cuánto recibe instrucciones del trabajo que debe realizar?	____ Cada día ____ Cada 2 días ____ Cada 3 días ____ Cada semana ____ Otro ¿Cada cuánto? ____
13	¿Por qué medio le suministran la información de las actividades que debe realizar?	____ Escrito ____ Oral ____ Escrito y oral
14	¿Considera usted que la información que le da su jefe sobre de las actividades que debe realizar es clara?	SÍ _____ NO _____
15	¿Se siente cómodo en su lugar de trabajo?	SÍ _____ NO _____
16	¿Se siente en confianza para pedir una segunda explicación cuando no le queda claro algo?	SÍ _____ NO _____
17	¿Cuál es la causa más frecuente para que usted no logre terminar sus tareas a tiempo? (Escriba solo la que considere que más se repite).	
18	¿Cómo considera usted la comunicación entre los residentes y subcontratistas?	____ Muy buena ____ Buena ____ Regular ____ Mala ____ Muy mala
19	¿Recibe usted algún tipo de reconocimiento por cumplir con las actividades planificadas en el tiempo establecido para ejecutarlas?	SÍ _____ NO _____ ¿Cuál? _____
20	¿Cómo cree usted que es el sistema de planificación y control actual en la obra?	____ Muy bueno ____ Bueno ____ Regular ____ Malo ____ Muy malo
21	En su opinión, ¿qué se podría mejorar dentro de la obra?	

Tabla 7. Encuesta dirigida a profesionales de obra – Fase de diagnóstico


		Departamento de Ingeniería Civil Grupo de investigación GESCON	
		“Last Planner en Colombia. Una revisión a la implementación y su impacto en el desempeño de proyectos de construcción”	
Identificación del empleado			
1	Cargo actual		
2	¿Cuántos años lleva ejerciendo este cargo?		
3	Obra en la que trabaja		
4	¿Cuánto tiempo lleva trabajando en esta obra?		
5	Profesión		
Implementación del sistema de planificación y control			
6	¿Sabe usted qué es el LAST PLANNER o Sistema del Último Planificador?	SÍ _____	NO _____
7	Si la respuesta anterior es “Sí”, ¿qué es para usted el LAST PLANNER o Sistema del Último Planificador?		
8	¿Tuvo usted alguna capacitación inicial sobre el sistema de planificación que se usa en la obra?	SÍ _____	NO _____
9	Si la respuesta anterior es “Sí”, ¿cómo se capacitó?		
10	¿Qué herramientas Lean se han implementado en la obra?		
11	¿Quién es el encargado en la obra de implementar estas herramientas?		
12	¿Se hace benchmarking (comparación del desempeño) entre obras de la empresa o proyectos de otras compañías?	SÍ _____	NO _____
13	¿Conoce usted la programación general de la obra?	SÍ _____	NO _____
14	¿Con qué software se hace esta programación?		
15	¿La programación general está en físico visible en la obra?, ¿En qué lugar se ubica?	SÍ _____	NO _____ Ubicación(es): _____
16	¿Sabe usted en qué fecha debe entregarse cada etapa de la obra?	SÍ _____	NO _____
17	¿Cuál es el horizonte de tiempo de la planificación intermedia?		
18	¿Llevan registro de las restricciones?	SÍ _____	NO _____
19	¿Con qué periodicidad se llevan a cabo las reuniones de planificación intermedia?		
20	¿Cuántas veces a la semana se reúne con su equipo de trabajo (director, residentes, maestros, encargado del subcontratista) para hablar sobre el trabajo que se ha hecho y el que está por hacer?	1 _____ 2 _____ 3 _____ 4 _____ 5 _____ Otro _____	¿Cada cuánto? _____
21	¿En la reunión se habla sobre la causa de no cumplimiento de las actividades?	SÍ _____	NO _____
22	¿Se buscan soluciones para que no vuelvan a ocurrir las causas de no cumplimiento?	SÍ _____	NO _____
23	¿Cuál es la causa más frecuente de no cumplimiento?		
24	¿Cómo controla usted que los empleados a su cargo cumplan con sus tareas?		
25	¿Considera que la información suministrada por el área de programación y presupuestos acerca de las actividades a ejecutar es clara y detallada?	SÍ _____	NO _____
26	¿Por qué medio el área de programación y presupuestos le suministran la información de las actividades que se deben realizar?		
27	¿Cuál cree usted que ha sido el mayor impedimento o dificultad al utilizar la metodología del <i>Last Planner</i> en obra?		
28	¿Cómo cree usted que es el sistema de planificación y control actual en la obra?	_____ Muy bueno _____ Bueno _____ Regular _____ Malo _____ Muy malo	
29	En su opinión, ¿qué se podría mejorar en la reunión de planificación semanal?		
30	En su opinión, ¿qué se podría mejorar a nivel de planificación y control dentro de la obra?		

Tabla 8. Encuesta dirigida a maestros, subcontratistas y encargados – Fase de acompañamiento


 Departamento de Ingeniería Civil Grupo de investigación GESCON “ <i>Last Planner</i> en Colombia. Una revisión a la implementación y su impacto en el desempeño de proyectos de construcción”		
Identificación del empleado		
1	Cargo actual	
2	¿Cuántos años lleva ejerciendo este cargo?	
3	Obra en la que trabaja	
4	¿Cuánto tiempo lleva trabajando en esta obra?	
Noción de la herramienta		
5	¿Sabe usted qué es el <i>LAST PLANNER</i> o Sistema del Último Planificador?	SÍ _____ NO _____
6	Si la respuesta anterior es “Sí”, ¿qué es para usted el <i>LAST PLANNER</i> o Sistema del Último Planificador?	
7	¿Tuvo usted alguna capacitación inicial sobre el sistema de planificación que se usa en la obra?	SÍ _____ NO _____
8	Si la respuesta anterior es “Sí”, ¿cómo lo capacitaron?	
Planificación general		
9	¿Conoce usted la programación general de la obra?	SÍ _____ NO _____
10	¿Sabe usted en qué fecha debe entregarse cada etapa de la obra?	SÍ _____ NO _____
Planificación semanal		
11	¿En la reunión se habla sobre cuál fue la causa de no cumplimiento de las actividades?	SÍ _____ NO _____
12	¿Se llega a la causa raíz de los no cumplimientos?	SÍ _____ NO _____
13	¿Se buscan soluciones para que no vuelvan a ocurrir las causas de no cumplimiento?	SÍ _____ NO _____
14	¿Cuál es la causa más frecuente para que usted no logre terminar las tareas propuestas? (Escriba solo la que considere que más se repite).	
15	¿Considera que su opinión es tenida en cuenta durante la planificación semanal?	SÍ _____ NO _____
16	¿Considera que la información suministrada por el maestro/residente acerca de las actividades que deben ser ejecutadas es clara?	SÍ _____ NO _____
17	¿Por qué medio le suministran la información de las actividades que debe realizar?	____ Escrito ____ Oral ____ Escrito y oral
18	¿Se siente en confianza para pedir una segunda explicación cuando no le queda claro algo?	SÍ _____ NO _____
Implementación del sistema		
19	¿Considera que las actividades que se programan semanalmente son realizables?	SÍ _____ NO _____
20	¿Considera adecuado el sistema de calificación de contratistas actual?	SÍ _____ NO _____
21	¿Recibe usted algún tipo de reconocimiento por cumplir con las actividades planificadas en el tiempo establecido para ejecutarlas?	SÍ _____ NO _____ ¿Cuál? _____
22	¿Cómo cree usted que es el sistema de planificación y control actual en la obra?	____ Muy bueno ____ Bueno ____ Regular ____ Malo ____ Muy malo
23	En su opinión, ¿qué se podría mejorar en la reunión de planificación semanal?	
24	En su opinión, ¿qué se podría mejorar a nivel de planificación y control dentro de la obra?	

Tabla 9. Encuesta dirigida al personal operativo – Fase de acompañamiento



		Departamento de Ingeniería Civil Grupo de investigación GESCON “Last Planner en Colombia. Una revisión a la implementación y su impacto en el desempeño de proyectos de construcción”
Identificación del empleado		
1	Oficio actual	
2	¿Cuántos años lleva realizando este oficio?	
3	Obra en la que trabaja	
4	¿Cuánto tiempo lleva trabajando en esta obra?	
Noción de la herramienta		
5	¿Sabe usted qué es el <i>LAST PLANNER</i> o Sistema del Último Planificador?	SÍ _____ NO _____
6	Si la respuesta anterior es “SÍ”, ¿qué es para usted el <i>LAST PLANNER</i> o Sistema del Último Planificador?	
7	¿Tuvo usted alguna capacitación inicial sobre el sistema de planificación que se usa en la obra?	SÍ _____ NO _____
8	Si la respuesta anterior es “SÍ”, ¿cómo lo capacitaron?	
Aspectos de planificación		
9	¿Sabe usted si la obra está atrasada o va al día?	SÍ _____ NO _____
10	¿Sabe usted en qué fecha debe entregarse cada etapa de la obra?	SÍ _____ NO _____
11	¿Considera que su opinión y sugerencias sobre las actividades que hace en la obra son tenidas en cuenta?	SÍ _____ NO _____
12	¿Cada cuánto recibe instrucciones del trabajo que debe realizar?	___ Cada día ___ Cada 2 días ___ Cada 3 días ___ Cada semana ___ Otro ¿Cada cuánto? ___
13	¿Por qué medio le suministran la información de las actividades que debe realizar?	___ Escrito ___ Oral ___ Escrito y oral
14	¿Considera usted que la información que le da su jefe sobre de las actividades que debe realizar es clara?	SÍ _____ NO _____
15	¿Se siente cómodo en su lugar de trabajo?	SÍ _____ NO _____
16	¿Se siente en confianza para pedir una segunda explicación cuando no le queda claro algo?	SÍ _____ NO _____
17	¿Cuál es la causa más frecuente para que usted no logre terminar sus tareas a tiempo? (Escriba solo la que considere que más se repite).	
Implementación del sistema		
18	¿Cómo considera usted la comunicación entre los residentes y contratistas?	___ Muy buena ___ Buena ___ Regular ___ Mala ___ Muy mala
19	¿Recibe usted algún tipo de reconocimiento por cumplir con las actividades planificadas en el tiempo establecido para ejecutarlas?	SÍ _____ NO _____ ¿Cuál? _____
20	¿Cómo cree usted que es el sistema de planificación y control actual en la obra?	___ Muy bueno ___ Bueno ___ Regular ___ Malo ___ Muy malo
21	En su opinión, ¿qué se podría mejorar dentro de la obra?	

Tabla 10. Encuesta dirigida a profesionales de obra – Fase de acompañamiento

		Departamento de Ingeniería Civil Grupo de investigación GESCON “Last Planner en Colombia. Una revisión a la implementación y su impacto en el desempeño de proyectos de construcción”	
Identificación del empleado			
1	Cargo actual		
2	¿Cuántos años lleva ejerciendo este cargo?		
3	Obra en la que trabaja		
4	¿Cuánto tiempo lleva trabajando en esta obra?		
5	Profesión		
Noción de la herramienta			
6	¿Sabe usted qué es el LAST PLANNER o Sistema del Último Planificador?	SÍ _____	NO _____
7	Si la respuesta anterior es “SÍ”, ¿qué es para usted el LAST PLANNER o Sistema del Último Planificador?		
8	¿Tuvo usted alguna capacitación inicial sobre el sistema de planificación que se usa en la obra?	SÍ _____	NO _____
9	Si la respuesta anterior es “SÍ”, ¿cómo se capacitó?		
Planificación general			
10	¿Conoce usted la programación general de la obra?	SÍ _____	NO _____
11	¿Con qué metodología se hace esta programación?		
12	¿Con qué software se hace esta programación?		
13	¿La programación general está en físico visible en la obra?, ¿En qué lugar se ubica?	SÍ _____	NO _____ Ubicación(es): _____
14	¿Sabe usted en qué fecha debe entregarse cada etapa de la obra?	SÍ _____	NO _____
15	¿Considera la planificación general como una herramienta fundamental que le ayude a alcanzar los objetivos del proyecto en cuento al cumplimiento de plazos?	SÍ _____	NO _____
Planificación intermedia			
16	¿Cuál es el horizonte de tiempo de la planificación intermedia?		
17	¿Llevan registro de las restricciones?	SÍ _____	NO _____
18	¿Con qué periodicidad se llevan a cabo las reuniones de planificación intermedia?		
Planificación semanal			
19	¿Durante la reunión se habla sobre la causa de no cumplimiento de las actividades?	SÍ _____	NO _____
20	¿Se llega a la causa raíz de los no cumplimientos?	SÍ _____	NO _____
21	¿Se buscan soluciones para que no vuelvan a ocurrir las causas de no cumplimiento?	SÍ _____	NO _____
22	¿Cuál es la causa más frecuente de no cumplimiento?		
Implementación del sistema			
23	¿Considera clara la metodología de planificación que se usa en la obra?	SÍ _____	NO _____
24	¿Tiene claras las funciones de su cargo dentro de la metodología de planificación?	SÍ _____	NO _____
25	¿Considera que alguna de las herramientas o actividades de la metodología de planificación no aporta al cumplimiento de las metas en la obra y podría omitirse?	SÍ _____	NO _____
26	Si la respuesta anterior es “SÍ”, ¿cuál es dicha herramienta o actividad?		
27	¿Considera que las actividades que se programan semanalmente son realizables?	SÍ _____	NO _____
28	¿Considera adecuado el sistema de calificación de contratistas actual?	SÍ _____	NO _____
29	¿Considera que tiene un mayor control en obra con la metodología de planificación implementada?	SÍ _____	NO _____
30	¿El porcentaje de atraso en obra ha disminuido con la metodología de planificación?	SÍ _____	NO _____


31	¿El indicador PAC en obra ha aumentado con la metodología de planificación?	SÍ _____ NO _____
32	¿Cómo considera el apoyo de las áreas de la empresa al avance oportuno de la obra?	___Muy bueno ___Bueno ___ Regular ___Malo ___ Muy malo
33	¿Qué área considera que podría dar más soporte para mejorar la ejecución de la obra?	
34	¿Cuál cree usted que ha sido el mayor impedimento o dificultad al utilizar la metodología del Last Planner en obra?	

6.1.3 Entrevista

La entrevista puede definirse como una estrategia para hacer que la gente hable sobre lo que sabe, piensa y cree, una situación en la cual una persona obtiene información sobre algo interrogando a otra; dicha información suele referirse a la biografía, al sentido de los hechos, a sentimientos, opiniones y emociones, a las normas o estándares de acción, y a los valores o conductas ideales (Guber, 2001). Particularmente, la entrevista con fines de investigación busca, a través de la información obtenida de un conjunto de saberes privados, la construcción del sentido social de la conducta individual o del grupo de referencia de ese individuo (Alonso, 2003). Mediante esta técnica el autor logra capturar no solo las respuestas a una serie de preguntas, sino las expresiones del entrevistado, el tono de su voz y la seguridad o el titubeo al responder. A diferencia de la encuesta, en la entrevista hay apertura a una conversación, hay interacción entre el investigador y el informante, las preguntas son por lo general más prolijas, al igual que las respuestas obtenidas.

El autor realizó un total de 15 entrevistas abiertas semiestructuradas a los encargados de coordinar el área Lean o productividad en las compañías; abordó primero la información acerca de la identificación de la empresa, posteriormente se indagó sobre la identificación del empleado y su rol dentro de la compañía, después se ahondó de forma general sobre la implementación de la construcción Lean y finalmente se formularon las preguntas acerca de la implementación específica del LPS, su impacto, la opinión del entrevistado sobre el efecto de la herramienta y los puntos a mejorar. El autor optó por este tipo de entrevista puesto que, a pesar de tener un guion preestablecido (ver Tabla 11), también se permitió formular preguntas no previstas pero oportunas, según el curso de la conversación.

Tabla 11. Guía para dirigir la entrevista a encargados Lean

		Departamento de Ingeniería Civil Grupo de investigación GESCON
“Last Planner en Colombia. Una revisión a la implementación y su impacto en el desempeño de proyectos de construcción”		
Identificación de la empresa y del empleado		
1	Nombre y antigüedad de la empresa	
2	Nicho de mercado y cantidad de proyectos actuales en ejecución	
3	¿Operación nacional o internacional?, ¿en qué ciudades trabajan actualmente?	
4	Profesión y cargo actual, ¿cuántos años lleva ejerciendo este cargo?	
5	¿Cuántos años lleva trabajando la compañía?	
Implementación Lean		
6	¿Hace cuánto se implementó la construcción Lean en la empresa?	
7	¿Qué herramientas Lean se han implementado?	
8	¿Existe personal de soporte en las obras para la implementación de estas herramientas?	
9	¿Se han implementado a través de un proyecto piloto o simultáneamente en todas las obras?	
10	¿Cuáles son sus funciones como encargado Lean?, ¿hay un encargado Lean por obra en la empresa?	
11	¿La empresa tuvo capacitación inicial?, ¿cómo se llevó a cabo?	
12	Cuando ingresa personal nuevo, ¿se capacita?	
13	¿Hay retroalimentación de las herramientas?, ¿cada cuánto?, ¿quiénes participan?	
14	¿Se hace benchmarking entre obras de la empresa o proyectos de otras compañías?	
Implementación del sistema de planificación y control		
15	¿Hace cuánto se implementó el LPS?	
16	¿Cómo se capacitó la empresa?, ¿Quiénes recibieron capacitación?	
17	¿Hubo alguna etapa de simulación sobre el sistema de planificación y control que se usa en las obras?	
18	¿Qué niveles de planificación se han implementado?, ¿quiénes son los responsables de cada nivel?	
19	¿Cómo se hace el plan general o plan maestro?, ¿con qué software?, ¿quiénes participan?	
20	¿Cuál es el horizonte de la planificación intermedia?, ¿cómo se definió?	
21	¿Con qué periodicidad se llevan a cabo las reuniones de planificación intermedia?	
22	¿Llevan registro de las restricciones?, ¿tienen indicadores?, ¿quién es el responsable de liberar las restricciones?	
23	¿Con qué periodicidad se realizan las reuniones de planificación a corto plazo?, ¿quiénes participan?	
24	¿Qué indicadores se obtienen en esta reunión?	
25	¿Se exponen las causas de no cumplimiento de las actividades?	
26	¿Se busca la causa raíz que genera el no cumplimiento de las actividades?	
27	¿Se toman medidas correctivas para que no haya recurrencia de estas causas de no cumplimiento?	
28	¿Por qué medio se registran los avances periódicos de las obras?	
29	¿Los subcontratistas son incluidos en las reuniones de planificación intermedia?	
30	¿Los subcontratistas participan en la toma de decisiones de planificación intermedia?	
31	¿Los subcontratistas son incluidos en las reuniones de planificación semanal?	
32	¿Los subcontratistas participan en la toma de decisiones a corto plazo?	
33	¿La empresa actualiza el plan maestro o plan general conforme avanza el proyecto?	
34	¿La empresa utiliza gerenciamiento visual para actualizar el avance de las obras?	
35	¿Se incentiva el cumplimiento de las asignaciones a los subcontratistas?, ¿cómo?	
36	En su opinión, ¿cuál ha sido la mejora más significativa con la implementación del sistema?	
37	¿Cómo ha sido su percepción del sistema de planificación y control actual en obra?	
38	En su opinión, ¿qué se podría mejorar a nivel de planificación y control dentro de la obra?	

7. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS EN LA FASE DE DIAGNÓSTICO

El trabajo de campo inicial se desarrolló con la colaboración de 16 empresas constructoras colombianas, con nichos de mercado variables y operación en diversos departamentos del país y en el exterior. En la Tabla 12 se resume la información de las compañías y en la Tabla 13 se muestra los instrumentos para la recolección de la información usados en cada una de ellas.

Tabla 12. Resumen de las empresas constructoras colaboradoras - fase de diagnóstico

Constructora	Antigüedad	Tipo de operación	Sitio de operación	Nicho de mercado actual
A	67 años	Nacional	Antioquia, Bolívar, Cundinamarca, Magdalena, Quindío, Valle del Cauca	Centros de salud, comercio, hotelería, industrial, infraestructura, institucional, oficinas, vivienda
B	71 años	Regional	Antioquia	Bodegas, industrial, institucional, vivienda
C	26 años	Nacional	Antioquia, Atlántico, Cundinamarca	Centros de salud, comercio, institucional, vivienda
D	23 años	Nacional	Antioquia, Cundinamarca	Centros de salud, comercio, vivienda
E	17 años	Nacional	Caldas, Cundinamarca, Huila, Risaralda, Valle del Cauca	Oficinas, vivienda
F	52 años	Nacional e internacional	Colombia, Centroamérica	Todo tipo de edificaciones e infraestructura
G	53 años	Regional	Antioquia	Vivienda
H	25 años	Nacional	Antioquia, Cundinamarca	Vivienda
I	41 años	Nacional	Cundinamarca, Valle del Cauca	Comercio, vivienda
J	15 años	Nacional	Cundinamarca, Santander	Vivienda
K	27 años	Nacional	Antioquia, Cundinamarca, Sucre	Comercio, institucional, oficinas, vivienda
L	10 años	Regional	Antioquia	Hotelería. Oficinas, vivienda
M	26 años	Nacional e internacional	Colombia, Estados Unidos	Comercio, vivienda
N	24 años	Nacional	Cundinamarca, Norte de Santander, Tolima, Valle del Cauca	Oficinas, vivienda
O	6 años	Nacional	Atlántico, Bolívar, Cundinamarca, Valle del Cauca	Bodegas, call center, data center, industrial
P	16 años	Regional	Norte de Santander	Vivienda

Tabla 13. Elementos para la recolección de la información utilizados

Constructora	Observación no participante	Encuesta a profesionales de obra	Encuesta a maestros y subcontratistas	Encuesta a personal operativo	Entrevista
A	x	x	x	x	x
B	x		x	x	x
C	x		x	x	x
D	x	x	x	x	x
E	x	x	x	x	x
F	x	x	x	x	x
G	x		x	x	x
H	x	x	x	x	x
I	x	x	x	x	x
J	x	x	x	x	x
K	x		x	x	x
L	x	x	x	x	x
M	x	x	x	x	x
N	x	x	x	x	x
O		x	x	x	x
P		x	x	x	

7.1 OBSERVACIÓN NO PARTICIPANTE

El proceso de observación no participante se realizó durante las reuniones de planificación semanal de 33 obras de construcción, pertenecientes a 14 de las 16 empresas colaboradoras; se visitaron entre 1 y 4 obras en cada compañía constructora, según su disponibilidad. La guía para el registro de información se dividió en 6 secciones: descripción de la obra, personal presente, espacio físico e insumos utilizados, formalidad en la reunión, desarrollo de la misma y calificación de desempeño a subcontratistas.

7.1.1 Descripción de las obras visitadas

Las 33 obras se clasificaron de acuerdo con su ubicación geográfica a nivel de departamento, el uso futuro de la edificación y el estado del proceso constructivo. Se visitaron 23 obras en el departamento de Antioquia, 6 en Cundinamarca, 2 en Caldas y 2 en Santander. El autor clasificó cada una de las obras visitadas mediante una letra, que corresponde a la

constructora, y un número, con el fin de distinguir entre obras de la misma compañía. Respecto al uso, las obras se catalogaron en cuatro tipos: vivienda, oficinas, centros comerciales y uso mixto vivienda-comercio; en cuanto a la etapa del proceso constructivo, se clasificaron en tres categorías: fundaciones, estructura y obra gris-obra blanca. En la Tabla 14 se presenta el resumen de las obras visitadas y más adelante algunas fotografías tomadas por el autor durante las visitas.

Tabla 14. Descripción de las obras visitadas

Obra	Departamento	Uso	Estado del proceso constructivo
A1	Antioquia	Oficinas	Obra gris/obra blanca
A2	Antioquia	Vivienda	Fundaciones
A3	Antioquia	Hotelería	Estructura
B1	Antioquia	Oficinas	Obra gris/obra blanca
B2	Antioquia	Vivienda	Obra gris/obra blanca
C1	Antioquia	Vivienda	Obra gris/obra blanca
C2	Antioquia	Vivienda	Obra gris/obra blanca
C3	Antioquia	Vivienda	Estructura
C4	Antioquia	Vivienda	Estructura
D1	Antioquia	Vivienda y comercio	Obra gris/obra blanca
E1	Caldas	Vivienda	Obra gris/obra blanca
E2	Caldas	Oficinas	Obra gris/obra blanca
F1	Cundinamarca	Comercio	Estructura
G1	Antioquia	Vivienda	Fundaciones
G2	Antioquia	Vivienda	Obra gris/obra blanca
G3	Antioquia	Vivienda	Obra gris/obra blanca
G4	Antioquia	Vivienda	Fundaciones
H1	Antioquia	Vivienda	Estructura
H2	Antioquia	Vivienda	Obra gris/obra blanca
H3	Antioquia	Vivienda	Obra gris/obra blanca
I1	Cundinamarca	Vivienda	Estructura
I2	Cundinamarca	Vivienda	Obra gris/obra blanca
J1	Santander	Vivienda	Estructura
J2	Santander	Vivienda	Obra gris/obra blanca
K1	Antioquia	Vivienda	Obra gris/obra blanca
K2	Antioquia	Comercio	Estructura
K3	Antioquia	Oficinas	Obra gris/obra blanca
L1	Antioquia	Vivienda	Fundaciones
L2	Antioquia	Vivienda	Obra gris/obra blanca
L3	Antioquia	Vivienda	Obra gris/obra blanca
M1	Cundinamarca	Vivienda	Estructura
M2	Cundinamarca	Vivienda	Obra gris/obra blanca
N1	Cundinamarca	Vivienda	Obra gris/obra blanca



Foto 1. Obra constructora A, oficinas. Archivo propio



Foto 2. Obra constructora B, oficinas. Archivo propio



Foto 3. Obra constructora C, vivienda. Archivo propio



Foto 4. Obra constructora D, vivienda-comercio. Archivo propio

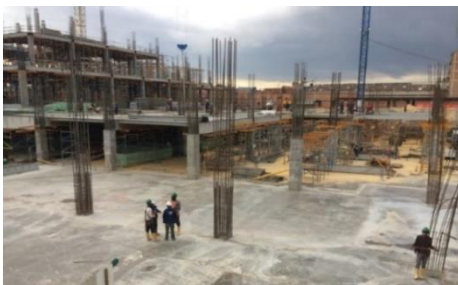


Foto 5. Obra constructora F, comercio. Archivo propio



Foto 6. Obra constructora G, vivienda. Archivo propio



Foto 7. Obra constructora I, vivienda. Archivo propio



Foto 8. Obra constructora K, comercio. Archivo propio

7.1.2 Personal presente durante la reunión

Durante las visitas se registró quién era el encargado de presidir la reunión, si había presencia permanente de un profesional o auxiliar encargado del área Lean en la obra, si todo el personal, especialmente subcontratistas, permanecían hasta el final de la reunión y quiénes asistían a la misma.

En la totalidad de los casos era un profesional o auxiliar directo de la empresa constructora quien dirigía la reunión; en un 64% de los casos, se trataba de un profesional técnico y/o administrativo de la obra: residentes, directores o coordinadores de obra; en un 24% de los casos era un profesional o auxiliar Lean y en el 12% restante, un profesional dedicado exclusivamente a la programación de la obra. La presencia permanente de un profesional o auxiliar encargado del área Lean en el proyecto tuvo una respuesta afirmativa en el 36% de obras visitadas. Además, en un 73% de casos, todos los asistentes permanecieron hasta el final de la reunión, en tanto que en el porcentaje restante los subcontratistas se retiraban de la reunión una vez se calificaba su cumplimiento y se les comunicaban sus asignaciones, o pasaban por turnos para ser evaluados y programados por los profesionales de la obra; en estos casos no era posible para los subcontratistas enterarse de las asignaciones previas y/o predecesoras con las cuales se comprometían los demás miembros del equipo de obra. En relación con el personal que asistía a la reunión, se encontró una marcada diferencia de una obra a otra, inclusive dentro de la misma compañía. En la gran mayoría de casos, había presencia por lo menos de un profesional de la obra y de los subcontratistas de las diferentes actividades. El maestro de obra y el personal SST, también fueron figuras presentes en un porcentaje significativo de proyectos, en tanto que figuras como la interventoría, el personal de gestión humana y el almacenista, se encontraron en algunos casos puntuales. En la Tabla 15 se resume el registro del autor acerca del personal presente durante la reunión de planificación semanal y en la Tabla 16 se detalla el personal que estuvo presente durante la reunión de cada una de las obras.

Tabla 15. Personal presente durante la reunión

Obra	Departamento	¿Quién preside la reunión?	¿La obra tiene un encargado específico para el área Lean?		¿Todos permanecen hasta el final?	
			Si	No	Si	No
A1	Antioquia	Residentes		x	x	
A2	Antioquia	Residentes		x	x	
A3	Antioquia	Residentes		x	x	
B1	Antioquia	Residentes		x		x
B2	Antioquia	Residentes		x	x	
C1	Antioquia	Encargado de programación		x		x
C2	Antioquia	Encargado de programación	x		x	
C3	Antioquia	Encargado de programación	x		x	
C4	Antioquia	Encargado de programación	x			x
D1	Antioquia	Residentes		x	x	
E1	Caldas	Profesional lean	x		x	
E2	Caldas	Profesional lean	x		x	
F1	Cundinamarca	Director		x		x
G1	Antioquia	Residentes		x	x	
G2	Antioquia	Coordinador		x		x
G3	Antioquia	Residentes		x		x
G4	Antioquia	Director		x	x	
H1	Antioquia	Director		x	x	
H2	Antioquia	Residentes		x		x
H3	Antioquia	Director		x	x	
I1	Cundinamarca	Auxiliar lean	x		x	
I2	Cundinamarca	Auxiliar lean	x		x	
J1	Santander	Profesional lean	x		x	
J2	Santander	Coordinador	x			x
K1	Antioquia	Residentes		x	x	
K2	Antioquia	Residentes		x	x	
K3	Antioquia	Director		x	x	
L1	Antioquia	Director		x	x	
L2	Antioquia	Auxiliar lean	x		x	
L3	Antioquia	Auxiliar lean	x		x	
M1	Cundinamarca	Residentes		x	x	
M2	Cundinamarca	Residentes		x		x
N1	Cundinamarca	Profesional lean	x		x	

Tabla 16. Personal que asiste a la reunión de planificación semanal

Obra	Coordinador	Director	Residente(s)	Profesional Lean	Auxiliar Lean	Auxiliar ingeniería	Programador	Maestro(s)	Subcontratistas	Personal SST	Interventoría	Gestión humana	Almacenista
A1			x					x	x	x	x		
A2		x	x						x				
A3		x	x										
B1		x	x						x				
B2		x	x					x	x				
C1		x	x				x		x	x	x		x
C2		x	x	x			x	x	x				
C3		x	x	x			x	x	x	x			x
C4		x	x	x			x	x	x	x	x		
D1			x					x	x	x	x		
E1				x				x	x				
E2		x		x				x	x				
F1		x	x			x		x	x	x		x	
G1		x	x					x	x	x			
G2	x		x					x	x	x	x		
G3			x					x	x	x	x		
G4		x	x					x	x	x			x
H1		x	x	x					x				
H2			x					x	x				
H3		x	x					x	x				x
I1	x		x	x	x			x	x	x			
I2	x		x	x	x			x	x	x			
J1			x	x									
J2	x			x					x				
K1			x					x	x	x			
K2		x	x					x	x	x	x		
K3		x	x					x	x	x	x		
L1		x	x					x	x	x	x		x
L2		x			x			x	x				x
L3		x			x			x	x	x			
M1		x	x	x				x	x	x			
M2		x	x	x				x	x	x	x		
N1		x	x	x				x	x	x			

7.1.3 Espacio físico e insumos para desarrollar la reunión

Se encontraron dos ambientes típicos para llevar a cabo la reunión de planificación: una sala de juntas o la oficina de profesionales de la obra. El autor designa como sala de juntas a todo espacio independiente dentro de las instalaciones provisionales, dispuesto específicamente para congregarse a varias personas con el fin de tratar algún asunto. De acuerdo con esto, se observó que un 64% de las obras dirigían su reunión en una sala de juntas, en tanto que el 36% restante lo hacía en medio de la oficina de profesionales, donde en ocasiones había personal desligado de la reunión que trabajaba en otros asuntos.

Respecto a la acomodación del personal, se tuvo en cuenta la disponibilidad de asientos para todos los asistentes, un 79% de las obras contaban con sillas para todas las personas durante toda la reunión, el 21% restante tenía a varios de sus asistentes de pie durante todo el evento. Además, respecto a la sensación de confort espacial, térmico y lumínico, acorde a la cantidad de asistentes a la reunión de planificación, el autor calificó el espacio físico donde se desarrolló la misma, de acuerdo con la escala numérica que se presenta en la Tabla 17. Al respecto, un 58% de las reuniones presenciadas se desarrollaron en un espacio amplio y cómodo, un 21% en un espacio parcialmente amplio y cómodo, y el 21% restante en un espacio estrecho e incómodo.

Tabla 17. Descripción de la calificación del espacio físico donde se desarrolla la reunión

Descripción	Calificación
Espacio amplio y cómodo: confort espacial, térmico y lumínico satisfactorio.	3
Espacio parcialmente amplio y/o cómodo: se satisfacen dos de los criterios de confort.	2
Espacio estrecho e incómodo: se satisface uno o ninguno de los criterios de confort.	1

Finalmente, en relación con los insumos utilizados para dirigir la reunión, se encontró que cerca de la mitad de los proyectos visitados lo hacían únicamente con un computador personal; un 27% utilizaban, además del computador, una pantalla para proyectar al público la imagen del mismo, bien fuera mediante un televisor o un video beam y un tablero; un 6% empleaban además del computador personal un cuadro impreso con la programación específica por cuadrilla y el 18% restante lo hacían apoyados en hojas impresas con la

calificación y programación o cuadernos con apuntes. A continuación, se muestran algunas fotografías tomadas durante el curso de las reuniones de planificación semanal (RPS):



Foto 9. RPS constructora A. Archivo propio



Foto 10. RPS constructora A. Archivo propio



Foto 11. RPS constructora B. Archivo propio



Foto 12. RPS constructora C. Archivo propio



Foto 13. RPS constructora D. Archivo propio



Foto 14. RPS constructora E. Archivo propio



Foto 15. RPS constructora F. Archivo propio



Foto 16. RPS constructora G. Archivo propio



Foto 17. RPS constructora G. Archivo propio



Foto 18. RPS constructora H. Archivo propio



Foto 19. RPS constructora H. Archivo propio



Foto 20. RPS constructora I. Archivo propio



Foto 21. RPS constructora I. Archivo propio



Foto 22. RPS constructora J. Archivo propio

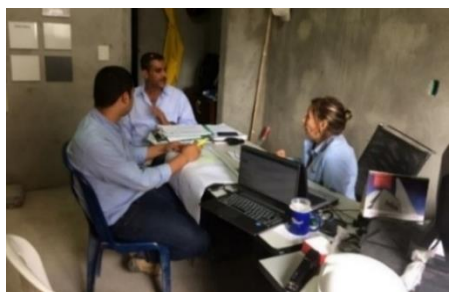


Foto 23. RPS constructora J. Archivo propio



Foto 24. RPS constructora K. Archivo propio



Foto 25. RPS constructora L. Archivo propio

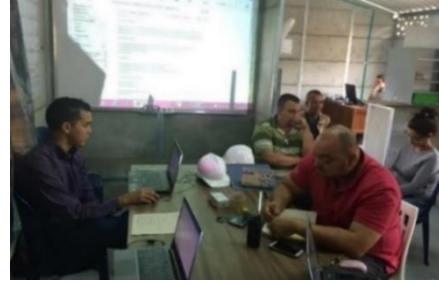


Foto 26. RPS constructora L. Archivo propio



Foto 27. RPS constructora M. Archivo propio



Foto 28. RPS constructora N. Archivo propio

Con el objetivo de poder cuantificar los resultados obtenidos durante el proceso de observación no participante, y facilitar el proceso de análisis y comparación de resultados, el autor asignó un valor numérico a cada uno de los ítems registrados durante la visita según la sección en que se agruparon las anotaciones. La calificación respecto al espacio físico e insumos utilizados durante la reunión se distribuyó como sigue, con el fin de dar un peso equivalente a cada aspecto: se asignó un 2.5 a la categoría “sala de juntas” y un 0 a la categoría “oficina de profesionales”; a la disponibilidad de asientos para todo el personal un 2.5, 0 en el caso contrario; en los insumos se asignó un 2.5 si la obra dirigía la reunión con computador y medio de proyección, 1.7 si solo contaba con el primero, 0.8 si se hacía con hojas impresas y 0 si no se tenían insumos para dirigir la reunión; finalmente al criterio de amplitud y comodidad se asignó un 2.5 si la calificación de confort definida en la Tabla 17 era de 3, 1.3 si era de 2 y 0 si era de 1. De esta forma, la calificación máxima sería 10 puntos, caso que indicaría que se satisfacen las condiciones deseables respecto al espacio e insumos para desarrollar la reunión.

Después de calificar cada obra, el autor agrupó los resultados por departamento geográfico y por empresa constructora, promediando la calificación de las obras correspondientes en cada grupo. En la Tabla 18 se resume la calificación obtenida en cada una de las obras.

Tabla 18. Calificación del espacio e insumos para dirigir la reunión

Obra	Espacio donde se realiza la reunión	Disponibilidad de asientos	Insumos	Amplitud y comodidad	CALIFICACIÓN
A1	2.5	2.5	2.5	2.5	10.0
A2	0.0	2.5	1.7	0.0	4.2
A3	0.0	2.5	1.7	2.5	6.7
B1	2.5	0.0	1.7	0.0	4.2
B2	2.5	2.5	1.7	2.5	9.2
C1	2.5	2.5	1.7	2.5	9.2
C2	2.5	2.5	1.7	2.5	9.2
C3	2.5	2.5	1.7	1.3	7.9
C4	2.5	2.5	1.7	2.5	9.2
D1	2.5	2.5	0.8	2.5	8.3
E1	0.0	0.0	1.7	0.0	1.7
E2	0.0	2.5	1.7	2.5	6.7
F1	2.5	2.5	2.5	1.3	8.8
G1	2.5	2.5	0.8	2.5	8.3
G2	0.0	2.5	1.7	1.3	5.4
G3	0.0	2.5	0.8	1.3	4.6
G4	0.0	2.5	1.7	0.0	4.2
H1	0.0	2.5	1.7	1.3	5.4
H2	0.0	0.0	0.8	0.0	0.8
H3	0.0	0.0	0.8	1.3	2.1
I1	2.5	0.0	1.7	1.3	5.4
I2	2.5	2.5	1.7	2.5	9.2
J1	2.5	2.5	0.8	2.5	8.3
J2	0.0	2.5	0.8	0.0	3.3
K1	2.5	2.5	2.5	2.5	10.0
K2	2.5	2.5	2.5	2.5	10.0
K3	2.5	2.5	2.5	2.5	10.0
L1	0.0	2.5	2.5	2.5	7.5
L2	2.5	2.5	2.5	2.5	10.0
L3	2.5	2.5	1.7	2.5	9.2
M1	2.5	2.5	2.5	2.5	10.0
M2	2.5	0.0	2.5	0.0	5.0
N1	2.5	0.0	0.8	2.5	5.8

A nivel de departamento (ver Gráfico 1), se encontró que Cundinamarca y Antioquia fueron las regiones que en promedio contaban con espacios mejor acondicionados e insumos más adecuados para dirigir la reunión de planificación semanal, con un puntaje de 7.4 y 7.2,

respectivamente. En Santander y en Caldas los resultados fueron menos favorables en este aspecto, con un promedio de puntos de 5.8 y 4.2, respectivamente.

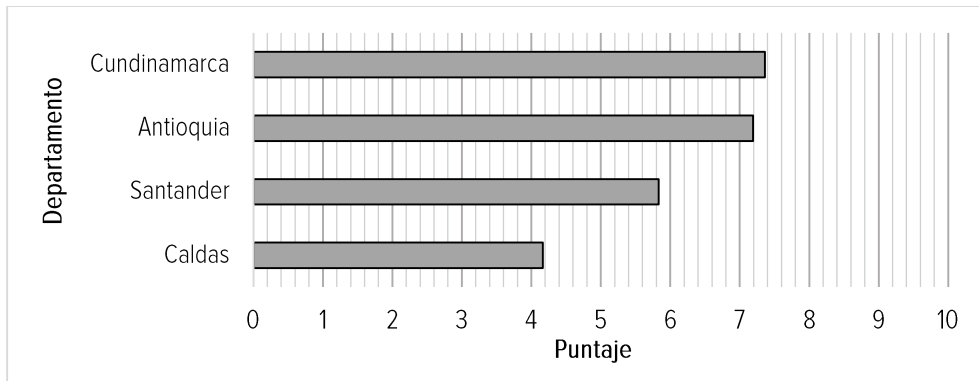


Gráfico 1. Calificación promedio de espacio e insumos por departamento

A nivel de empresa (ver Gráfico 2), se encontró que aquella con resultados más sobresalientes en este aspecto fue la constructora K del departamento de Antioquia, con 10 puntos; se destacaron también las constructoras C y L, del departamento de Antioquia, ambas con promedios de 8.9 puntos. Los puntajes más bajos, reflejo de un mayor número de falencias, los obtuvieron las constructoras G de Antioquia, E de Caldas y H de Antioquia, con promedios de 5.6, 4.2 y 2.8, respectivamente.

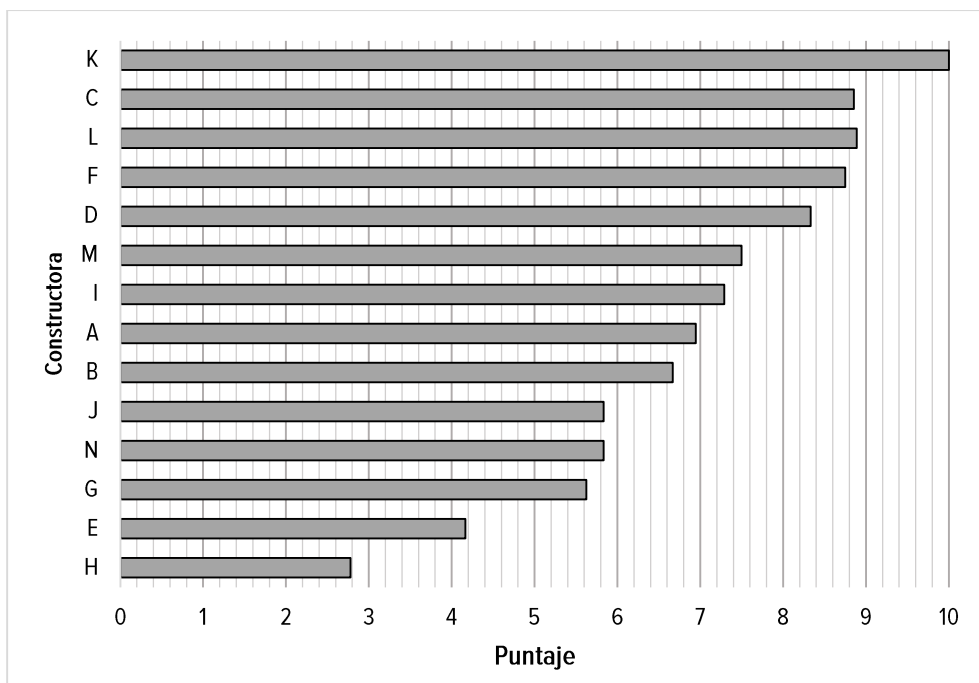


Gráfico 2. Calificación promedio de espacio e insumos por constructora

7.1.4 Formalidad en la reunión

Con el fin de valorar la formalidad en las reuniones, se tuvieron en cuenta aspectos como la existencia de un orden del día, la programación rutinaria de la reunión, la toma de lista o asistencia, la entrega de la programación de obra al personal y la firma de los compromisos adquiridos por parte de los subcontratistas. Adicionalmente, el autor asignó la calificación que se presenta en la Tabla 19, según la percepción de orden que tuvo durante el desarrollo de la reunión, pues además de cumplir con las formalidades descritas, es importante que la reunión sea organizada, el personal esté atento y no se advierta improvisación. Con base en lo anterior, un 46% de las obras se catalogaron como organizadas, el 39% como parcialmente organizadas y el 15% restante como desorganizadas.

Tabla 19. Descripción de la calificación del orden con el que se desarrolla la reunión

Descripción	Calificación
Reunión organizada: se desarrolla de forma ordenada, el personal está atento y no se evidencia improvisación.	3
Reunión parcialmente organizada: se satisfacen dos de los criterios de orden.	2
Reunión desorganizada: se satisface uno o ninguno de los criterios de orden.	1

La toma de lista de asistencia y la firma de los compromisos adquiridos para la semana siguiente, fueron los aspectos con un mayor número de respuestas negativas. En un 42% de las obras no se llevaba el registro de asistencia y un 61% no se firmaban los compromisos. En cuanto a las demás variables, los resultados fueron muy positivos, con respuestas asertivas en casi la totalidad de las obras: en un 94% de los proyectos existía orden del día para desarrollar la reunión, en un 97% la reunión se programaba rutinariamente y en un 79% se entregaba la programación física a los subcontratistas y encargados.

Respecto a la formalidad en la reunión, la calificación para la cuantificación y comparación de resultados se distribuyó como sigue: se asignó un 1.7 en caso de existir un orden del día definido, 0 en caso de no haberlo; 1.7 cuando la reunión se programaba de forma rutinaria, 0 en caso contrario; 1.7 si se tomaba lista de asistencia, 0 cuando no se hacía; 1.7 cuando se entregaba la programación impresa al personal, 0 cuando no se hacía; 1.7 si se había firma

de compromisos, 0 cuando no se firmaban los compromisos; 1.7 si la calificación de orden definida en la Tabla 19 era de 3, 0.8 si era de 2 y 0 si era de 1. De esta forma, la calificación máxima sería 10 puntos, con un peso equivalente para cada aspecto evaluado. La calificación obtenida en cada obra se resume en la Tabla 20.

Tabla 20. Calificación de la formalidad de la reunión

Obra	Existencia de orden del día	Reunión programada rutinariamente	Toma de asistencia	Entrega de programación física	Firma de compromisos	Orden	CALIFICACIÓN
A1	1.7	1.7	1.7	0.0	1.7	1.7	8.3
A2	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7
A3	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	1.7
B1	1.7	1.7	0.0	1.7	1.7	0.8	7.5
B2	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	0.8	9.2
C1	1.7	1.7	0.0	1.7	0.0	0.8	5.8
C2	1.7	1.7	0.0	0.0	0.0	0.8	4.2
C3	1.7	1.7	1.7	1.7	0.0	1.7	8.3
C4	1.7	1.7	1.7	1.7	0.0	0.8	7.5
D1	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	10.0
E1	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	0.8	9.2
E2	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	10.0
F1	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	10.0
G1	1.7	1.7	0.0	1.7	1.7	0.0	6.7
G2	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	0.8	9.2
G3	1.7	1.7	0.0	1.7	1.7	0.8	7.5
G4	1.7	1.7	0.0	1.7	0.0	0.8	5.8
H1	1.7	1.7	0.0	1.7	0.0	0.8	5.8
H2	1.7	1.7	0.0	0.0	1.7	0.0	5.0
H3	1.7	1.7	1.7	0.0	0.0	0.0	5.0
I1	1.7	1.7	1.7	1.7	0.0	1.7	8.3
I2	1.7	1.7	1.7	1.7	0.0	1.7	8.3
J1	1.7	1.7	0.0	0.0	0.0	1.7	5.0
J2	1.7	1.7	0.0	1.7	1.7	0.8	7.5
K1	1.7	1.7	1.7	1.7	0.0	1.7	8.3
K2	1.7	1.7	1.7	1.7	0.0	1.7	8.3
K3	1.7	1.7	1.7	1.7	0.0	1.7	8.3
L1	1.7	1.7	0.0	1.7	0.0	1.7	6.7
L2	1.7	1.7	1.7	1.7	0.0	0.8	7.5
L3	1.7	1.7	1.7	1.7	0.0	1.7	8.3
M1	1.7	1.7	1.7	1.7	0.0	1.7	8.3
M2	1.7	1.7	1.7	0.0	1.7	0.8	7.5
N1	1.7	1.7	0.0	1.7	0.0	1.7	6.7

Con base en esta calificación, se encontró a nivel departamental (ver Gráfico 3) que Caldas y Cundinamarca fueron las regiones que llevaron a cabo su reunión de planificación semanal con mayor formalidad, con un promedio de 9.6 y 8.2 puntos, respectivamente. En los departamentos de Antioquia y Santander se obtuvo un promedio de 6.8 y 6.3 puntos, respectivamente; se satisficieron en menor medida los aspectos de formalidad que corresponden a toma de asistencia, entrega de programación en físico al personal y firma de compromisos.

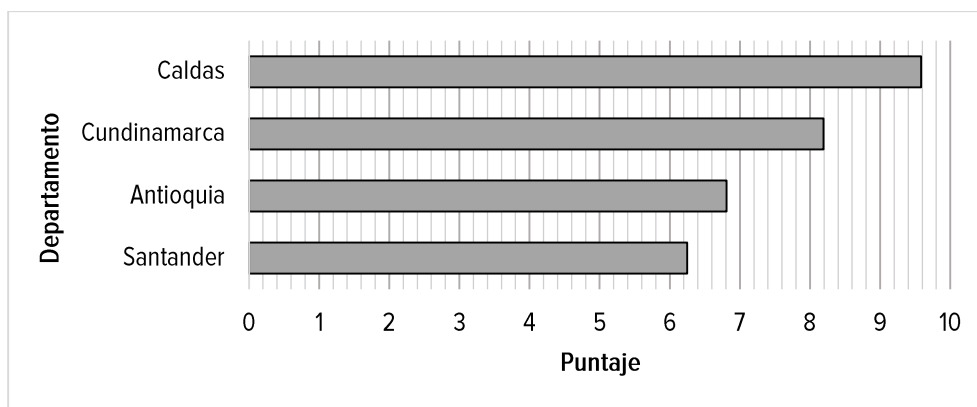


Gráfico 3. Calificación promedio de formalidad en la reunión por departamento

A nivel de constructora (ver Gráfico 4), las compañías D de Antioquia y F de Cundinamarca cumplieron con la totalidad de aspectos tenidos en cuenta por el autor en términos de formalidad. Se destacó también la compañía E de Caldas, con un promedio entre las obras visitadas de 9.6 puntos. Los resultados menos favorables se observaron en las compañías J de Santander y H y A de Antioquia, las cuales obtuvieron promedios de 6.3, 5.3 y 3.9, respectivamente; esto indica una marcada improvisación y falta de formalidad durante el curso de la reunión, lo cual puede suscitar menor credibilidad y confianza por parte de los subcontratistas.

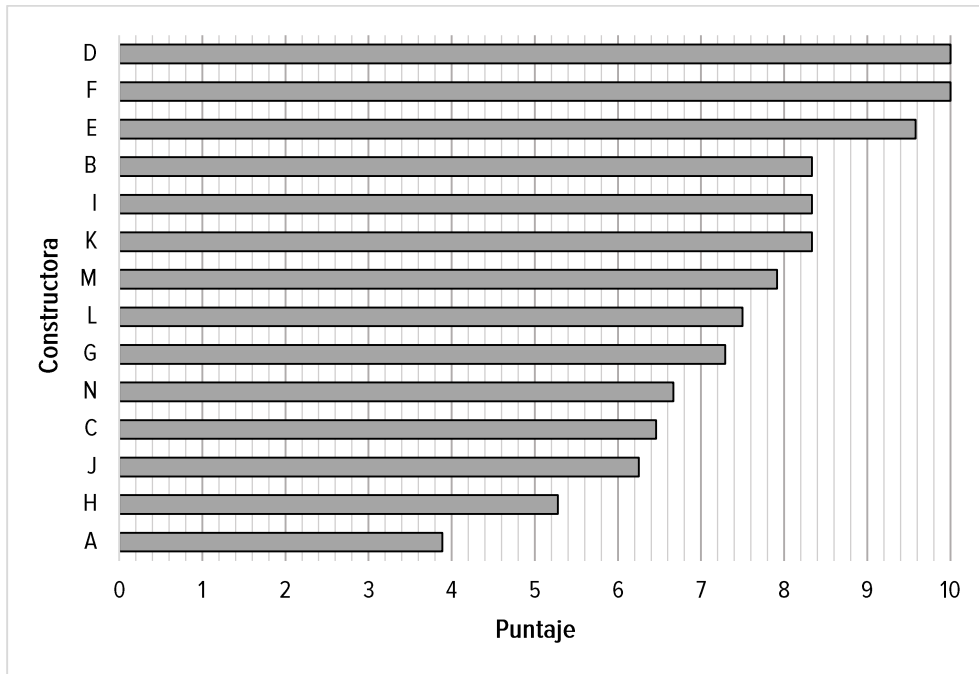


Gráfico 4. Calificación promedio de formalidad en la reunión por constructora

7.1.5 Desarrollo de la reunión

Durante el desarrollo de la reunión se prestó especial atención a la calificación del PAC, la participación de los subcontratistas, la discusión acerca de las CNC, la programación de las tareas para la semana siguiente y el tiempo de duración de la reunión.

Respecto a la verificación de las actividades ejecutadas por el subcontratista, se encontró que en un 55% de los casos la calificación estaba lista al momento de comenzar la reunión, espacio en el cual se procedía a socializar los resultados obtenidos. En el 45% restante de obras la calificación se hacía durante el curso de la reunión, entre los profesionales de la obra e incluso preguntando informalmente al subcontratista qué porcentaje había ejecutado.

A partir de la calificación de las actividades realizadas por el subcontratista, se obtiene el indicador PAC, no obstante, en un 12% de obras no hubo registro de dicho indicador, quien presidía la reunión se limitaba a anotar qué actividades se habían realizado y cuáles estaban pendientes. El autor destaca que, de las obras en las que sí hubo registro del PAC, en un 93% se hizo a partir de calificación de las actividades con 0 y 1, en las obras restantes se realizó a partir del porcentaje de avance de cada asignación.

Asimismo, se detectó que las hojas de Excel son la herramienta más popular para el registro del PAC, en 85% de las obras se hacía uso de esta aplicación de Microsoft; en el porcentaje restante se utilizaban las hojas de cálculo de Google o un sistema de información gerencial (ERP) propio de la empresa.

En cuanto a las CNC, fue evidente la falta de rigurosidad en muchas de las obras al discutir sobre las mismas. En un 45% de los proyectos no se generó discusión en torno a dicho tema, inclusive hubo casos en los cuales no se mencionaron, a pesar de tener una lista de chequeo predeterminada en la compañía. En el 55% restante de los proyectos, sí se generó un espacio de discusión, pero el común denominador fue no profundizar en la causa raíz que producía el incumplimiento. Respecto al chequeo de las CNC predeterminadas, se encontraron ocho grandes grupos comunes a la mayoría de compañías: materiales, mano de obra, herramientas y equipo, proveedor, error de programación, mal tiempo, prerrequisito y diseños. En la mayoría de obras, dichas CNC estaban muy poco detalladas, no es posible a partir de expresiones como “material”, “mano de obra”, “programación”, “prerrequisito”, entre otras, documentar el responsable directo del incumplimiento con miras a garantizar la trazabilidad del proceso y tomar medidas para asegurar un flujo de trabajo continuo en el futuro. El listado de las CNC predeterminado en cada una de las empresas se muestra en la Tabla 22. Además, se observó que a pesar de estar abierto el espacio para generar discusión entre profesionales de la obra y los subcontratistas, y ser este uno de los focos del LPS, la participación de estos últimos dentro de la reunión no era un factor sobresaliente; no es común que haya intervenciones de tipo explicativas o argumentativas, menos aún de tipo propositivas. El autor asignó una calificación según la participación de los subcontratistas, con base en la escala numérica que se muestra en la Tabla 21.

Tabla 21. Descripción de la calificación de la participación de los subcontratistas

Descripción	Calificación
Participación activa: los subcontratistas participan constantemente.	3
Participación esporádica: los subcontratistas participan eventualmente.	2
Baja participación: los subcontratistas muestran una participación escasa o no hay participación.	1

En este orden de ideas, se registró una participación activa de los subcontratistas en un 43% de las reuniones, participación eventual en un 33% y participación baja o nula en el 24% restante.

Tabla 22. Listado de causas de no cumplimiento

Constructora	CNC
A	Diseños, material, equipo, mano de obra, predecesoras, programación, lluvias, otras.
B	Falta de personal, falta de material, equipos, cambio de prioridad, no terminación de actividad, mal tiempo, falta de diseño, bajo rendimiento, procedimientos internos, otros.
C	Error en programación, demoras por proveedor, ausentismo o falta de personal (subcontratista), bajo rendimiento (subcontratista), dificultades técnicas, atraso actividad previa del mismo subcontratista, atraso actividad previa de otro subcontratista, cambios o falta de diseño, falta de material (obra), falta de material (subcontratista), equipo no disponible (obra), falta de equipo (subcontratista), condiciones climáticas, imprevistos por agentes externos, entrega formal maestro.
D	Proveedor, herramientas - equipos, falta de personal a causa del subcontratista, mal tiempo, prerrequisito, falta de diseños, cambios de diseños, mala planeación.
E	Actividad previa incompleta, actividad previa mal ejecutada, cambio de diseño, proveedor, subcontratista, mal planificada, mal tiempo, falta de material, falta de equipo.
F	Información, predecesora, materiales, herramienta y equipo, mano de obra, espacio, imprevistos.
G	Error en programación, demoras por proveedor, ausentismo o falta de personal (subcontratista), bajo rendimiento (subcontratista), dificultades técnicas, atraso actividad previa del mismo subcontratista, atraso actividad previa de otro subcontratista, cambios o falta de diseño, falta de material (obra), falta de material (subcontratista), equipo no disponible (obra), falta de equipo (subcontratista), condiciones climáticas, imprevistos por agentes externos, entrega formal a maestro, falta de información previa.
H	Mala programación, falta de prerrequisito - externo, falta de prerrequisito - interno, proveedor, rendimiento mano de obra, falta de mano de obra, cambios de diseño, falta de equipos - herramientas, daño en equipos, compromiso subcontratista, mal tiempo, diseños, ausentismo, otros.
I	Actividad previa, falta de material, herramienta y equipo, falta de gestión del subcontratista, falta de diseños, mal tiempo, inadecuada gestión de la obra, falta de material en el puesto de trabajo, inadecuada programación, otros.
J	Proveedor, compras, herramienta y equipos, maquinaria, falta de personal o mal distribuido, mal tiempo, prerrequisito, falta de diseño, atraso acumulado, mala planeación de pedidos o contratos, mala planeación de información, planta de concreto instalaciones provisionales, deficiente transporte, no cumple estándar, falta de supervisión.
K	Mano de obra, material, precedente, diseño, equipos, rendimiento, lluvia, otros.
L	Proveedor, herramienta y equipo, dificultades técnicas, actividad previa, falta de personal, falta de diseños, cambios de diseños, planeación inadecuada, gestión administrativa, mal tiempo.
M	Disponibilidad de personal, seguridad social del subcontratista, equipos del subcontratista, calidad en ejecución de actividades, materiales del subcontratista, instrucciones no claras sobre actividades, falta de materiales obra por proveedor, falta de materiales por gestión de obra, actividad previa incompleta, mal tiempo.
N	Ausentismo de personal, ingreso por elementos de protección personal, herramientas y equipo, rendimiento, prerrequisito, mal clima, mala planeación, cambio de diseños, otro.

En la sección denominada desarrollo de la reunión, se calificaron siete aspectos fundamentales de la aplicación de la herramienta. En este caso la distribución de puntos para la cuantificación de resultados se distribuyó como sigue: se asignó un 1.4 si se contaba

con la evaluación del subcontratista previo a la reunión, 0 si se hacía durante el curso de la misma; 1.4 si había discusión sobre las CNC, 0 en caso contrario; 1.4 si el listado de las CNC era detallado, 0 cuando no lo era; 1.7 cuando se entregaba la programación impresa al personal, 0 cuando no se hacía; 1.4 si el registro del PAC se hacía con 1 y 0, 0.7 cuando se hacía con el porcentaje de avance de la asignación o 0 cuando no había registro del indicador; 1.4 si se dejaba registro de la programación para la semana siguiente durante la reunión, 0 si no se hacía; 1.4 si los profesionales de obra tenían claridad sobre las actividades a programar, 0 si se hacía de forma improvisada; 1.4 si la participación de los subcontratistas en la reunión era activa, 0.7 si era esporádica o 0 si había baja o nula participación. Al igual que en las secciones anteriores, la calificación máxima sería 10 puntos, con un peso equivalente para cada aspecto evaluado. La calificación obtenida en cada obra se resume en la Tabla 23.

Tabla 23. Calificación del desarrollo de la reunión

Obra	Calificación previa organizada	Discusión sobre las CNC	Detalle del listado de CNC	Registro del PAC con 0 y 1	Registro de programación semana siguiente	Claridad sobre actividades a programar	Participación de los subcontratistas	CALIFICACIÓN
A1	0.0	0.0	0.0	1.4	1.4	1.4	0.7	5.0
A2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	1.4
A3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	1.4
B1	0.0	0.0	0.0	1.4	1.4	1.4	0.7	5.0
B2	1.4	1.4	0.0	1.4	1.4	1.4	0.7	7.9
C1	0.0	0.0	1.4	1.4	1.4	0.0	1.4	5.7
C2	0.0	1.4	1.4	1.4	0.0	0.0	0.7	5.0
C3	0.0	1.4	1.4	1.4	0.0	1.4	0.7	6.4
C4	0.0	0.0	1.4	1.4	0.0	0.0	0.0	2.9
D1	1.4	0.0	0.0	1.4	1.4	1.4	0.7	6.4
E1	0.0	0.0	0.0	1.4	1.4	1.4	0.7	5.0
E2	0.0	0.0	0.0	1.4	1.4	1.4	0.7	5.0
F1	1.4	1.4	0.0	1.4	1.4	1.4	1.4	8.6
G1	0.0	0.0	1.4	1.4	0.0	1.4	0.0	4.3
G2	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	0.7	9.3
G3	1.4	0.0	1.4	1.4	1.4	1.4	0.7	7.9
G4	1.4	0.0	1.4	1.4	1.4	1.4	0.7	7.9
H1	1.4	0.0	0.0	1.4	1.4	1.4	0.0	5.7
H2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	1.4
H3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	1.4

I1	1.4	1.4	0.0	1.4	1.4	1.4	1.4	8.6
I2	1.4	1.4	0.0	1.4	1.4	1.4	1.4	8.6
J1	0.0	1.4	0.0	0.7	1.4	1.4	0.0	5.0
J2	0.0	1.4	0.0	0.7	1.4	1.4	1.4	6.4
K1	1.4	1.4	0.0	1.4	1.4	1.4	1.4	8.6
K2	1.4	1.4	0.0	1.4	0.0	1.4	1.4	7.1
K3	1.4	1.4	0.0	1.4	0.0	1.4	1.4	7.1
L1	1.4	1.4	0.0	1.4	1.4	1.4	1.4	8.6
L2	1.4	1.4	0.0	1.4	1.4	1.4	1.4	8.6
L3	1.4	1.4	0.0	1.4	1.4	1.4	1.4	8.6
M1	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	10.0
M2	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	10.0
N1	1.4	1.4	0.0	1.4	1.4	1.4	1.4	8.6

A nivel departamental (ver Gráfico 5), es evidente que en Cundinamarca la reunión tuvo un mejor manejo que en los demás departamentos, el promedio en esta región fue de 9.0, lo cual indica que la fase de planificación y control a corto plazo se ajusta en gran medida a la teoría propuesta en la metodología. En Antioquia, Santander y Caldas el promedio fue significativamente más bajo, con un puntaje promedio de 5.8, 5.7 y 5.0, respectivamente.

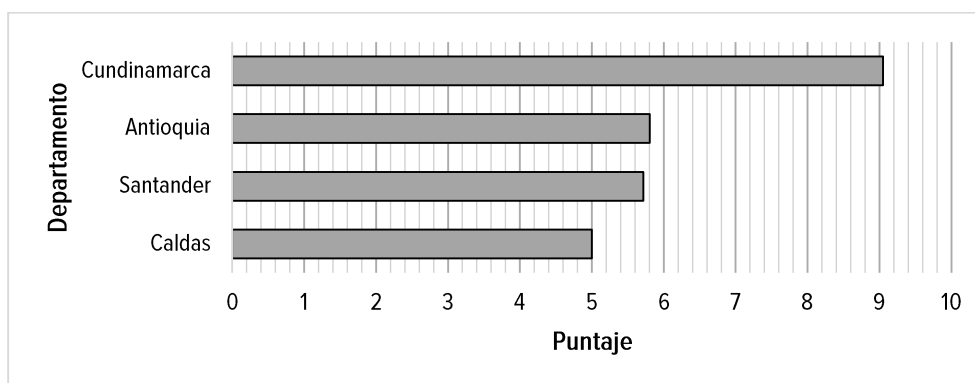


Gráfico 5. Calificación promedio del desarrollo de la reunión por departamento

A nivel de constructora (ver Gráfico 6), las compañías M, N, F e I de Cundinamarca, y L de Antioquia, alcanzaron los puntajes más altos, el puntaje máximo para la constructora M, y de 8.6 para las demás. Las menores puntuaciones en este criterio de calificación se reflejaron en las constructoras H y A de Antioquia, con 2.9 y 2.6, respectivamente, lo cual pone de manifiesto la necesidad de reforzar los aspectos considerados para un adecuado desarrollo

de la reunión, especialmente aquellos concernientes a una calificación previa organizada, discusión y detalle de las CNC y la participación de los subcontratistas.

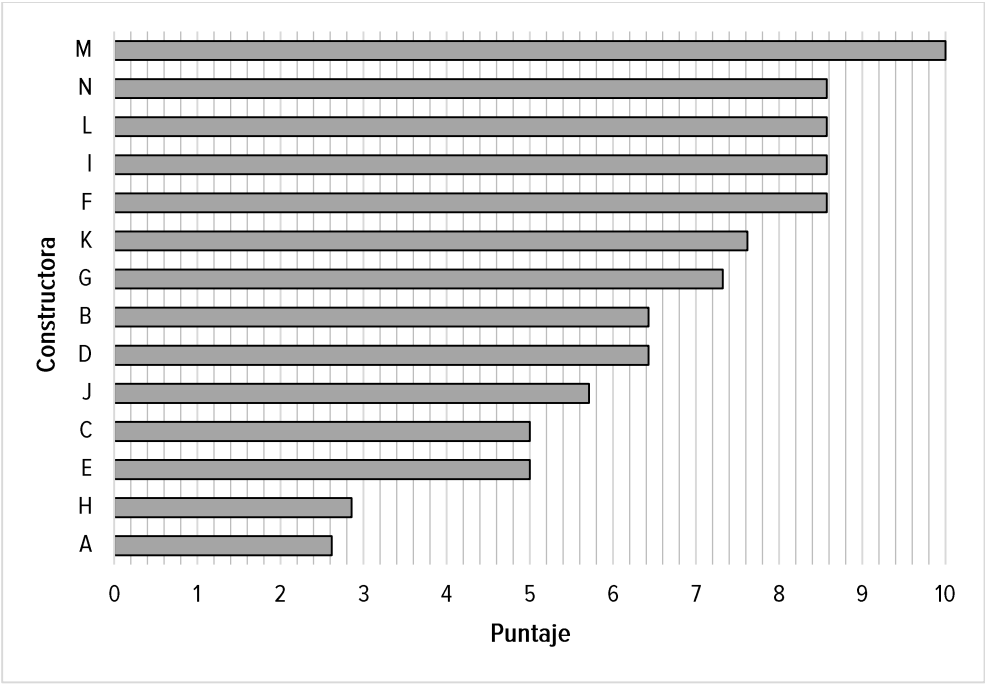


Gráfico 6. Calificación promedio del desarrollo de la reunión por constructora

7.1.6 Calificación del desempeño de los subcontratistas

En esta sección se tomó nota sobre la socialización de la calificación de cada subcontratista, la evaluación de las variables complementarias al PAC para calificar su desempeño y la existencia y características de la cartelera de desempeño.

La evaluación de variables complementarias al PAC se ha vuelto recurrente entre las empresas colombianas que han tenido capacitación acerca del LPS, pues permiten tener un registro más integral del desempeño del subcontratista; típicamente se califica la calidad, el cumplimiento, la seguridad y salud en el trabajo, el orden y aseo y la gestión ambiental (ver Tabla 24). En un 70% de las obras la calificación de dichas variables se socializaba durante la misma reunión de planificación semanal; en el porcentaje restante no se realizaba la socialización, sin embargo, en algunos de estos casos se publicaba, posterior a la reunión, la cartelera de desempeño actualizada, donde se podía observar la calificación de cada variable por subcontratista. Además, dentro del porcentaje de casos en que existía

calificación de las variables, solo un 15% de constructoras lo hacían de forma cuantitativa a partir de una lista de chequeo estandarizada, en los demás casos se hacía de forma cualitativa según la opinión del encargado de calificar. Respecto a la cartelera de desempeño, el panorama fue alentador: en un 73% de los proyectos existía cartelera de desempeño, con los rangos de desempeño e iconografía de calificación particular según el criterio de la constructora. Típicamente la cartelera se encontró ubicada dentro del mismo espacio donde se realiza la reunión o afuera de las oficinas de profesionales; de forma menos frecuente se encontró a la entrada de las oficinas o junto al comedor de los trabajadores. La actualización de la cartelera se realizaba en la mayoría de casos de forma semanal y estaba a cargo del profesional Lean o el personal SST. Se muestran algunas fotografías de las carteleras de calificación a subcontratistas (CCS) publicadas en las obras:

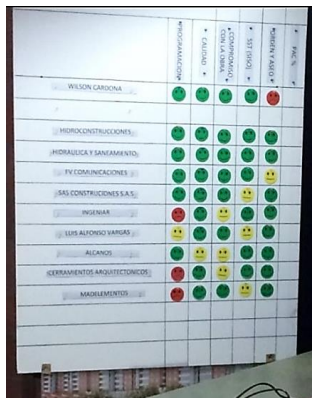


Foto 29. CCS constructora A. Archivo propio



Foto 30. CCS constructora B. Archivo propio



Foto 31. CCS constructora B. Archivo propio



Foto 32. CCS constructora C. Archivo propio



Foto 33. CCS constructora C. Archivo propio



Foto 34. CCS constructora C. Archivo propio



Foto 35. CCS constructora D. Archivo propio



Foto 36. CCS constructora E. Archivo propio



Foto 37. CCS constructora E. Archivo propio



Foto 38. CCS constructora K. Archivo propio



Foto 39. CCS constructora K. Archivo propio



Foto 40. CCS constructora G. Archivo propio

Contratista	Calificación	Orden y Asignación	Seguridad	Orden y Asignación	Seguridad	Orden y Asignación	Seguridad	TOTAL
DIERBA	53	98.9	52	71	60	80	60	60.4
GS&M	88	NA	77	83	NA	90	90	84.2
Proy. Asia	0	NA	72	85	100	70	59.38	
Hidráulica	75	NA	79	86	NA	90	79.42	

Foto 41. CCS constructora L. Archivo propio



Foto 42. CCS constructora F. Archivo propio

CONTRATISTA	PAC	CALIDAD	SEGURIDAD	ORDEN Y ASIGNACIÓN	SEGURIDAD	ORDEN Y ASIGNACIÓN	SEGURIDAD	TOTAL	NOTAS
CONTRATISTA 1	79	80	80	55	30	80	63		
CONTRATISTA 2	64	77	80	55	30	80	70		
CONTRATISTA 3	80	78	70	55	30	80	73		
CONTRATISTA 4	100	80	60	60	30	75	76		
CONTRATISTA 5	91	80	75	55	NA	75	78		
CONTRATISTA 6	90	80	80	55	NA	NA	78		
ADM	100	80	75	60	80	80	81.1		
M&M	0	80	75	55	NA	NA	50.2		
IMPDEST	100	75	75	55	75	75	78		

Foto 43. CCS constructora L. Archivo propio

EVALUACIÓN PROVEEDORES - CONTRATISTAS - ADMINISTRACIÓN		SEPTIEMBRE												
PROVEEDOR/CONTRATISTA	Calificación de Meses (PAC)	Calificación de Meses												
		SEPT	AUG	JUL	JUN	MAY	ABR	MAR	FEB	ENE	DIC	NOV	OCT	
1. JOSE RIVERA	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2. CONSTRUCCIONES	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%
3. JAVIER	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
4. ALBERTO MORA	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
5. DANIEL BALLESTEROS	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
6. S.A. CONSTRUCCIONES	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Foto 44. CCS constructora N. Archivo propio

Esta sección enriquece especialmente el factor humano implícito en el LPS, pues exalta el esfuerzo cuando los resultados son positivos y recuerdan que hay cosas por mejorar cuando los resultados no son óptimos, de esta forma se promueve el mejoramiento continuo dentro de la compañía. La calificación para la cuantificación de resultados se distribuyó en este caso como sigue: se asignó un 2.5 si se socializaba la calificación del subcontratista durante la reunión, 0 si no se hacía; 2.5 si se evaluaban todas las variables para calificar el desempeño, 0 en caso contrario; 2.5 si la calificación de variables realizaba de forma cuantitativa, 1.3 cuando se hacía de forma cualitativa y 0 si no existía la calificación de variables; 2.5 cuando la obra contaba con cartelera de desempeño, 0 cuando no lo hacía. Al igual que en las secciones anteriores, la calificación máxima sería 10 puntos, con un peso equivalente para cada aspecto evaluado. La calificación obtenida en cada obra se resume en la Tabla 25.

Tabla 24. Variables de calificación al subcontratista

Obra	Calidad	Cumplimiento / Programación	Seguridad y salud en el trabajo	Orden y aseo	Gestión ambiental	Compromiso	Manejo de materiales, equipos y herramientas	Documentos	Manejo técnico	Postventas	Recursos	Suministros
A1	x	x	x	x		x						
A2												
A3												
B1	x	x	x	x								
B2	x	x	x	x								
C1	x	x	x		x							
C2	x	x	x		x							
C3	x	x	x		x							
C4	x	x	x		x							
D1	x	x	x	x								
E1	x	x		x				x				
E2	x	x	x	x							x	
F1	x			x		x						
G1	x	x	x	x								
G2	x	x	x		x							
G3	x	x	x		x							
G4	x	x	x		x	x						
H1	x		x	x	x							
H2												
H3												
I1	x	x	x									
I2	x	x	x			x						
J1												
J2												
K1	x	x	x			x				x		
K2	x	x	x	x		x						
K3	x	x	x	x		x						
L1												
L2	x	x		x			x					
L3	x	x		x			x					
M1	x	x	x	x			x					
M2	x	x	x	x			x					
N1	x	x	x	x					x			x

Tabla 25. Calificación de la evaluación a subcontratistas

Obra	Socialización de la calificación del subcontratista en la reunión	Evaluación de todas las variables para calificar el desempeño	Calificación cuantitativa o cualitativa	Existencia de cartelera de desempeño	CALIFICACIÓN
A1	0.0	2.5	1.3	2.5	6.3
A2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
A3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
B1	0.0	0.0	1.3	2.5	3.8
B2	2.5	2.5	1.3	2.5	8.8
C1	2.5	2.5	1.3	0.0	6.3
C2	2.5	0.0	1.3	2.5	6.3
C3	2.5	0.0	1.3	2.5	6.3
C4	2.5	0.0	1.3	2.5	6.3
D1	2.5	2.5	1.3	2.5	8.8
E1	0.0	0.0	1.3	2.5	3.8
E2	2.5	0.0	1.3	2.5	6.3
F1	2.5	2.5	1.3	2.5	8.8
G1	2.5	2.5	1.3	0.0	6.3
G2	0.0	0.0	1.3	0.0	1.3
G3	0.0	0.0	1.3	2.5	3.8
G4	2.5	2.5	1.3	2.5	8.8
H1	2.5	2.5	1.3	2.5	8.8
H2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
H3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
I1	2.5	2.5	2.5	2.5	10.0
I2	2.5	2.5	2.5	2.5	10.0
J1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
J2	2.5	0.0	0.0	2.5	5.0
K1	2.5	2.5	1.3	2.5	8.8
K2	2.5	2.5	1.3	2.5	8.8
K3	2.5	2.5	1.3	2.5	8.8
L1	2.5	0.0	0.0	0.0	2.5
L2	2.5	2.5	2.5	2.5	10.0
L3	2.5	2.5	2.5	2.5	10.0
M1	2.5	2.5	1.3	2.5	8.8
M2	2.5	2.5	1.3	2.5	8.8
N1	2.5	2.5	1.3	2.5	8.8

En la calificación de la evaluación del desempeño integral del subcontratista, a nivel departamental (ver Gráfico 7), Cundinamarca presentó un resultado muy sobresaliente, el

promedio del puntaje a nivel de departamento fue de 9.2. En Antioquia y Caldas se obtuvieron puntajes promedios de 6.1 y 5.0, respectivamente, en tanto que en Santander el resultado fue notoriamente más bajo, con 2.5 puntos en promedio, puesto que no hay evaluación de variables de desempeño del contratista.

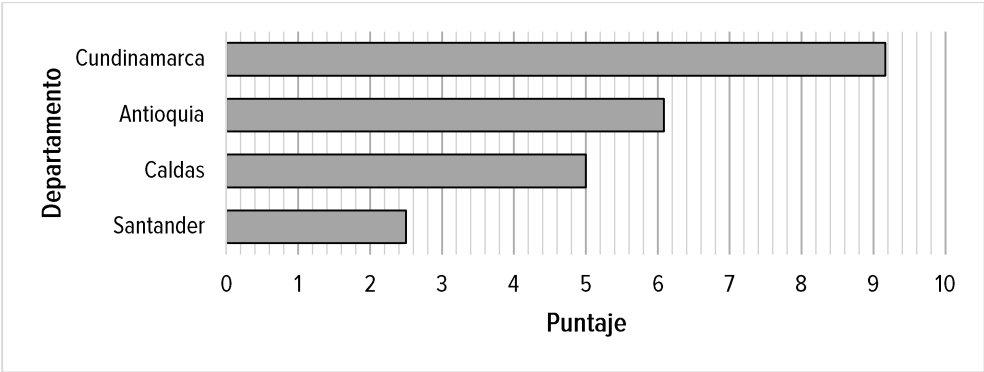


Gráfico 7. Calificación promedio de la evaluación a subcontratistas por departamento

A nivel de constructora (ver Gráfico 8), las más destacadas en este aspecto fueron la constructora I en Caldas y la constructora K en Antioquia, con 10 y 9 puntos respectivamente. En las constructoras H y A en Antioquia y la constructora J en Santander, se obtuvieron los resultados más bajos, lo cual en términos generales indica que no se siguen adecuadamente varios de los puntos considerados importantes en la calificación integral del subcontratista.

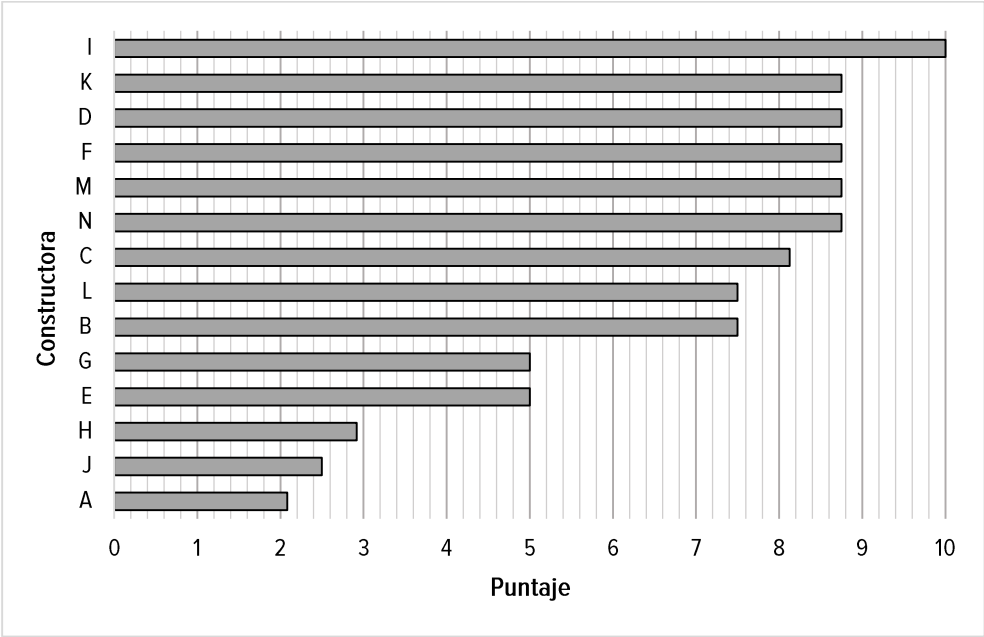


Gráfico 8. Calificación promedio de la evaluación a subcontratistas por constructora

7.2 ENCUESTAS

La mayoría de encuestas fueron realizadas durante la visita a las obras, una vez finalizado el proceso de observación no participante en la reunión de planificación semanal; sin embargo, en algunos casos particulares se realizaron las encuestas más no el proceso de observación no participante o viceversa, esto debido a la disponibilidad del personal y el horario de las reuniones en las obras.

Con el fin de tabular y posteriormente analizar las respuestas obtenidas, el autor adoptó ciertos criterios, que se enuncian a continuación:

1. Cuando en una pregunta cerrada se marca más de una respuesta o cuando en una pregunta abierta la respuesta no responde al interrogante, se considera como respuesta desviada.
2. Cuando se escribe más de una respuesta en aquellas preguntas que suponen una única respuesta, se toma en consideración la primera de ellas.
3. Con el fin de condensar las respuestas en las preguntas de tipo abiertas, se buscó agrupar aquellas que tuvieran el mismo significado a través de una expresión común.

Los resultados de las encuestas se agruparon en cuatro ejes temáticos: noción de la herramienta, aspectos generales de planificación y control, aspectos del componente humano del sistema y apreciaciones de la herramienta.

7.2.1 Descripción de la muestra de encuestados

Se realizaron en total 392 encuestas: 183 encuestas tipo 1, 122 encuestas tipo 2 y 83 encuestas tipo 3. De las encuestas tipo 1, 130 corresponden a subcontratistas, 44 a maestros, 7 a personal SST y 2 a almacenistas. El término “subcontratista” involucra tanto a los subcontratistas directos, quienes usualmente asisten a las reuniones de planificación semanal, así como sus representantes o encargados dentro de la obra, quienes eventualmente también están presentes durante las reuniones; el término “maestro” incluye a los maestros de obra, o también llamados en algunas regiones jefes de cuadrilla,

supervisores o inspectores. De las encuestas tipo 2, 79 pertenecen a oficiales de construcción, 26 a ayudantes y 17 a otros oficios como operador, oficios varios, cerrajero, patiero y coordinador de taller. Finalmente, de las encuestas tipo 3, 45 corresponden a residentes, 17 a directores, 11 a profesionales Lean, 6 a coordinadores, 4 a auxiliares Lean, 3 a practicantes y 1 a interventor. El término “residente” agrupa a todos los tipos de residentes de obra que participan de la reunión de planificación semanal, bien sea técnicos, administrativos u otros; el término “coordinador” incluye a su vez a los coordinadores de obra técnicos o administrativos y el término “profesional Lean” se refiere a aquellos profesionales encargados específicamente del área Lean, productividad o logística en las compañías.

7.2.2 Noción de la herramienta

La primera sección de las encuestas se orientó a la exploración del conocimiento acerca de la herramienta; para ello se preguntó al encuestado si sabía lo que era el *Last Planner® System* o Sistema del Último Planificador y posteriormente se preguntó de forma abierta por la definición de la herramienta, esto con el propósito de saber si realmente había claridad en el concepto. Además, se indagó sobre la existencia de capacitación inicial de la metodología y en caso de ser afirmativa la respuesta, la forma en que había sido capacitado el encuestado.

Acerca de la definición de la herramienta, se tomaron como respuestas bien argumentadas aquellas afines a la definición teórica, se citan a continuación algunas respuestas literales tomadas como bien argumentadas:

- “Es la metodología aplicada para realizar planificación en niveles de largo, mediano y corto plazo con el fin de reducir incertidumbre y verificar restricciones que impidan el flujo de procesos”.
- “Es una herramienta enfocada al cumplimiento del programa de obra, de optimización de recursos, reducción de pérdidas y logro de objetivos”.

- “Es un sistema de control y planeación que garantiza el cumplimiento de las actividades propuestas en programación mediante el trabajo coordinado de todo el equipo de trabajo”.

Aquellas respuestas en las que el encuestado se aproximaba parcialmente a la definición de la herramienta, se tomaron como parcialmente bien argumentadas. Se traen a colación algunas respuestas de este tipo:

- “Método de control para el cumplimiento de una programación optimizando los recursos”.
- “Es una ayuda para dar cumplimiento a las actividades programadas con un uso eficiente de todos los recursos”.
- “Planeación y control continuo del avance de obra”.

Finalmente se tomaron como mal argumentadas aquellas respuestas desacertadas o que redujeran la metodología a la planificación a corto plazo:

- “Asignar tareas y que se cumplan”.
- “Reunión de programación”.
- “La programación semanal”.

Respecto a la capacitación inicial, se consideró como formal los casos en que fue dictada por una persona o entidad calificada a través de un curso o similar, o bien un profesional de la obra con previo conocimiento del tema.

Los resultados de las encuestas se transcribieron en medio magnético, se tabularon y se agruparon inicialmente por proyecto y tipo de encuestado; posteriormente se expresaron las respuestas cerradas de forma porcentual condensadas por obra. El resumen con relación a la noción que tienen los equipos de trabajo sobre la herramienta de planificación y control que usan en obra se muestra por proyecto en la Tabla 26, Tabla 27 y Tabla 28.

Tabla 26. Noción de la herramienta- profesionales de obra

Obra	¿Sabe qué es Last Planner?		¿Argumenta adecuadamente?			¿Tuvo capacitación inicial?		¿Es formal la capacitación?	
	Sí	No	Sí	Parcialmente	No	Sí	No	Sí	No
A1	100%	0%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%
A2	100%	0%	100%	0%	0%	67%	33%	100%	0%
A3	100%	0%	33%	67%	0%	100%	0%	100%	0%
D1	100%	0%	0%	100%	0%	50%	50%	100%	0%
E1	100%	0%	0%	100%	0%	75%	25%	100%	0%
E2	100%	0%	50%	50%	0%	100%	0%	100%	0%
F1	100%	0%	0%	100%	0%	75%	25%	100%	0%
H1	100%	0%	25%	75%	0%	75%	25%	67%	33%
H2	100%	0%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%
H3	75%	25%	0%	100%	0%	50%	50%	50%	50%
I1	100%	0%	100%	0%	0%	100%	0%	100%	0%
I2	100%	0%	17%	67%	17%	67%	33%	75%	25%
J1	100%	0%	50%	0%	50%	50%	50%	100%	0%
J2	100%	0%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%
J3	100%	0%	20%	80%	0%	100%	0%	100%	0%
L1	100%	0%	33%	67%	0%	67%	33%	50%	50%
L2	100%	0%	33%	67%	0%	67%	33%	100%	0%
L3	100%	0%	50%	50%	0%	100%	0%	100%	0%
L4	100%	0%	100%	0%	0%	100%	0%	100%	0%
M1	100%	0%	50%	50%	0%	100%	0%	100%	0%
M2	100%	0%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%
N1	80%	20%	0%	100%	0%	60%	40%	100%	0%
O1	100%	0%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%
O2	100%	0%	100%	0%	0%	100%	0%	100%	0%
P1	100%	0%	60%	20%	20%	80%	20%	75%	25%

Tabla 27. Noción de la herramienta- maestros y subcontratistas

Obra	¿Sabe qué es Last Planner?		¿Argumenta adecuadamente?			¿Tuvo capacitación inicial?		¿Es formal la capacitación?	
	Sí	No	Sí	Parcialmente	No	Sí	No	Sí	No
A1	100%	0%	0%	0%	100%	100%	0%	0%	100%
A2	100%	0%	0%	100%	0%	75%	25%	67%	33%
A3	100%	0%	0%	50%	50%	0%	100%	-	-
B1	33%	67%	0%	0%	100%	0%	100%	-	-
B2	40%	60%	0%	50%	50%	20%	80%	0%	100%
C1	17%	83%	0%	0%	100%	33%	67%	0%	100%
C2	67%	33%	0%	60%	40%	50%	50%	67%	33%
C3	0%	100%	-	-	-	0%	100%	-	-
C4	71%	29%	0%	60%	40%	43%	57%	33%	67%
D1	85%	15%	0%	55%	45%	62%	38%	13%	88%
E1	0%	100%	-	-	-	56%	44%	0%	100%
E2	11%	89%	0%	0%	100%	33%	67%	0%	100%
F1	100%	0%	0%	60%	40%	20%	80%	0%	100%
G1	100%	0%	0%	67%	33%	0%	100%	-	-
G2	100%	0%	0%	67%	33%	67%	33%	0%	100%
G3	100%	0%	0%	100%	0%	50%	50%	0%	100%
G4	100%	0%	0%	75%	25%	75%	25%	33%	67%
G5	100%	0%	0%	100%	0%	67%	33%	100%	0%
H1	75%	25%	0%	67%	33%	75%	25%	0%	100%
H2	17%	83%	0%	0%	100%	33%	67%	0%	100%
H3	20%	80%	0%	0%	100%	0%	100%	-	-
I1	50%	50%	0%	0%	100%	67%	33%	0%	100%
I2	17%	83%	0%	50%	50%	58%	42%	14%	86%
J1	100%	0%	0%	0%	100%	100%	0%	0%	100%
J2	40%	60%	0%	50%	50%	60%	40%	0%	100%
K2	100%	0%	0%	67%	33%	83%	17%	-	-
K3	100%	0%	0%	100%	0%	100%	0%	-	-
L1	67%	33%	0%	100%	0%	33%	67%	0%	100%
L2	100%	0%	0%	100%	0%	100%	0%	33%	67%
L3	100%	0%	0%	60%	40%	20%	80%	100%	0%
L4	100%	0%	0%	100%	0%	100%	0%	0%	100%
M1	86%	14%	0%	17%	83%	57%	43%	50%	50%
M2	44%	56%	0%	25%	75%	11%	89%	100%	0%
N1	0%	100%	-	-	-	50%	50%	0%	100%
O1	0%	100%	-	-	-	100%	0%	0%	100%
O2	100%	0%	50%	0%	50%	100%	0%	50%	50%
P1	100%	0%	0%	100%	0%	100%	0%	0%	100%

Tabla 28. Noción de la herramienta- personal operativo

Obra	¿Sabe qué es Last Planner?		¿Argumenta adecuadamente?			¿Tuvo capacitación inicial?		¿Es formal la capacitación?	
	Sí	No	Sí	Parcialmente	No	Sí	No	Sí	No
A1	0%	100%	-	-	-	0%	100%	-	-
A2	0%	100%	-	-	-	67%	33%	0%	100%
A3	100%	0%	0%	50%	50%	0%	100%	-	-
B1	0%	100%	-	-	-	0%	100%	-	-
B2	0%	100%	-	-	-	0%	100%	-	-
C1	0%	100%	-	-	-	0%	100%	-	-
C2	0%	100%	-	-	-	20%	80%	0%	100%
C3	0%	100%	-	-	-	20%	80%	0%	100%
C4	25%	75%	0%	0%	100%	25%	75%	0%	100%
D1	0%	100%	-	-	-	100%	0%	0%	100%
E1	0%	100%	-	-	-	100%	0%	0%	100%
E2	0%	100%	-	-	-	40%	60%	0%	100%
F1	33%	67%	0%	100%	0%	33%	67%	0%	100%
G1	0%	100%	-	-	-	40%	60%	0%	100%
G2	67%	33%	0%	0%	100%	0%	100%	-	-
G3	50%	50%	0%	0%	100%	100%	0%	0%	100%
G4	67%	33%	0%	0%	100%	67%	33%	0%	100%
G5	0%	100%	-	-	-	0%	100%	-	-
H1	0%	100%	-	-	-	75%	25%	0%	100%
I1	83%	17%	0%	0%	100%	67%	33%	0%	100%
I2	0%	100%	-	-	-	14%	86%	0%	100%
J1	0%	100%	-	-	-	33%	67%	0%	100%
J2	100%	0%	0%	0%	100%	100%	0%	0%	100%
J3	0%	100%	-	-	-	100%	0%	0%	100%
K2	25%	75%	0%	0%	100%	50%	50%	-	-
K3	33%	67%	0%	0%	100%	83%	17%	-	-
L1	0%	100%	-	-	-	0%	100%	-	-
L2	0%	100%	-	-	-	33%	67%	0%	100%
L3	0%	100%	-	-	-	0%	100%	-	-
L4	0%	100%	-	-	-	0%	100%	-	-
N1	0%	100%	-	-	-	33%	67%	0%	100%
O1	0%	100%	-	-	-	0%	100%	-	-
O2	50%	50%	0%	0%	100%	100%	0%	0%	100%

Frente a la pregunta sobre el conocimiento del LPS, es contundente la diferencia en el resultado según el perfil del trabajador (ver Gráfico 9). En el grupo de profesionales de obra

un 98% de los encuestados afirmaron conocer la herramienta, en tanto que en el grupo de subcontratistas y maestros este porcentaje fue del 81% y en el personal operativo del 16%.

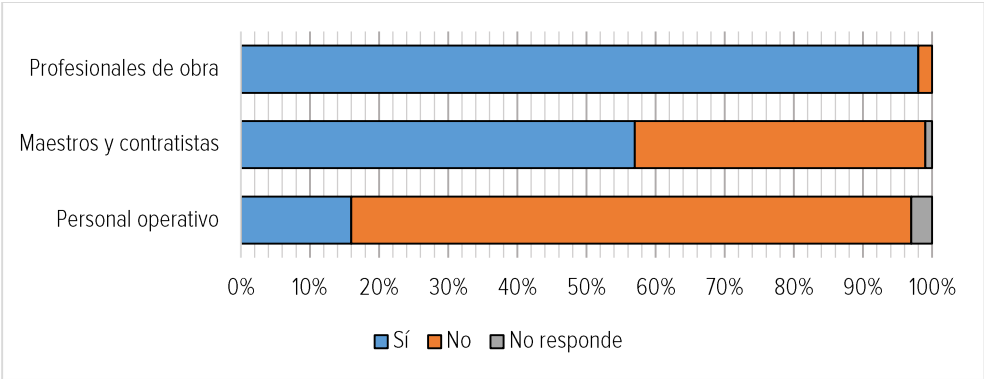


Gráfico 9. Respuesta acerca del conocimiento del LPS

Sin embargo, ante la pregunta abierta acerca de la definición de la herramienta en los casos en que se afirmaba conocerla (ver Gráfico 10), solo el 32% de los profesionales de obra dieron una respuesta acertada, el 65% una respuesta parcialmente correcta y el 3% una respuesta deficiente. En los maestros, subcontratistas y personal operativo, el desconocimiento es generalizado: solo el 1% de los maestros y subcontratista respondieron acertadamente acerca de la definición de la herramienta, el 67% lo hicieron de forma parcialmente correcta y el porcentaje restante de forma equivocada. En el caso del personal operativo es casi nulo el conocimiento que se tiene acerca del LPS: solo un 10% de quienes afirmaron conocer la herramienta respondieron de manera parcialmente acertada acerca de su definición, el resto no respondieron o respondieron erróneamente.

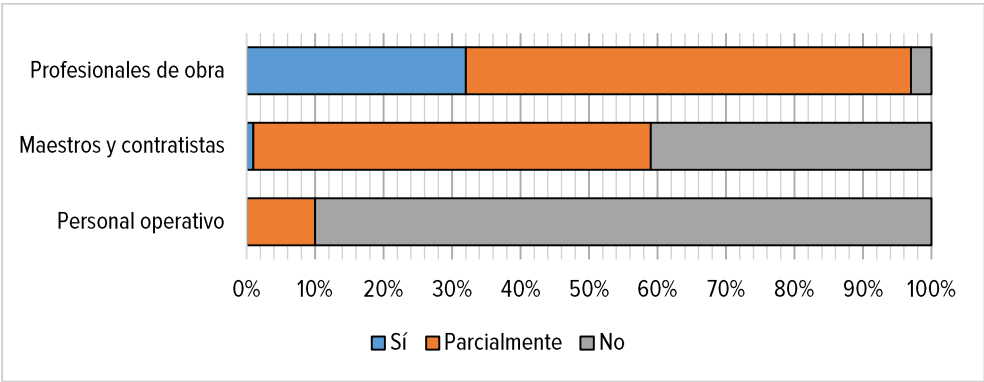


Gráfico 10. Definición acertada del LPS

Respecto a la existencia de una capacitación inicial sobre la metodología (ver Gráfico 11), se encontró que el 80% de los profesionales de obra manifestaron haberla tenido; en el caso de maestros y subcontractistas el porcentaje disminuyó a un 47% y en el personal operativo a un 39%.

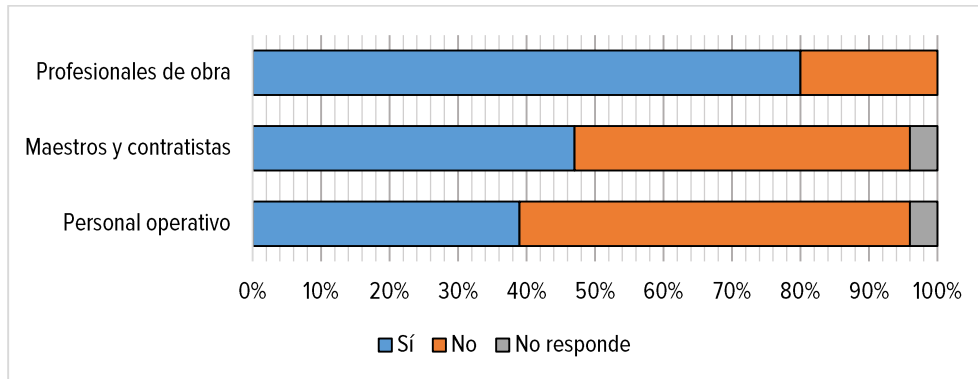


Gráfico 11. Respuesta acerca de la existencia de una capacitación inicial

No obstante, dentro de aquellas respuestas afirmativas (ver Gráfico 12), se encontró en el caso de maestros, subcontractistas y personal operativo un alto nivel de informalidad y respuestas desviadas en cuanto a lo que el encuestado consideraba como capacitación inicial sobre la herramienta. En el grupo de profesionales de obra, por el contrario, la mayoría de respuestas reafirmaron la existencia de capacitación inicial formal.

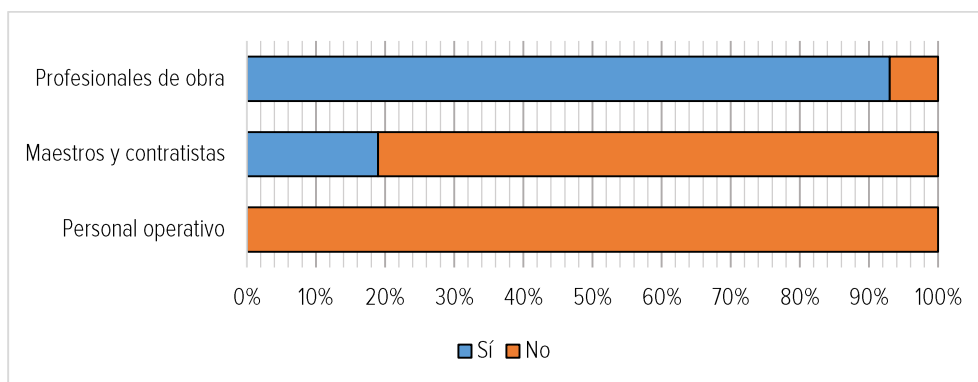


Gráfico 12. Formalidad de la capacitación inicial

Adicionalmente, se preguntó a los profesionales de obra sobre las herramientas Lean implementadas en los proyectos. El resumen se muestra en la Tabla 29, haciendo hincapié en las siguientes salvedades:

1. Se presenta el registro de los resultados literales recopilados en campo, aunque en repetidas ocasiones lo que se anotara no fuera una herramienta, sino un indicador.
2. Se marcó la herramienta en la tabla si esta era mencionada por lo menos una vez entre los encuestados de cada obra.
3. Se consideró como respuesta desviada expresiones que no guardaran relación con las herramientas Lean.

Tabla 29. Herramientas Lean reportadas - profesionales de obra

Obra	LPS	Líneas de balance	Planificación general	Planificación intermedia	Planificación semanal	PAC	5s	Calificación subcontratistas	Medición rendimientos y pérdidas	Control de producción	Estudio de productividad	Estudio de layout	Estudio transporte materiales	Gerenciamiento visual	Benchmarking	Modulaciones	No sé	Ninguna	No responde / Respuesta desviada
A1	x																x	x	
A2	x											x							
A3	x																x		
D1																	x	x	x
E1			x	x	x	x		x					x	x					
E2		x	x	x	x	x			x										
F1	x																x		x
H1	x								x										x
H2																x			x
H3					x												x		x
I1	x	x		x	x	x		x		x	x	x			x				
I2	x			x	x			x		x	x	x			x				x
J1		x		x	x	x													
J2													x						
J3			x	x	x	x			x			x							
L1	x	x	x	x	x					x		x							
L2	x		x	x															
L3	x			x								x				x			
L4	x								x				x			x			
M1		x		x	x	x		x				x		x					
M2	x	x		x	x	x													
N1	x	x		x	x	x			x	x				x					
O1	x	x				x	x		x			x							
O2	x						x		x			x							
P1	x					x	x		x	x		x		x					

Finalmente, al igual que en la observación no participante, con miras a poder cuantificar los resultados obtenidos y facilitar el proceso de análisis de resultados, el autor asignó una calificación según la sección en que se dividieron las encuestas y según el tipo de encuestado. Una vez obtenido el porcentaje por obra en cada respuesta, se repartió equitativamente un puntaje de 10 entre las preguntas existentes y se multiplicó por el porcentaje obtenido en las respuestas afirmativas, de forma tal que el rango de puntos fuera de 0 a 10, siendo 10 el caso en que en todas las respuestas el 100% de las mismas fuera “sí”.

En la encuesta dirigida a profesionales de obra, a nivel departamental (ver Gráfico 13), Atlántico mostró una noción más acertada que el promedio, con 8.8 puntos; en los demás departamentos, los resultados se ubicaron en rangos similares, de 6.5 a 7.5 puntos. Pese a haber tenido una capacitación inicial formal, un porcentaje considerable de profesionales de obra no tienen claridad sobre la definición del LPS.

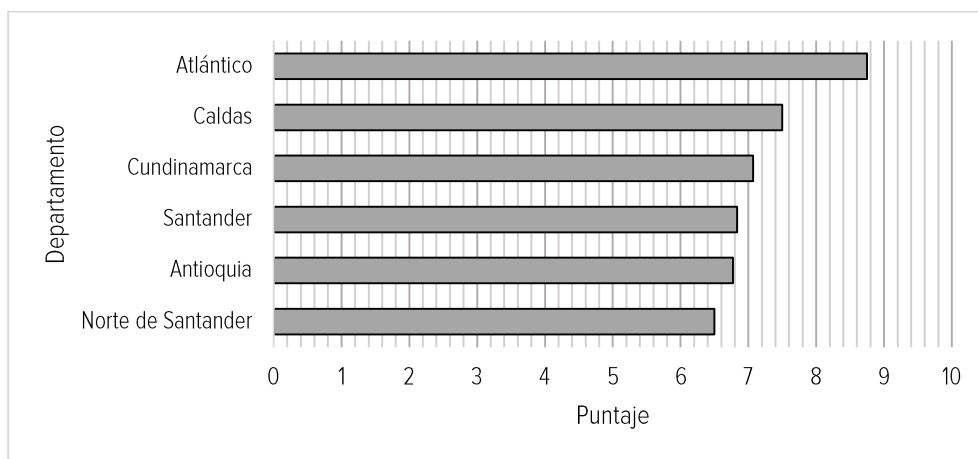


Gráfico 13. Noción de la herramienta por departamento - profesionales de obra

A nivel de constructora (ver Gráfico 14), la diferencia es más marcada, en las constructoras O de Atlántico, M de Cundinamarca y A de Antioquia, se encontraron resultados muy sobresalientes, en contraste con las constructoras H y D de Antioquia y N de Cundinamarca, donde la base conceptual expresada en las encuestas es notablemente más débil.

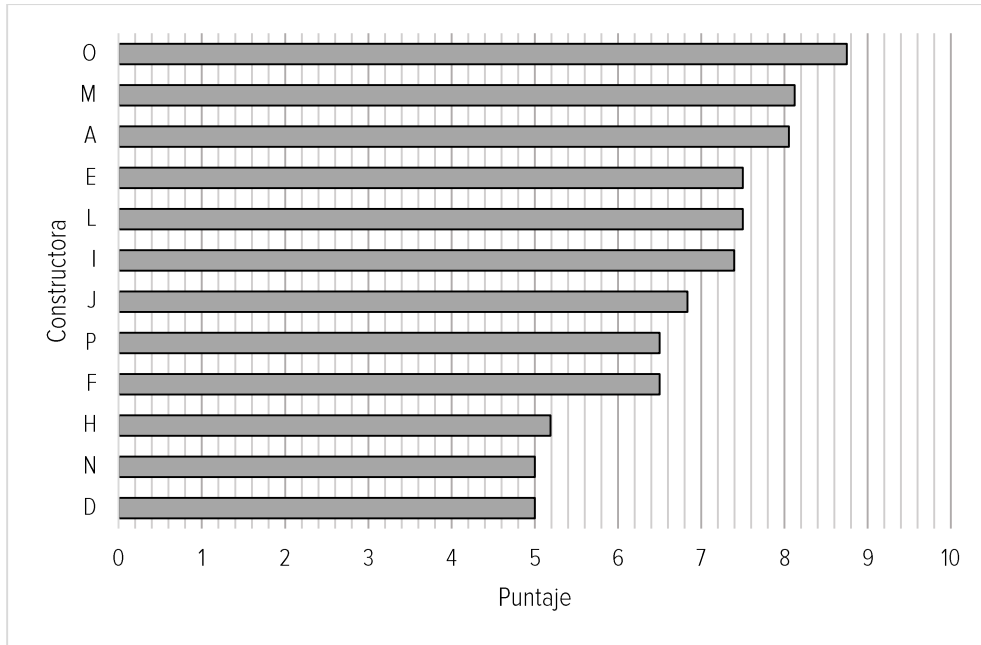


Gráfico 14. Noción de la herramienta por constructora - profesionales de obra

En los maestros y subcontratistas a nivel departamental (ver Gráfico 15) se encontraron resultados particularmente bajos. El puntaje más alto lo obtuvieron los maestros y subcontratistas del departamento del Atlántico y Norte de Santander, con 2.5 puntos de 10; en Santander y Caldas ningún encuestado de este grupo respondió de forma acertada sobre la definición del LPS ni manifestó haber tenido capacitación inicial formal.

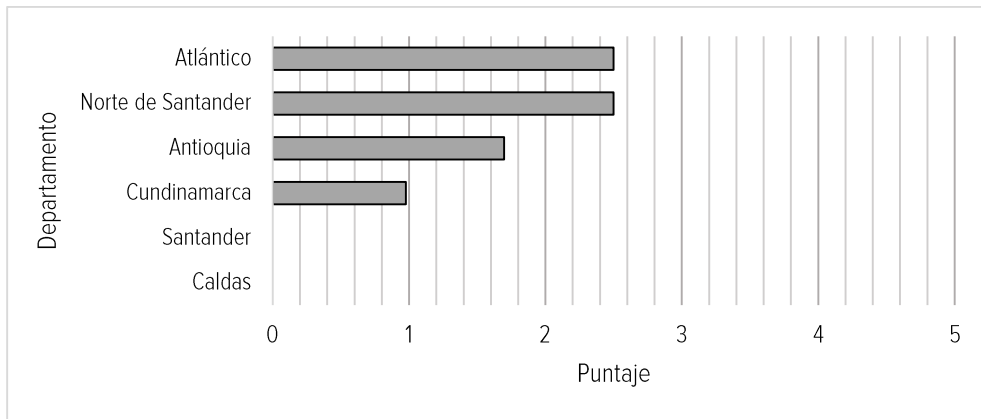


Gráfico 15. Noción de la herramienta por departamento - maestros y subcontratistas

A nivel de constructora (ver Gráfico 16) los resultados más altos se encontraron en las compañías L y G de Antioquia, sin embargo, en ningún caso se logró una calificación

aceptable. En las constructoras C, B, H y N de Antioquia, J de Santander, I de Cundinamarca y E en Caldas el porcentaje de maestros y subcontratistas que tienen una noción acertada de la herramienta es inferior al 10%.

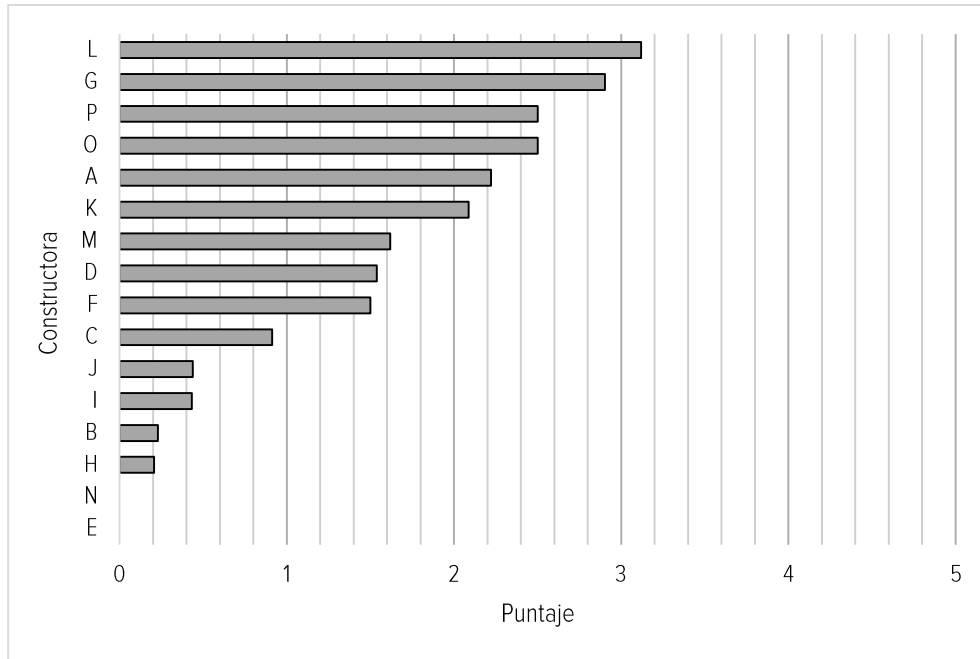


Gráfico 16. Noción de la herramienta por constructora - maestros y subcontratistas

Finalmente, se detallan los resultados del personal operativo al clasificar las respuestas por departamento (Gráfico 17) y constructora (ver Gráfico 18). Prácticamente no hay conocimiento de la herramienta por parte de la mano de obra, quienes en últimas ejecutan las asignaciones semanales; no saben qué es el LPS ni han tenido capacitaciones formales sobre el sistema de planificación y control que emplean en obra.

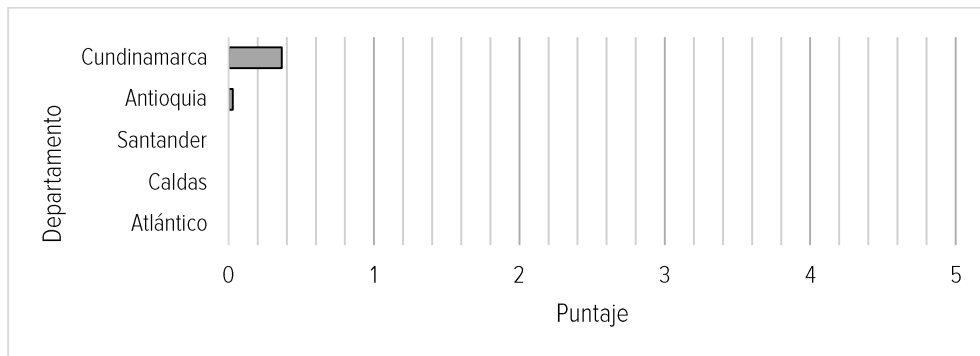


Gráfico 17. Noción de la herramienta por constructora - personal operativo

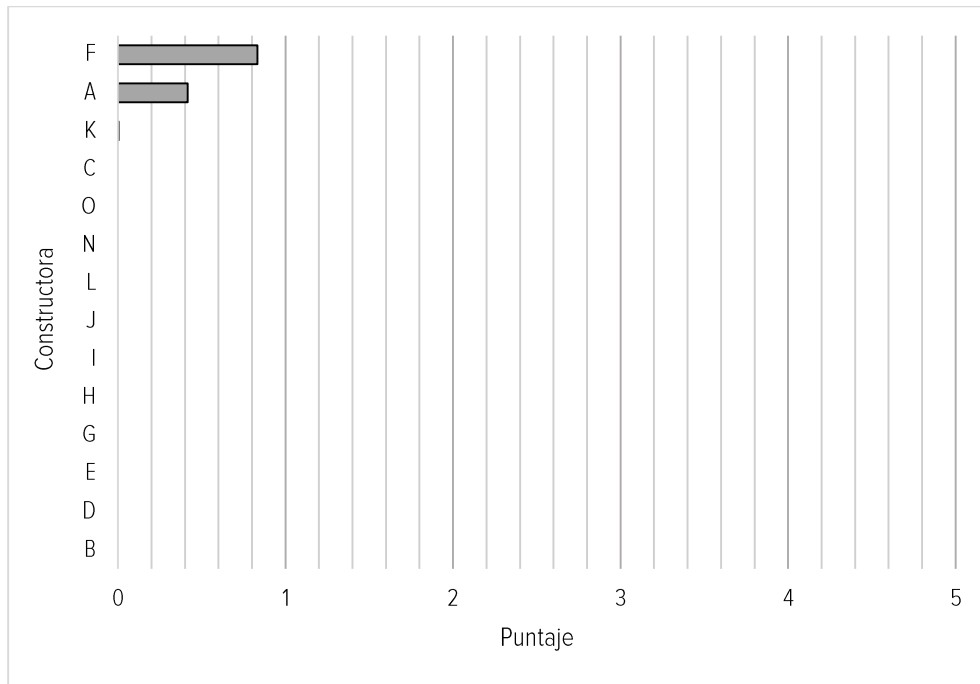


Gráfico 18. Noción de la herramienta por constructora - personal operativo

Es muy particular el hecho de que en una obra se lleve de forma adecuada el LPS, o alguna de sus componentes, y su equipo de trabajo no tenga claridad acerca de qué es la herramienta. El autor observó que en algunas ocasiones esto ocurre porque la herramienta no se conoce por su nombre original, pues a pesar de haber recibido la capacitación inicial de manos de personal facultado para ello, en la transferencia de conocimiento posterior, la metodología se enseña como la “planificación de la obra” y el término original entra en desuso o se reduce en algunos casos a la reunión de planificación semanal o a corto plazo, aquella en la que participan, en la mayoría de obras, los maestros y subcontratistas.

7.2.3 Aspectos generales de planificación y control

Se indagó también acerca de algunos aspectos de planificación y control, con algunas preguntas comunes entre varios de los tipos de encuestas. En la Tabla 30, Tabla 31 y Tabla

32 se resumen las preguntas por clase de encuestado y los resultados obtenidos en términos porcentuales por obra.

Tabla 30. Aspectos generales de planificación - profesionales de obra

Obra	¿Es clara la información del área de presupuesto y programación?		¿Conoce el programa general de la obra?		¿El programa general está visible en físico?		¿Sabe en qué fecha debe entregarse cada etapa de la obra?		¿Llevan registro de restricciones en la planificación intermedia?		¿Se habla de las CNC?		¿Se busca soluciones para que no haya recurrencia?	
	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No
A1	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	67%	33%	100%	0%	100%	0%
A2	100%	0%	100%	0%	67%	33%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%
A3	67%	33%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	67%	33%	100%	0%	100%	0%
D1	33%	67%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	67%	33%	100%	0%	83%	17%
E1	50%	50%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%
E2	0%	100%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%
F1	50%	50%	100%	0%	25%	75%	100%	0%	50%	50%	100%	0%	100%	0%
H1	50%	50%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	25%	75%	100%	0%	100%	0%
H2	0%	100%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	0%	100%	100%	0%	100%	0%
H3	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	75%	25%	100%	0%	100%	0%
I1	80%	20%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%
I2	50%	50%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%
J1	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	100%	0%	100%	0%	100%	0%
J2	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%
J3	100%	0%	100%	0%	80%	20%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%
L1	33%	67%	100%	0%	0%	100%	100%	0%	67%	33%	100%	0%	100%	0%
L2	100%	0%	100%	0%	0%	100%	100%	0%	67%	33%	100%	0%	100%	0%
L3	0%	100%	50%	50%	0%	100%	50%	50%	50%	50%	100%	0%	100%	0%
L4	50%	50%	100%	0%	50%	50%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%
M1	50%	50%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%
M2	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%
N1	80%	20%	100%	0%	60%	40%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%
O1	33%	67%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%
O2	33%	67%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%
P1	20%	80%	80%	20%	60%	40%	80%	20%	60%	40%	80%	20%	80%	20%

Tabla 31. Aspectos generales de planificación - maestros y subcontratistas

Obra	¿Conoce la programación general de la obra?		¿Conoce las fechas de entrega?		¿Se habla de las causas de no cumplimiento?		¿Se busca soluciones para que no haya recurrencias?		¿Por qué medio le dan la información de las actividades?			
	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Oral	Escrito	Escrito y oral	No responde
A1	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	0%	50%	50%	0%
A2	75%	25%	75%	25%	100%	0%	100%	0%	25%	25%	50%	0%
A3	50%	50%	50%	50%	100%	0%	100%	0%	0%	0%	100%	0%
B1	83%	17%	83%	17%	100%	0%	100%	0%	17%	33%	33%	17%
B2	60%	40%	60%	40%	100%	0%	100%	0%	0%	80%	20%	0%
C1	50%	50%	50%	50%	100%	0%	100%	0%	50%	17%	17%	17%
C2	50%	50%	50%	50%	100%	0%	100%	0%	33%	50%	0%	17%
C3	40%	60%	40%	60%	100%	0%	100%	0%	0%	20%	40%	40%
C4	71%	29%	71%	29%	100%	0%	100%	0%	29%	29%	14%	29%
D1	77%	23%	77%	23%	92%	8%	92%	8%	8%	38%	54%	0%
E1	67%	33%	67%	33%	100%	0%	100%	0%	22%	11%	67%	0%
E2	56%	44%	56%	44%	100%	0%	100%	0%	11%	0%	78%	11%
F1	60%	40%	60%	40%	60%	40%	80%	20%	20%	0%	80%	0%
G1	0%	100%	0%	100%	100%	0%	100%	0%	33%	33%	33%	0%
G2	67%	33%	67%	33%	67%	33%	67%	33%	0%	67%	0%	33%
G3	100%	0%	100%	0%	50%	50%	50%	50%	0%	0%	50%	50%
G4	75%	25%	75%	25%	100%	0%	100%	0%	0%	25%	75%	0%
G5	33%	67%	33%	67%	100%	0%	100%	0%	0%	67%	33%	0%
H1	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	25%	75%	0%	0%
H2	50%	50%	50%	50%	100%	0%	100%	0%	17%	33%	33%	17%
H3	20%	80%	20%	80%	80%	20%	80%	20%	40%	0%	40%	20%
I1	67%	33%	67%	33%	100%	0%	100%	0%	67%	0%	0%	33%
I2	67%	33%	67%	33%	100%	0%	100%	0%	17%	0%	83%	0%
J1	0%	100%	0%	100%	100%	0%	100%	0%	0%	100%	0%	0%
J2	60%	40%	60%	40%	100%	0%	100%	0%	0%	0%	100%	0%
K2	67%	33%	67%	33%	100%	0%	100%	0%	0%	17%	67%	17%
K3	50%	50%	50%	50%	100%	0%	100%	0%	33%	0%	67%	0%
L1	67%	33%	67%	33%	100%	0%	100%	0%	67%	0%	33%	0%
L2	33%	67%	33%	67%	100%	0%	100%	0%	0%	33%	67%	0%
L3	40%	60%	40%	60%	100%	0%	100%	0%	0%	60%	40%	0%
L4	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	0%	0%	100%	0%
M1	57%	43%	57%	43%	100%	0%	100%	0%	43%	0%	57%	0%
M2	78%	22%	78%	22%	100%	0%	100%	0%	22%	11%	67%	0%
N1	75%	25%	75%	25%	100%	0%	100%	0%	50%	0%	50%	0%
O1	0%	100%	0%	100%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	0%	0%
O2	50%	50%	50%	50%	100%	0%	50%	50%	0%	0%	100%	0%
P1	67%	33%	67%	33%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	0%	0%

Tabla 32. Aspectos generales de planificación - personal operativo

Obra	¿Conoce la programación general?		¿Conoce las fechas de entrega?		¿Cada cuánto recibe instrucciones del trabajo que debe realizar?				¿Por qué medio le dan la información de las actividades?			
	Sí	No	Sí	No	Cada día	Cada 2 días	Cada semana	Otro	Oral	Escrito	Escrito y oral	No responde
A1	0%	100%	0%	100%	75%	25%	0%	0%	100%	0%	0%	0%
A2	33%	67%	33%	67%	100%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%
A3	0%	100%	0%	100%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%
B1	100%	0%	0%	100%	100%	0%	0%	0%	50%	0%	50%	0%
B2	100%	0%	25%	75%	100%	0%	0%	0%	75%	0%	25%	0%
C1	20%	80%	0%	100%	40%	20%	20%	20%	80%	20%	0%	0%
C2	40%	60%	0%	100%	60%	0%	20%	20%	80%	0%	20%	0%
C3	60%	40%	0%	100%	40%	20%	0%	40%	60%	0%	20%	20%
C4	75%	25%	25%	75%	100%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%
D1	0%	100%	0%	100%	100%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%
E1	60%	40%	60%	40%	60%	20%	20%	0%	80%	0%	20%	0%
E2	20%	80%	40%	60%	80%	20%	0%	0%	80%	0%	20%	0%
F1	67%	33%	33%	67%	67%	0%	0%	33%	67%	0%	0%	33%
G1	0%	100%	0%	100%	100%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%
G2	0%	100%	0%	100%	67%	0%	0%	33%	100%	0%	0%	0%
G3	50%	50%	0%	100%	50%	0%	0%	50%	100%	0%	0%	0%
G4	33%	67%	0%	100%	100%	0%	0%	0%	33%	33%	33%	0%
G5	100%	0%	0%	100%	100%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%
H1	25%	75%	0%	100%	25%	0%	0%	75%	100%	0%	0%	0%
I1	40%	60%	20%	80%	40%	20%	40%	0%	83%	0%	17%	0%
I2	60%	40%	20%	80%	40%	0%	40%	20%	71%	0%	29%	0%
J1	80%	20%	40%	60%	80%	0%	20%	0%	67%	0%	33%	0%
J2	100%	0%	100%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	100%	0%
J3	100%	0%	100%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%
K2	50%	50%	0%	100%	100%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%
K3	60%	40%	60%	40%	60%	0%	40%	0%	50%	0%	50%	0%
L1	0%	100%	0%	100%	50%	0%	0%	50%	0%	50%	0%	50%
L2	33%	67%	33%	67%	0%	100%	0%	0%	33%	33%	33%	0%
L3	50%	50%	0%	100%	50%	0%	0%	50%	100%	0%	0%	0%
L4	100%	0%	100%	0%	100%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%
N1	100%	0%	40%	60%	80%	0%	20%	0%	100%	0%	0%	0%
O1	25%	75%	0%	100%	100%	0%	0%	0%	75%	0%	25%	0%
O2	50%	50%	75%	25%	100%	0%	0%	0%	25%	0%	75%	0%

Las respuestas agrupadas según el tipo de encuestado, permiten ver que, en aspectos como el conocimiento de la programación de obra, hay una diferencia marcada según el público objetivo. Un 97% de los profesionales de obra afirmaron conocer la programación general del proyecto, en tanto que este porcentaje es del 70% en maestros y subcontratistas y del 49% en personal operativo (ver Gráfico 19).

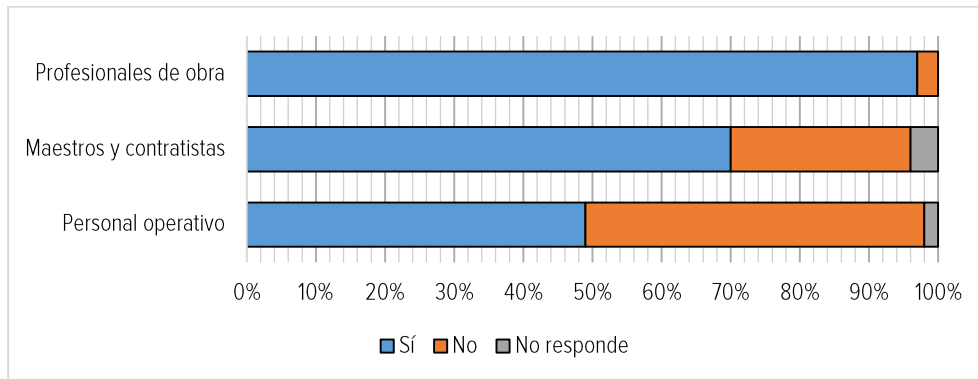


Gráfico 19. Conocimiento del personal sobre la programación general de la obra

El conocimiento acerca de las fechas de entrega tuvo una respuesta positiva en un 61% de los maestros y subcontratistas, en tanto que en el personal operativo dicho porcentaje cayó a un 21% (ver Gráfico 20).

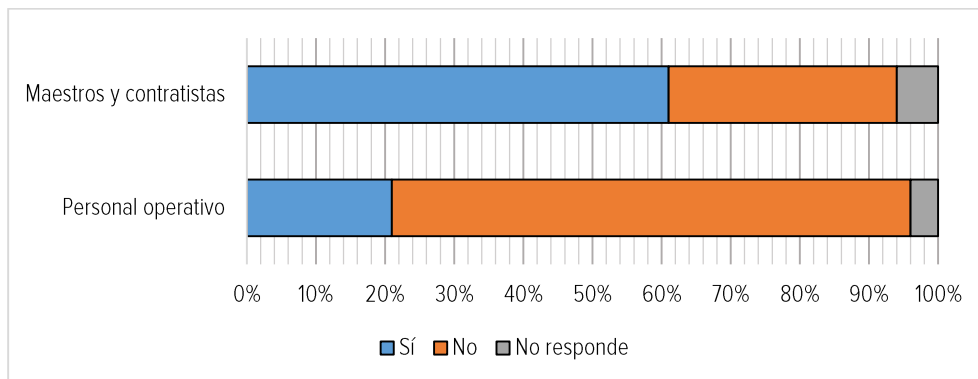


Gráfico 20. Conocimiento del personal acerca de las fechas de entrega de la obra

En cuanto a cómo el encuestado consideraba el sistema actual de planificación y control en obra, los porcentajes se distribuyeron según el nivel de acuerdo o desacuerdo (ver Gráfico 21). La mayoría de encuestados definieron como “bueno” el sistema de planificación y control; la calificación “muy bueno” fue más recurrente en maestros, subcontratistas y

personal operativo, en tanto que el calificativo “regular” se presentó en mayor porcentaje en profesionales de obra.

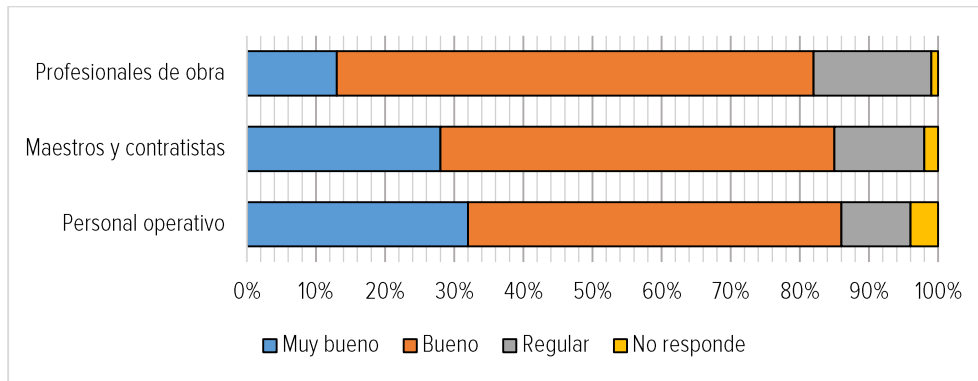


Gráfico 21. Percepción del personal sobre el sistema de planificación y control en obra

Por otro lado, se presenta el resultado de las CNC más frecuentes (Gráfico 22), todas con su porcentaje de ocurrencia dentro de cada grupo encuestado. Con el fin de facilitar la presentación de resultados, el autor agrupó las respuestas en ejes temáticos simplificados que cobijaran un grupo de respuestas dentro de las encuestas. Por ejemplo, dentro de la mano de obra se incluyen expresiones como “falta de mano de obra”, “ausentismo”, “rotación del personal”, “inasistencia de la mano de obra” o simplemente “mano de obra”, entre otros. En materiales se tienen en cuenta respuestas como “falta de materiales”, “problema con el suministro de materiales”, “retraso de materiales” o “materiales”, entre otros. La CNC más frecuente registrada entre los profesionales fue la mano de obra, con un 48% del total de respuestas; para los maestros y subcontratistas, las CNC relacionadas con la mano de obra y los materiales, fueron las más comunes, con un 20% de ocurrencia cada una. En el caso del personal operativo, las CNC relativas a los materiales fueron las más habituales, con un 13% dentro de la muestra.

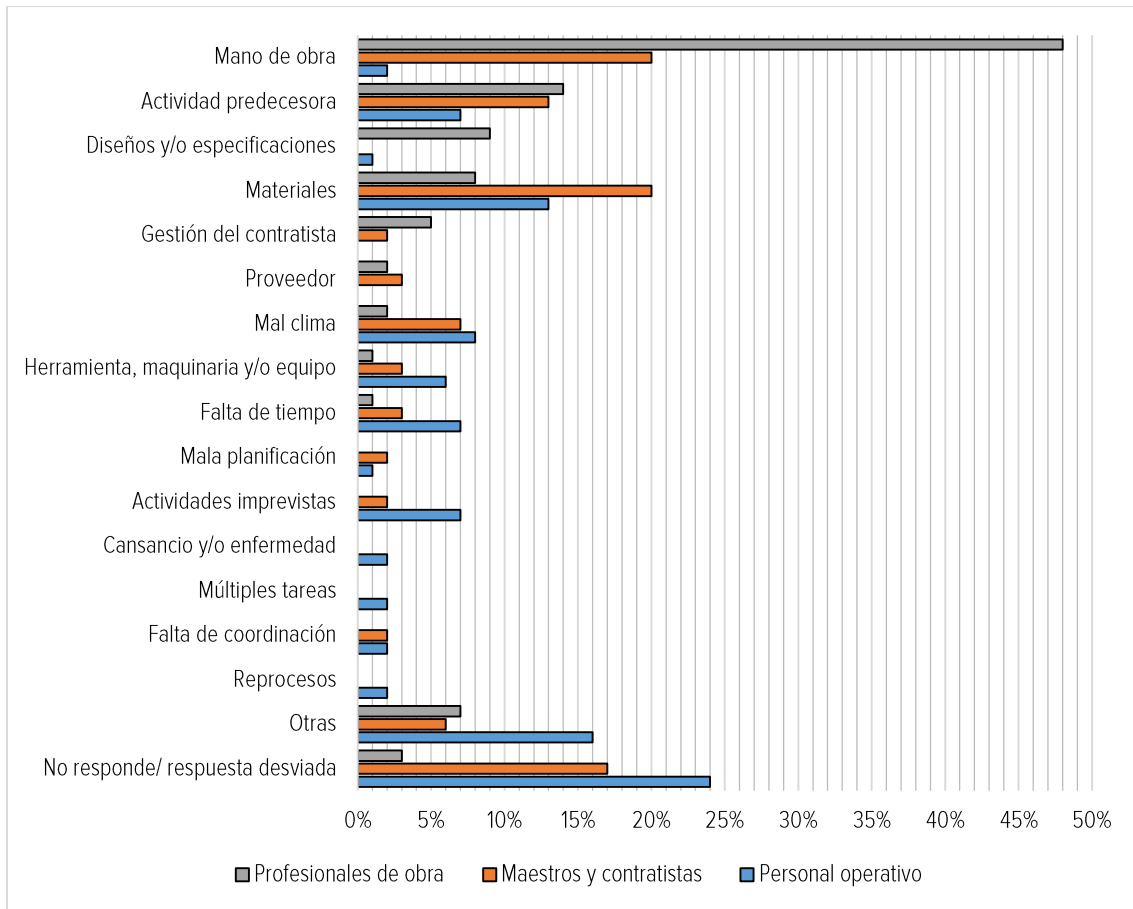


Gráfico 22. Causas de no cumplimiento más comunes según el perfil del encuestado

En términos de resultados por departamento y constructora, se muestra la calificación obtenida con base en las respuestas dicotómicas de “sí” o “no”. De esta forma, a nivel de departamento, los profesionales de obra (ver Gráfico 23) manifestaron respuestas positivas en cuanto la claridad de la información entregada por el área de programación y presupuestos, el conocimiento de la programación general y las fechas de entrega de la obra, el registro de restricciones en la planificación intermedia y el diálogo y soluciones para la no recurrencia de las CNC en la planificación semanal. En este caso, los resultados en los departamentos de Antioquia y Norte de Santander fueron aquellos con un menor número de respuestas afirmativas.

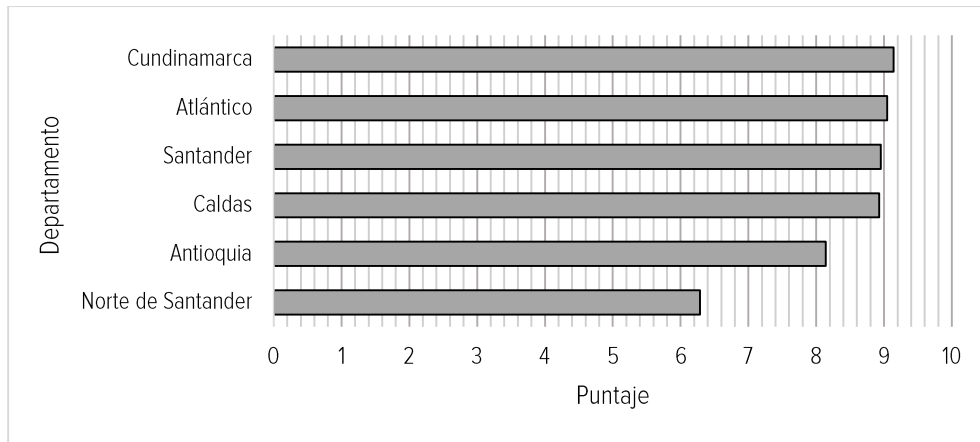


Gráfico 23. Aspectos generales de planificación por departamento - profesionales de obra

A nivel de constructora (ver Gráfico 24) se observó una tendencia similar, en la mayoría de proyectos los profesionales de obra afirman satisfacer los puntos de la encuesta relacionados con los aspectos generales de la planificación en las obras. En las constructoras F de Cundinamarca, L de Antioquia y P de Norte de Santander fueron más frecuentes las respuestas negativas.

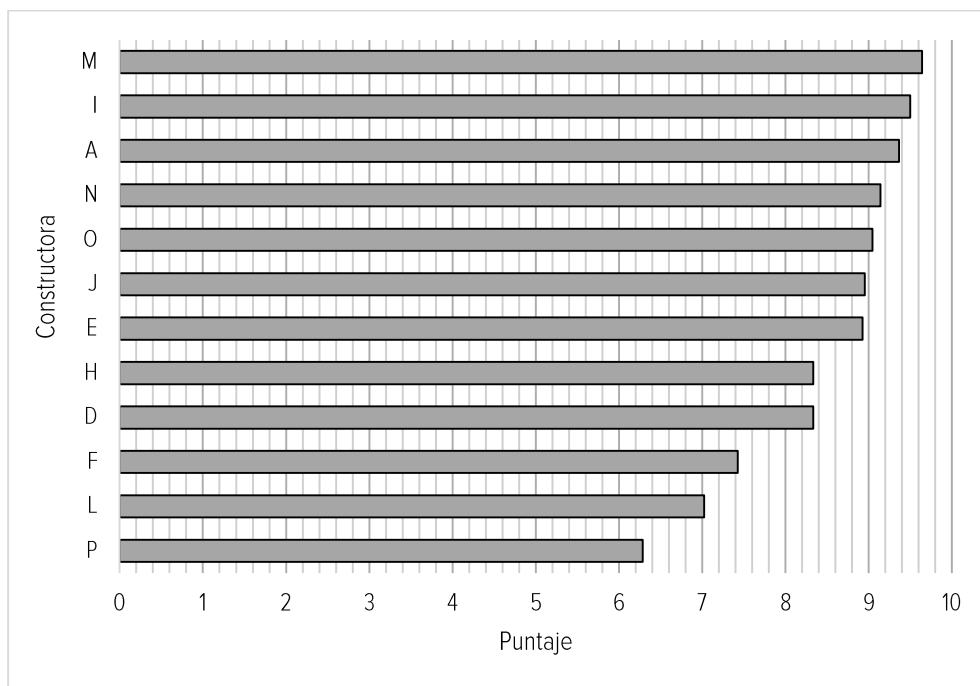


Gráfico 24. Aspectos generales de planificación por constructora - profesionales de obra

En el grupo de maestros y subcontratistas también se hallaron en su mayoría respuestas positivas en esta sección de la encuesta, aunque en menor medida que en el grupo de profesionales de obra. Se expresa el conocimiento de la programación general y las fechas de entrega; asimismo, el diálogo de las CNC y la búsqueda soluciones para evitar su recurrencia. Esto se contrasta con los resultados de la observación no participante, particularmente con la baja participación de los maestros y subcontratistas en la reunión de planificación semanal y la ausencia de dialogo en torno a las CNC. En los departamentos de Caldas, Norte de Santander, Atlántico, Cundinamarca y Antioquia los resultados fueron muy similares; en el departamento de Santander el promedio fue inferior (ver Gráfico 25).

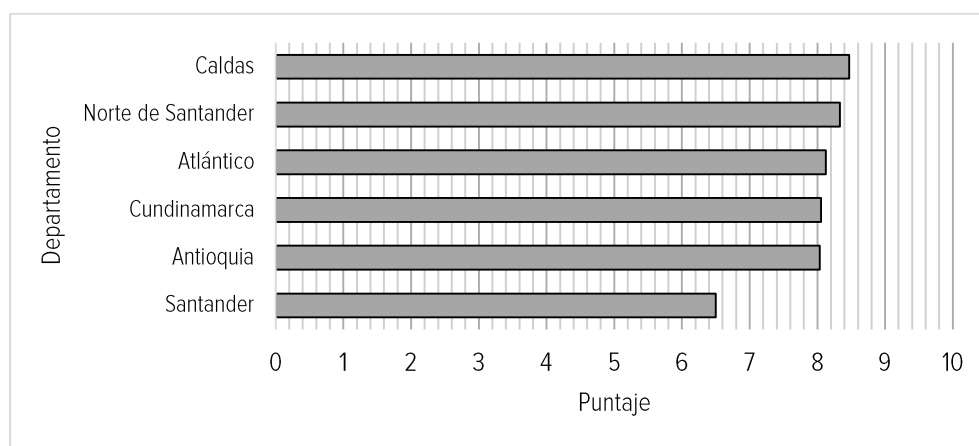


Gráfico 25. Aspectos generales de planificación por departamento - maestros y subcontratistas

Los resultados por constructora (ver Gráfico 26) muestran un comportamiento similar, en la mayoría de proyectos los maestros y subcontratistas afirman cumplir con las preguntas relacionadas con los aspectos generales de la planificación en las obras, en todos los casos respondieron afirmativamente a los interrogantes de esta sección de la encuesta.

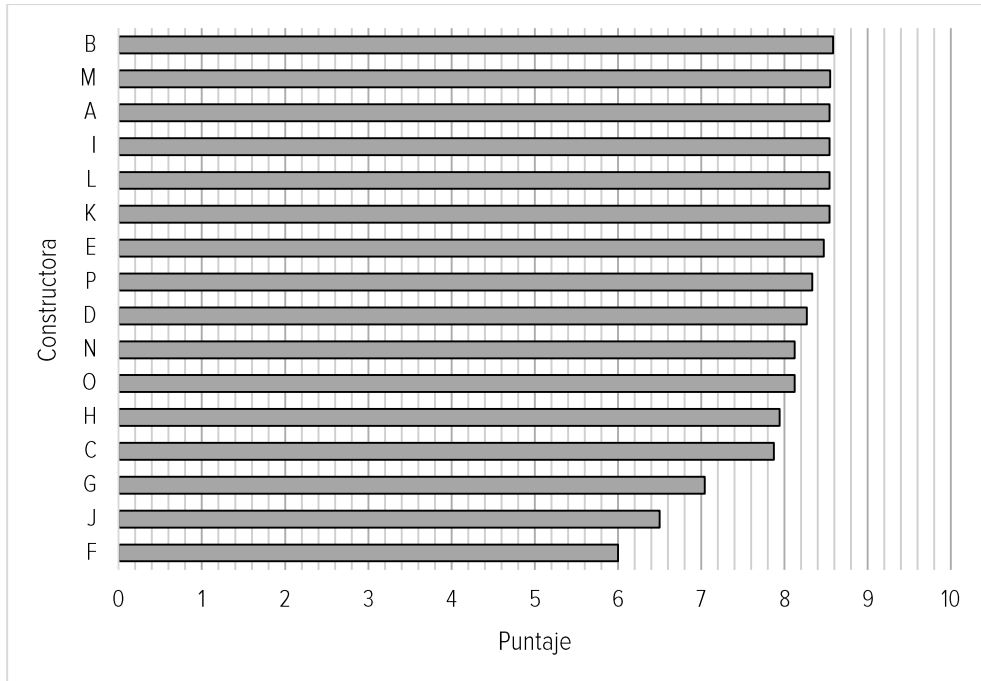


Gráfico 26. Aspectos generales de planificación por constructora - maestros y subcontratistas

En el grupo del personal operativo se obtuvieron un menor número de respuestas positivas, en este caso el autor indagó por el conocimiento de la programación general de la obra y las fechas de entrega. A nivel departamental (ver Gráfico 27), en Santander las respuestas fueron en su mayoría afirmativas, sin embargo, en los demás departamentos predominó el desconocimiento de estos dos puntos.

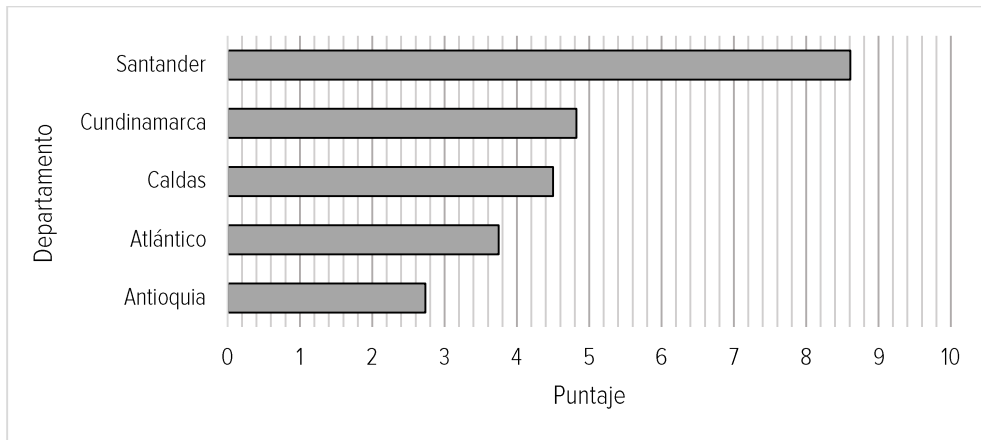


Gráfico 27. Aspectos generales de planificación por departamento - personal operativo

A nivel de empresa (ver Gráfico 28) sobresalieron las compañías J de Santander y N de Cundinamarca, no obstante, también predominó el desconocimiento de la programación general y las fechas de entrega, especialmente en el personal operativo de las constructoras D, A y H de Antioquia, con puntajes casi nulos en este aspecto.

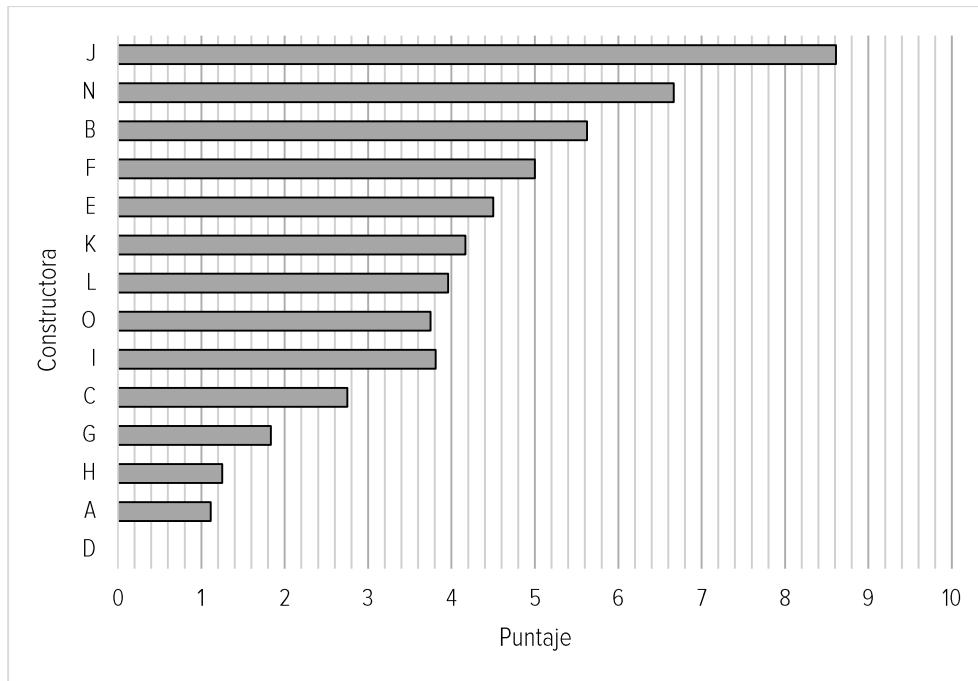


Gráfico 28. Aspectos generales de planificación por constructora - personal operativo

7.2.4 Comunicación

A nivel de maestros, subcontratistas y personal operativo, se incluyeron también algunas preguntas dirigidas a explorar la comunicación como parte del factor humano de la herramienta, enfocadas a conocer si el trabajador se sentía partícipe del trabajo en equipo y si era adecuado el canal de soporte en la transmisión de la información. Además, se indagó acerca de la existencia de reconocimientos por las labores desempeñadas de forma eficiente. El promedio de resultados se presenta en la Tabla 33 y Tabla 34.

Tabla 33. Aspectos relativos a la comunicación - maestros y subcontratistas

Obra	¿Es escuchado para la planificación?		¿Es clara la información entregada por el maestro o residente?		¿Se siente en confianza para pedir segunda explicación?		¿Recibe reconocimiento por cumplir con las actividades?	
	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No
A1	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%
A2	100%	0%	100%	0%	100%	0%	25%	75%
A3	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%
B1	100%	0%	100%	0%	100%	0%	67%	33%
B2	100%	0%	100%	0%	100%	0%	40%	60%
C1	83%	17%	100%	0%	100%	0%	33%	67%
C2	100%	0%	83%	17%	100%	0%	67%	33%
C3	80%	20%	100%	0%	100%	0%	100%	0%
C4	100%	0%	100%	0%	100%	0%	29%	71%
D1	100%	0%	92%	8%	100%	0%	23%	77%
E1	89%	11%	100%	0%	100%	0%	56%	44%
E2	100%	0%	100%	0%	100%	0%	33%	67%
F1	80%	20%	100%	0%	100%	0%	20%	80%
G1	100%	0%	100%	0%	100%	0%	0%	100%
G2	67%	33%	67%	33%	67%	33%	67%	33%
G3	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
G4	100%	0%	100%	0%	100%	0%	25%	75%
G5	100%	0%	100%	0%	100%	0%	0%	100%
H1	100%	0%	100%	0%	100%	0%	50%	50%
H2	83%	17%	83%	17%	83%	17%	33%	67%
H3	80%	20%	100%	0%	100%	0%	0%	100%
I1	83%	17%	83%	17%	100%	0%	83%	17%
I2	83%	17%	100%	0%	92%	8%	75%	25%
J1	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%
J2	60%	40%	100%	0%	100%	0%	40%	60%
K2	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%
K3	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%
L1	100%	0%	100%	0%	100%	0%	67%	33%
L2	100%	0%	100%	0%	100%	0%	33%	67%
L3	100%	0%	100%	0%	100%	0%	20%	80%
L4	100%	0%	100%	0%	100%	0%	0%	100%
M1	100%	0%	86%	14%	86%	14%	29%	71%
M2	89%	11%	100%	0%	100%	0%	22%	78%
N1	100%	0%	100%	0%	100%	0%	0%	100%
O1	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%
O2	50%	50%	100%	0%	100%	0%	0%	100%
P1	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%

Tabla 34. Aspectos relativos a la comunicación - personal operativo

Obra	¿Su opinión y sugerencias son tenidas en cuenta?		¿La información que le da su jefe es clara?		¿Se siente cómodo en su lugar de trabajo?		¿Siente confianza para pedir segunda explicación?		¿Hay reconocimiento por cumplir con las actividades?	
	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No
A1	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	50%	50%
A2	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	67%	33%
A3	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	50%	50%
B1	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%
B2	75%	25%	100%	0%	75%	25%	100%	0%	0%	100%
C1	20%	80%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	60%	40%
C2	20%	80%	100%	0%	100%	0%	60%	40%	20%	80%
C3	40%	60%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	40%	60%
C4	50%	50%	100%	0%	75%	25%	100%	0%	25%	75%
D1	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	67%	33%
E1	100%	0%	100%	0%	80%	20%	100%	0%	40%	60%
E2	80%	20%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	80%	20%
F1	100%	0%	67%	33%	67%	33%	67%	33%	0%	100%
G1	100%	0%	100%	0%	100%	0%	80%	20%	40%	60%
G2	33%	67%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	33%	67%
G3	50%	50%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	50%	50%
G4	33%	67%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	67%	33%
G5	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	0%	100%
H1	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	50%	50%
I1	60%	40%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	60%	40%
I2	0%	100%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	20%	80%
J1	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	60%	40%
J2	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%
J3	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%
K2	25%	75%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	50%	50%
K3	80%	20%	100%	0%	80%	20%	100%	0%	80%	20%
L1	50%	50%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	0%	100%
L2	67%	33%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	0%	100%
L3	50%	50%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	50%	50%
L4	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	0%	100%
N1	80%	20%	80%	20%	80%	20%	100%	0%	60%	40%
O1	75%	25%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	75%	25%
O2	100%	0%	100%	0%	100%	0%	75%	25%	0%	100%

Tras agrupar las respuestas según el tipo de encuestado, se aprecia una opinión generalizada positiva respecto a las preguntas que se acercan a los aspectos de

comunicación dentro de la obra. El 92% de maestros y subcontratistas afirmaron sentirse escuchados dentro de la obra, en el caso del personal operativo el porcentaje de respuestas afirmativas es del 70%.

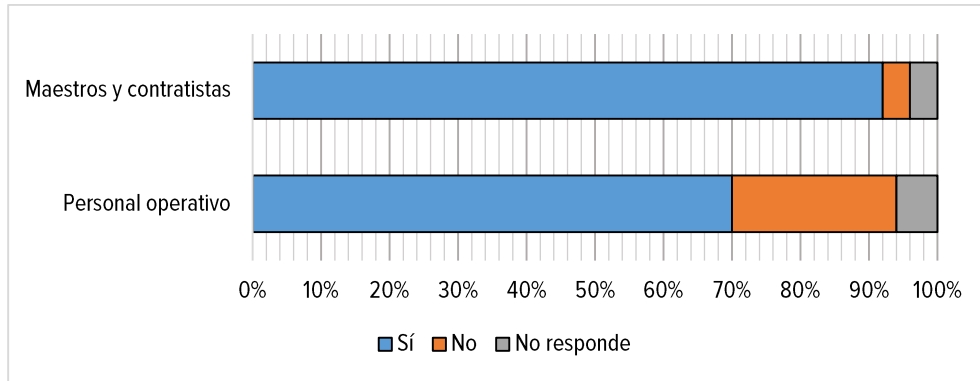


Gráfico 29. Opinión del personal sobre la escucha que reciben en la obra

Con relación a la claridad en la información recibida y la confianza para pedir una segunda explicación (ver Gráfico 30 y Gráfico 31), se obtuvieron resultados muy similares en ambos grupos encuestados, casi la totalidad de maestros, subcontratistas y personal operativo se sienten conformes en estos dos aspectos, la relación jefe-empleado se desarrolla dentro de un clima agradable.

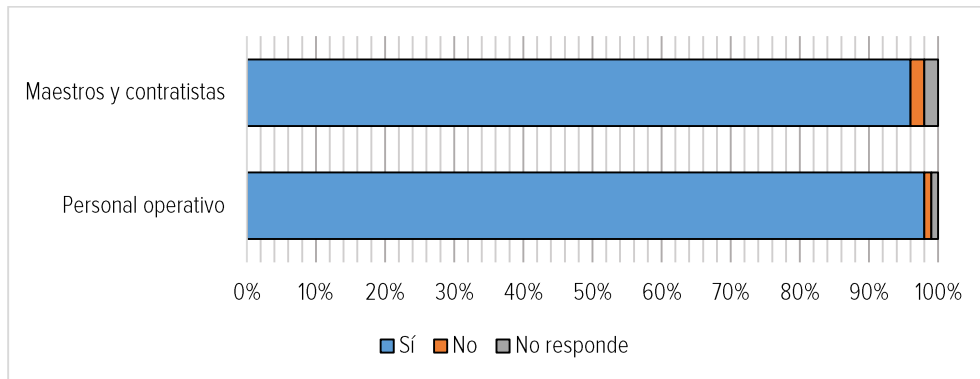


Gráfico 30. Opinión del personal acerca de la claridad en la información recibida

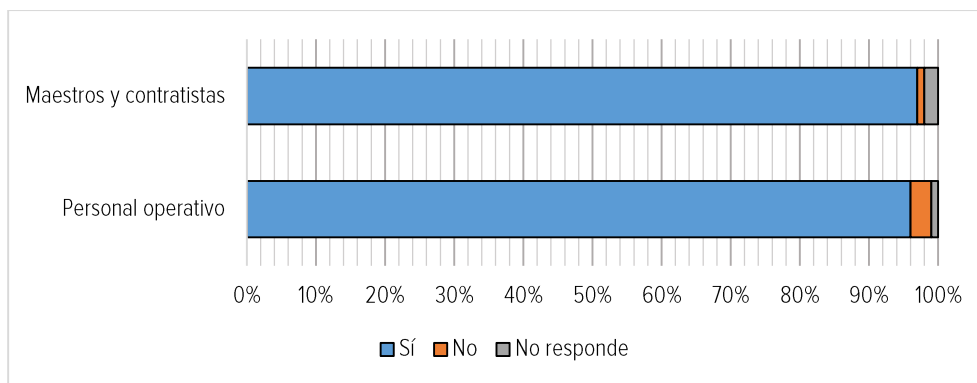


Gráfico 31. Opinión del personal acerca de la confianza para pedir segunda explicación

Finalmente, respecto al reconocimiento de la labor realizada (Gráfico 32), un 46% de los maestros y subcontratistas encuestados y un 45% del personal operativo afirmaron recibir algún tipo de estímulo por el cumplimiento de las asignaciones. Ante la pregunta acerca de específicamente qué reconocimiento recibían se obtuvieron muchos espacios en blanco, sin embargo, entre las respuestas más comunes se destacaron las felicitaciones, el agradecimiento, la bonificación económica y los diplomas.

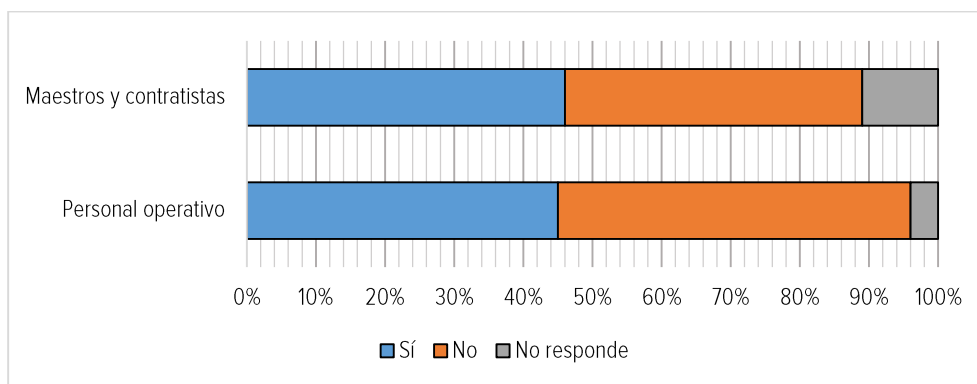


Gráfico 32. Reconocimiento al personal por el deber cumplido

Al agrupar las respuestas de maestros y subcontratistas a nivel de departamento (ver Gráfico 33), se ratificaron los resultados positivos en cuanto a los aspectos relativos a la comunicación dentro del proceso de planificación de los proyectos. En el departamento de Norte de Santander todos los encuestados manifestaron conformidad con dichos aspectos, en las demás regiones la calificación fue de por lo menos 8 puntos, con el incentivo a las labores realizadas como el factor menos habitual dentro de esta sección.

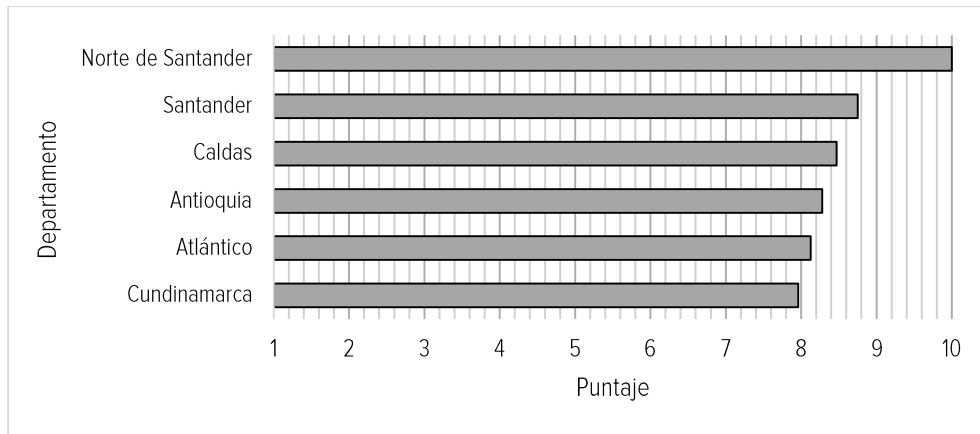


Gráfico 33. Aspectos relativos a la comunicación por departamento - maestros y subcontratistas

A nivel de constructora (ver Gráfico 34), se destacaron las compañías P y K de Antioquia, pues ambas obtuvieron la totalidad de puntos, lo cual es sinónimo de que todos los encuestados respondieron afirmativamente a todas las preguntas. Los maestros y subcontratistas de las constructoras N y F de Cundinamarca y G de Antioquia, presentaron en general menor satisfacción en los aspectos relativos a la comunicación.

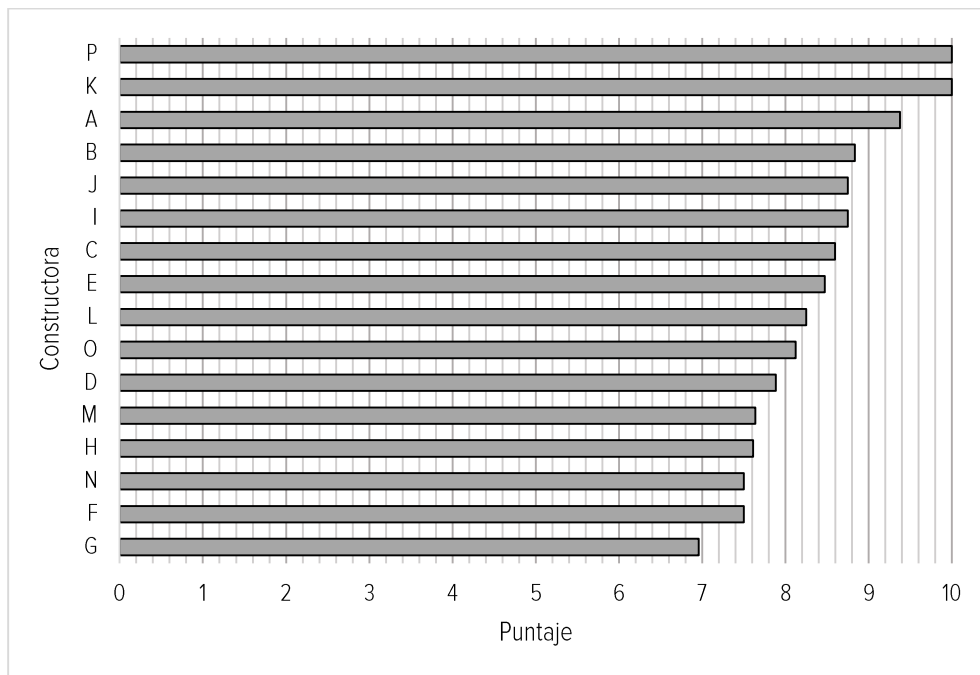


Gráfico 34. Aspectos relativos a la comunicación por constructora - maestros y subcontratistas

Dentro de las respuestas del personal operativo, se destaca a nivel departamental (ver Gráfico 35) Santander, con 9.8 puntos; Cundinamarca es el departamento menos favorecido en este aspecto, con 7.4 puntos.

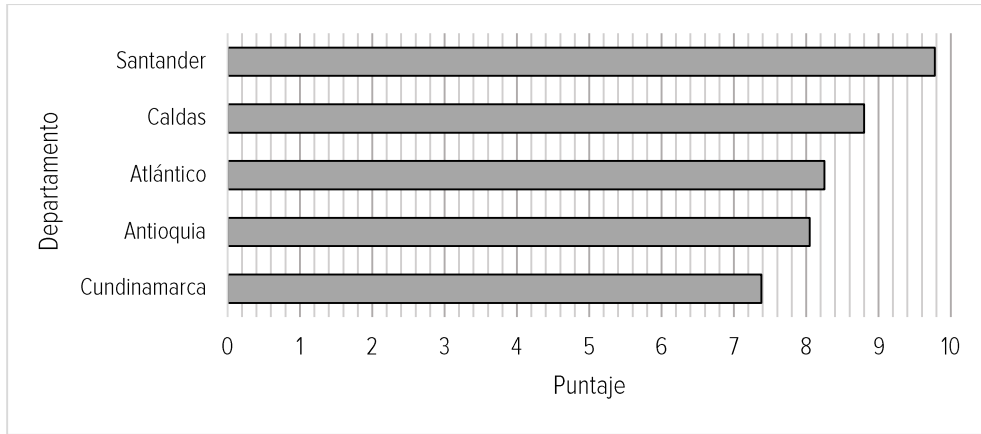


Gráfico 35. Aspectos relativos a la comunicación por departamento - personal operativo

Finalmente, a nivel de constructora (ver Gráfico 36) de destacan las constructoras J de Santander y D y A de Antioquia, con puntajes superiores a 9. En las constructoras I y F de Cundinamarca y C de Antioquia, el personal operativo mostró menor conformidad en estos aspectos encuestados.

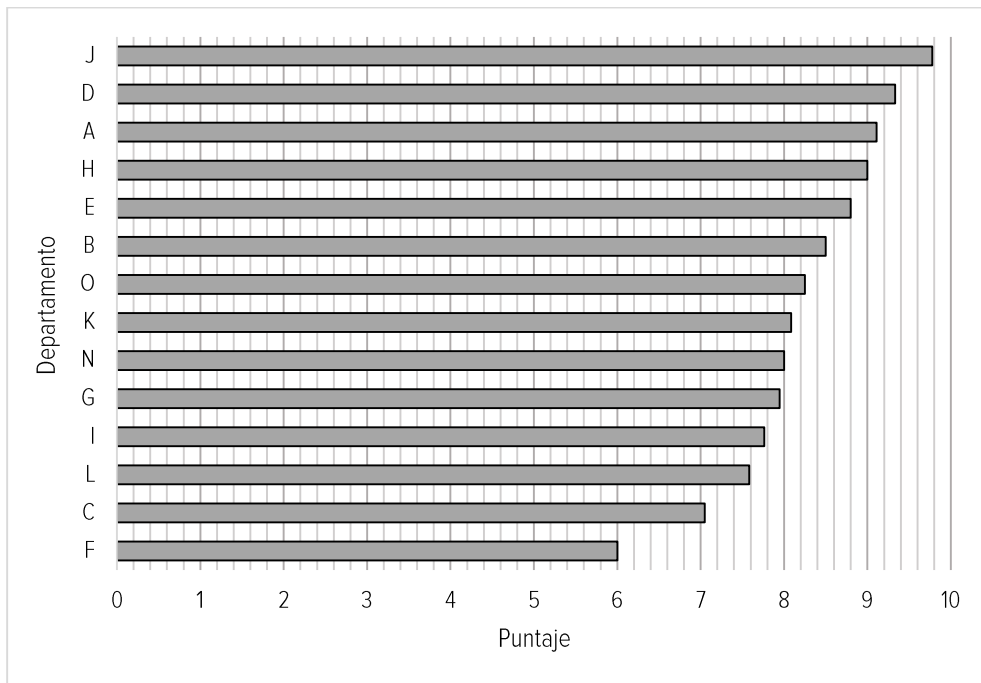


Gráfico 36. Aspectos relativos a la comunicación por constructora - personal operativo

7.3 ENTREVISTAS

Las entrevistas fueron dirigidas a los encargados de coordinar el área Lean de las empresas constructoras, bien fuera desde un departamento específicamente constituido para esta área o como parte de las funciones de otro cargo. El desarrollo de la entrevista fue grabado mediante un dispositivo celular y posteriormente se transcribió el contenido de forma literal a un medio magnético con el fin de analizar cada una de las respuestas y encontrar patrones de comportamiento o, por el contrario, disparidades entre los procedimientos adoptados por las diferentes constructoras. El objetivo principal de las entrevistas se concentró en la descripción de la noción, puesta en marcha y dificultades de implementación de las herramientas Lean y, específicamente el LPS, desde el punto de vista de los encargados de coordinar el área. Se estructuró en tres ejes conductores: identificación de la empresa y del entrevistado, implementación de la construcción Lean en la empresa e implementación del sistema de planificación y control. Dentro de este último núcleo temático, se abordaron los tres niveles de planificación con preguntas específicas para cada nivel, buscando tener una visión complementaria a la de los profesionales directamente involucrados en las obras y a la del autor mismo, quien abordó la forma de trabajar en los proyectos mediante la observación no participante.

7.3.1 Identificación del entrevistado

Después de indagar acerca de la identificación de la empresa, el autor dirigió la conversación a la identificación del empleado dentro de la compañía. En esta sección se encontró que los cargos de los entrevistados, responsables de dirigir el área Lean en sus empresas, poseían diferentes jerarquías, algunos tenían un perfil gerencial, otros estaban más enfocados al trabajo de campo y otros tenían funciones administrativas y de sitio; asimismo, la antigüedad en su cargo y dentro de la compañía era muy diversa, y tenían como profesión la ingeniería civil, la ingeniería industrial o la arquitectura (ver Tabla 35).

Tabla 35. Identificación de los entrevistados encargados del área Lean

Constructora	Identificación del encargado del área Lean			
	Cargo	Antigüedad en el cargo	Antigüedad en la empresa	Profesión
A	Profesional de planeación	2.5 años	2.5 años	Ingeniero civil
B	Residente Lean	6 meses	6 meses	Ingeniero industrial
C	Coordinador de Lean construction	2.5 años	2.5 años	Ingeniero de producción
D	Subdirector de construcción	6 meses	16 años	Ingeniero civil
E	Coordinador de gestión integral	1.25 años	4 años	Ingeniero industrial
F	Coordinador de productividad del área de innovación	7 años	10 años	Ingeniero civil
G	Director de interventoría e interventora	13 años	-	Arquitectos constructores
H	Director de gestión de proyectos	1 año	5 años	Ingeniero civil
I	Director de gestión de calidad	8 años	8 años	Ingeniero industrial
J	Coordinador de planeación de operaciones	1.5 años	4 años	Ingeniero civil
K	Director técnico administrativo	5 años	40 años	Ingeniero civil
L	Coordinador Lean construction	8 meses	8 meses	Ingeniero industrial
M	Coordinador Lean construction	1.5 años	1.5 años	Ingeniero industrial
N	Coordinador Lean construction	8 años	8 años	Ingeniero industrial
O	Asesor en implementación Lean	4 años	No aplica	Ingeniero civil

7.3.2 Implementación de la construcción Lean

El primer acercamiento de estas compañías al tema de construcción Lean, se dio hace aproximadamente entre dos y diecisiete años, de la mano de la Universidad EAFIT y en algunos casos con el apoyo adicional de Camacol y la Universidad Javeriana, en Bogotá. Sin embargo, la retroalimentación de la metodología y la capacitación al personal nuevo que ingresa a las compañías no se da en todos los casos ni cubre a todo tipo de personal. Por ejemplo, en algunas compañías los informantes afirmaron: “con el ingeniero Lean hacemos un esfuerzo por vincular la persona con unas semanas de anterioridad para que, primero tenga una formación teórica y luego práctica, llevándolo a diferentes obras. Se le dan las herramientas y formatos que estamos manejando y se le intenta despertar el pensamiento creativo, que es básicamente el pensamiento Lean respecto a los desperdicios... con

respecto al resto del personal, por ejemplo, un director de obra nuevo, se abre un espacio para comentarle sobre la filosofía. Hace poco detectamos una oportunidad de mejora respecto a los inspectores, pues era un personal al que no le dábamos capacitación en la parte Lean, ahora sí lo hacemos con el apoyo de la gerencia de construcciones” (constructora E); “todos los profesionales tienen capacitación. De los obreros para abajo no tienen capacitación, la única excepción es cuando son obreros directos por administración y quieren ascender, ellos tienen que pasar por un curso de ascenso y una de las materias es Lean” (constructora J); “existen dos capacitaciones: para el personal que es más de oficina que de obra, se hace una capacitación más general. Para el personal de obra, incluidos todos los residentes técnicos, se divide en dos fases: la primera es la filosofía Lean, en la segunda se explica lo que es *Last Planner* y se hace una simulación de las tres planificaciones. Esta capacitación para personal operativo dura de 3 a 4 horas; para el personal administrativo jornada y media de trabajo” (constructora M). En otras compañías no existe capacitación inicial para los nuevos trabajadores o está en desuso: “se le va capacitando en la medida que va desarrollando la actividad” (constructora C); “actualmente no, anteriormente las capacitaciones eran reuniones de un día entero, donde se realizaba la parte teórica y se enseñaba el uso de la plataforma GICO y a ir a obra a hacer mediciones en campo” (constructora F); “somos nosotros los que les entregamos los manuales o las memorias que tenemos, es casi que entiéndalo usted y esa no es la idea” (constructora G); “en estos momentos no se está haciendo la capacitación por la falta de la persona (encargada del área Lean) pero se hace es por parte de la obra y se le da como la inducción de qué es lo que hace la empresa en cuanto a *Lean construction*” (constructora H).

En esta sección de la entrevista, se encontró, además, que en un 40% de las constructoras no existía personal de soporte para la implementación de las herramientas Lean, eran funciones a cargo de los profesionales técnicos de la obra. El 60% restante sí contaba con personal de soporte, sin embargo, de este porcentaje solo un 56% tenía un encargado Lean por obra, bien fuera profesionales o practicantes, el 46% restante contaba con uno o varios profesionales que iban rotando por las diferentes obras. Al preguntar acerca de las herramientas Lean que se han implementado en la empresa, se presentaron dos situaciones:

constructoras en las que era evidente el uso de las herramientas y su conocimiento por parte del encargado, y empresas en las que no había claridad respecto a las herramientas que apoyan la implementación de la filosofía o, según lo que afirmó el entrevistado, han entrado en desuso o su aplicación es limitada. En cuanto a la primera situación, se aseguró, por ejemplo, haber implementado: “*Last Planner*, las tres planificaciones: líneas de balance, programación intermedia y programación semanal; tenemos la evaluación de subcontratistas; seguimiento de orden y aseo por medio de las 5’s; informes de medición de pérdidas para las actividades de material de alto consumo, como lo son estructura y la mampostería... otras herramientas han sido nuestro sistema de gestión de calidad integrado con todo lo de Lean; benchmarking lo estamos hasta ahora implementando con las buenas prácticas entre las mismas obras...” (constructora M); “*Last Planner*, 5’s, layout, medición de perdidas, algo de TPM pero no es muy profunda y está fase de inicio, también está lo de lecciones aprendidas que es otra herramienta BCM, gestión con el personal, evaluación de subcontratistas, hall de la fama, charlas de productividad y las mediciones de las 7 pérdidas” (constructora O). Respecto a las respuestas ambiguas o que demuestran un conocimiento y/o aplicación limitada de las herramientas, se registraron casos en los que se reducían dichas herramientas a la medición de tiempos productivos, contributivos y no contributivos y al uso de la plataforma GICO, software desarrollado por la Universidad EAFIT en compañía de varias constructoras y que integra mediciones de construcción Lean y LPS; además, se notó que algunos de los entrevistados desligan el LPS de las herramientas Lean. Se escucharon expresiones como: “no hay Lean, no se está aplicando, pero sí estamos con la herramienta de *Last Planner*... Todas las obras tienen *Last Planner*, pero lo hacen por llenarlo... ni siquiera tienen en la cabeza cuándo van a entregar las cosas. Están programando para una semana nada más, no hay relación con la programación general e intermedia” (constructora G); “siempre hemos tenido ligado *Lean construction* y *Last Planner*, en algunas obras se podía definir “no vamos a hacer *Lean*, vamos a hacer *Last Planner*” (constructora F); “*Last Planner* y las programaciones intermedias, de resto no hay como mucho...el layout sí se usa, tiene como dos grandes momentos: cuando se empiezan las pilas y la estructura y ya cuando empieza la mampostería” (constructora B).

7.3.3 Implementación del LPS

En la tercera sección de la entrevista, la conversación giró en torno a la implementación específicamente del LPS, la cual se dio simultáneamente con la capacitación inicial de la empresa en la construcción Lean. Se habían implementado en todos los casos los tres niveles de planificación, sin embargo, en algunas empresas los entrevistados manifestaron tener contrariedades con la planificación intermedia o expresaron la falta de relación entre los tres niveles de planificación.

Para la realización del plan general o plan maestro, se utilizaban dos técnicas de planificación: diagramas de Gantt o líneas de balance. El software más común para el primer caso era el Microsoft Project, no obstante, se usaba también el Gantt Project; para las líneas de balance la mayoría de compañías empleaban Microsoft Excel o Vico Software.

Respecto a la planificación intermedia, el horizonte de tiempo variaba entre 4 y 12 semanas según la compañía. Las reuniones en este nivel de planificación se hacían típicamente cada semana, sin embargo, había casos en los que era evidente la falta de claridad respecto a este componente del LPS en la compañía o, por lo menos, del entrevistado, pues la periodicidad de las reuniones coincidía con el horizonte de tiempo, lo cual no va en línea con el objetivo de revisar continuamente la liberación de restricciones de las actividades.

Finalmente, en cuanto a la reunión de planificación semanal, todos los entrevistados coincidieron en que en las obras de sus compañías se exponían las CNC de las actividades y se buscaba la causa raíz de dicho incumplimiento.

Respecto a la mejora más significativa tras la implementación del LPS se resalta la cercanía en la comunicación con el subcontratista y el cumplimiento del programa de obra, en palabras de algunos de los entrevistados:

- “Me atrevería a decir, sin tener el conocimiento exacto, con la reunión semanal se tiene una forma de comunicación con el subcontratista para direccionarlo en las actividades, con la reunión semanal es más formal y más controlado. Se llevan mediciones de tiempo” (constructora C).

- “Se han mejorado los cumplimientos de programas, eso es un hecho una realidad” (constructora D).
- “Las programaciones que estamos buscando son lo más cercano a lo que nosotros queremos” (constructora E).
- “La cultura que lastimosamente se va perdiendo si no se sigue con la misma rigurosidad. Si uno habla con directores y coordinadores de obra, que son personas mayores, que son las personas más difíciles de que generen ese cambio, muchas de las personas le entienden a uno cuando uno les habla de *Lean construction*, de *Last Planner*, de ineficiencias, de pérdidas de productividad, muchos lo entienden y son conscientes de esas pérdidas y optimizaciones de mejoramiento continuo, eso fue algo muy valioso de la metodología; otra cosa muy valiosa es que aunque ya no la estemos haciendo con esa rigurosidad si se tiene una base de datos muy interesante con unos indicadores muy interesantes, que hoy para el área de innovación son fuente de consulta constante al momento de iniciar un proyecto...” (constructora F).
- “Yo digo que todo es un orden, ese es el mejor indicio de orden y que yo voy a tener metas y sé si las voy o cumplir o no. El compromiso que se adquiere por el cumplimiento... yo lo que mejor he visto es que con la implementación de esta metodología se aterriza a una sistematización, es decir, con un mes de implementación se vuelve profesional y sistemático, antes sin la implementación teníamos unas metas y veíamos si se cumplía... al final vos decís no lo cumplí, pero por tal causa. Ha permitido tener conocimiento de qué es lo que hay que controlar...” (constructora G)

En cuanto a los aspectos que se podrían mejorar en relación con la planificación y control dentro de las obras, algunos apuntaron a la integración de todas las partes que intervienen en el proceso constructivo, otros consideraron que se debería trabajar más en la programación intermedia y otros aludieron a los softwares que facilitarían la elaboración de las líneas de balance. Se traen a colación algunas respuestas literales de los informantes:

- “Lo que se puede mejorar es cambiarles el chip a los viejos, por ejemplo, alguien que ha hecho lo mismo durante 40 años...” (constructora A).

- “Conocer las planificaciones general e intermedia, tener un acceso diario para yo poder saber dónde está, cuáles fueron las restricciones en su momento cuando hicieron esa intermedia y hoy cuáles son, para yo empezarlas a apuntar y empezar a hacer la gestión. Que no estuvieran los encargados solamente sino los subcontratistas porque es como el doliente final” (constructora B).
- “Hay un tema muy importante que todavía no logramos tener y es la integración, lograr integrar todas las fases del proyecto, desde el diseño, la programación, las compras, el presupuesto, la ejecución. Tenemos herramientas informáticas que hoy están parcialmente integradas. Tenemos unas personas encargadas que buscan dicha integración, pero no se tiene aún al nivel que se desea” (constructora F).
- “Falta sobretodo es la parte de logística, en las obras todavía nos damos cuenta que la parte de logística, de entrega de materiales o distribución de materiales al interior es mínima y simplemente se hace es al bulto de hágale lo que se pueda hacer a ver como se hace para cumplir y no se está analizando ni se está estudiando un plan para poder hacer una distribución de materiales en punto y en tiempo entonces ahí es donde tenemos la mayor falla” (constructora H).
- “En el mediano plazo realmente, digamos que es el que ya empieza a involucrar más la empresa, el corto plazo uno lo maneja aquí adentro con sus subcontratistas y la dificultad es cuando uno quiere inmiscuir a diseño, a contratación, a compras, a todas las personas que intervienen en el proceso” (constructora J).
- “De pronto contar con un software más fácil que el Excel para hacer las líneas de balance. Los softwares son costosos” (constructora N).
- “Pienso que algo que nos haga la línea de balance, un software facilitaría mucho la labor, sería algo positivo... no tener tanta rotación” (constructora O).

8. ESTADO INICIAL DEL LPS EN LAS COMPAÑÍAS EN LA FASE DE ACOMPAÑAMIENTO

En la segunda fase del proyecto, se eligieron a dos de las empresas participantes en la primera fase, que se tratarán en el desarrollo de los capítulos 8 y 9 como compañía 1 y compañía 2. En la compañía 1, cuyo sitio de operación es el departamento de Antioquia, se trabajó el proceso de mejora en cinco obras; en la compañía 2, que opera en varios departamentos, se trabajó en seis obras del departamento de Risaralda. Además, se trabajó con la obra piloto de la compañía 3, razón social creada en 2017 con operación en el departamento de Antioquia. En la Tabla 36 se resume la información básica de las tres compañías:

Tabla 36. Resumen de las empresas constructoras colaboradoras - fase de acompañamiento

Constructora	Antigüedad en el mercado	Tipo de operación	Sitio de operación	Nicho de mercado actual
1	10 años	Regional	Antioquia	Hotelería Oficinas Vivienda
2	16 años	Nacional	Caldas Cundinamarca Huila Risaralda Valle del Cauca	Bodegas Industrial Institucional Vivienda
3	1 año	Regional	Antioquia	Comercio Hotelería Vivienda

En la Tabla 37 y Tabla 38 se resume el estado inicial de las tres empresas, el software que utilizaban, la forma de llevar el plan general, el plan intermedio y el plan semanal; la manera de calificar al subcontratista, los indicadores existentes a la fecha y los obstáculos en la implementación del sistema de planificación y control encontrados por el autor.

Tabla 37. Estado inicial del LPS dentro de las compañías (1 de 2)

Aspecto	Compañía 1	Compañía 2	Compañía 3
Software	Software empresarial programado en hojas de Google y GanttProject.	Hojas de Excel.	Hojas de Excel y Microsoft Project.
Plan general	Se elabora en Excel a partir de la metodología de Teoría de Restricciones (TOC - <i>Theory Of Constraints</i>), formando paquetes de bloques que agrupan un número de actividades relacionadas entre sí. Además, se elabora simultáneamente en GanttProject un diagrama de Gantt con la programación detallada de actividades.	Se elabora manualmente con líneas de balance en hojas de Excel, no se trabaja con Diagramas de Gantt ni softwares de planificación y control adicionales.	Se realiza a través de Microsoft Project y se visualiza mediante diagramas de Gantt. Además, se realiza en paralelo líneas de balance en hojas de Excel.
Plan intermedio	Tiene un horizonte de tiempo de seis semanas, definido con base en la teoría del LPS. A partir de la actualización del plan general, se actualiza automáticamente el plan intermedio semana a semana, con una especificidad de tareas muy meticulosa. Las reuniones de planificación intermedia no hacían parte de la cultura de la empresa.	Aunque hay un conocimiento previo acerca de las bondades de este nivel de planificación y la forma en que funciona, no se lleva a cabo en la empresa, no existe la cultura de la reunión de planificación intermedia semanal, no hay claridad acerca de los tiempos de reacción de las áreas de la empresa, ni hay un formato empresarial definido para el registro de la liberación de restricciones.	No se lleva a cabo en la empresa, no existe la cultura de la reunión de planificación intermedia semanal, no conocen aún los tiempos de reacción de las áreas de la empresa pues está recién constituida, ni hay un formato empresarial definido para el registro de la información.
Plan semanal	La reunión de planificación semanal con subcontratistas se realiza cada ocho días, está establecida de forma rutinaria como parte de la cultura empresarial. Existe un formato de registro de planificación semanal común para todas las obras y la calificación de subcontratistas se lleva lista a las reuniones. El formato de registro se debería actualizar automáticamente con el software, pero como han tenido inconvenientes con esto, se está llevando de forma manual.	La reunión de planificación semanal con subcontratistas se realiza cada ocho días, está establecida de forma rutinaria como parte de la cultura empresarial. El registro de información se realiza en hojas de Excel sin un formato empresarial definido, cada ingeniero de gestión lleva su propio formato. Hay escasa discusión acerca de causas de no cumplimiento durante la reunión. Los subcontratistas desempeñan un rol muy pasivo, acatan y escuchan, pero no intervienen en el proceso de planificación.	No hay un orden del día para la reunión de planificación semanal, ni se desarrolla de forma rutinaria cada semana. No existe formato empresarial para el registro de la programación a corto plazo.

Tabla 38. Estado inicial del LPS dentro de las compañías (2 de 2)

Aspecto	Compañía 1	Compañía 2	Compañía 3
Calificación a subcontratistas	Se califican de forma subjetiva durante la reunión de planificación semanal a través de cinco variables: PAC, calidad, seguridad, gestión ambiental, manejo de materiales. La calificación es un consenso informal entre los profesionales presentes en la reunión. Existe cartelera de desempeño con la calificación semanal de las cinco variables.	Se califican de forma subjetiva a través de cinco variables: PAC, calidad, seguridad, orden y aseo, y recursos. La calificación es un consenso informal entre los profesionales presentes en la reunión.	La metodología se comenzó a aplicar desde el inicio de la obra piloto, al principio solo existían dos subcontratistas de cimentaciones, por lo cual la calificación la daba el residente de obra con base en la programación definida la semana anterior. Solo se calificaba el PAC y no existía cartera de desempeño.
Indicadores existentes	Se registra semanalmente el PAC del subcontratista y el PAC de la obra. No hay indicadores relacionados con la planificación general e intermedia.	Se registra semanalmente el PAC del subcontratista y el PAC de la obra. No hay indicadores relacionados con la planificación general e intermedia.	Se socializa semanalmente el PAC del subcontratista y el PAC de la obra, sin embargo, no hay un registro formal. No hay indicadores relacionados con la planificación general e intermedia.
Obstáculos en la implementación	El software empresarial presenta constantes inconvenientes de actualización, el programador inicial se retiró de la compañía y por un periodo de tres meses no hubo quien se hiciera responsable de su mantenimiento. La programación intermedia se realiza a un nivel de detalle de asignaciones semanales, por lo cual se genera un número de actividades elevado y difícil de controlar; además, se manifiestan inconvenientes entre el horizonte de tiempo y los extensos tiempos de reacción de la compañía. Se expresan también retrasos en la ejecución de algunas actividades por falta de suministro de material, la compañía tiene un flujo de caja limitado.	A pesar de tener el conocimiento teórico previo, no existe la cultura de planificación intermedia, por lo tanto, no hay liberación oportuna de restricciones y la programación semanal resulta ser improvisada en algunas ocasiones, o se programan las actividades de acuerdo con lo que se vaya ejecutando y avanzando en obra. La empresa ya ha sido capacitada anteriormente, sin embargo, con el tiempo se dejan de aplicar algunas de las herramientas del sistema y se pierde rigurosidad en la aplicación de otras. Por otra parte, no existe personal encargado de salud ocupacional en todas las obras, por lo cual algunos ingenieros del área Lean deben asumir sus funciones y se ven sobrecargados de trabajo.	Falta de conocimiento teórico y aplicación práctica del LPS, como la razón social es reciente, no hay una cultura empresarial aún definida, el compromiso de los miembros del equipo no es constante. Por otra parte, pese a que la obra ya está en ejecución, aún no hay planos estructurales con despiece de columnas y demás elementos de la edificación; solo está en obra el diseño de la subestructura, por ende, se dificulta la programación de actividades pues no se tiene información de cantidades de obra. Además, algunas de las máquinas piloteadoras han presentado daños, por lo cual se retrasa ocasionalmente el número de micropilotes hincados.

Además de las primeras visitas a los proyectos, como parte de la exploración del estado inicial del LPS en las compañías, se realizaron encuestas al personal de las obras en ejecución de las tres constructoras, con preguntas dirigidas a conocer la noción de la herramienta, aspectos generales de planificación general, intermedia y semanal, y aspectos concernientes a la implementación del sistema. Se conservó la clasificación de grupos de encuestados de la fase de diagnóstico: profesionales de obra, maestros y subcontratistas, y personal operativo. En la Tabla 39 se presenta la composición de la muestra de encuestados por compañía en la fase de acompañamiento.

Tabla 39. Composición de la muestra de encuestados

Encuestado	Compañía 1	Compañía 2	Compañía 3
Profesionales de obra	19	19	6
Subcontratistas	17	30	3
Maestros de obra	7	8	0
Trabajadores	52	54	12
Total	95	111	21

El resultado de las tres compañías, en términos generales, fue muy similar al obtenido en la fase de diagnóstico realizada un año atrás. Los profesionales de obra en cuanto a la noción de la herramienta, aseguraron en su mayoría conocer el LPS, sin embargo, pocos argumentaron bien su definición; respecto a la capacitación inicial, un gran porcentaje de personas fueron capacitadas formalmente, de la mano de un profesional externo preparado en el tema. En relación con los aspectos generales de planificación, la totalidad de profesionales reconocieron la planificación general como una herramienta fundamental que ayuda a alcanzar los objetivos del proyecto en cuanto al cumplimiento de plazos y la mayoría aseguró conocer la programación general de la obra y las fechas de entrega. Asimismo, casi la totalidad de la muestra afirmó que durante las reuniones de planificación semanal se hablaba sobre las CNC, se llegaba a su causa raíz y se buscaban soluciones para que no hubiera recurrencia. En estos tres últimos puntos hay disparidad con las observaciones iniciales del autor en las reuniones de planificación semanal a las que asistió en varias de las obras en las que se iba a implementar las mejoras, además de la opinión de los

encargados Lean, quienes coincidieron acerca de la falta de profundización en los incumplimientos semanales. En cuanto al registro de las restricciones en el nivel de planificación intermedio, solo alrededor de un tercio de profesionales reconocieron que no se lleva dicho registro; sin embargo, este nivel de planificación fue aquel en el que se encontraron más puntos débiles en las tres compañías, pues no se tenía la cultura de reunión semanal para controlar la liberación oportuna de restricciones, ni había claridad respecto a los tiempos de reacción de las áreas encargadas de dicha liberación, por lo cual el horizonte de tiempo definido no era siempre acertado. Finalmente, respecto a la implementación del sistema, casi la totalidad de profesionales consideraron clara la metodología de planificación que usaba en las obras y las funciones de su cargo dentro de la misma; además, consideraron que las actividades que se programaban semanalmente eran realizables y aseguraron que tenían mayor control en obra con la metodología de planificación. En cuanto a la pertinencia del sistema de calificación al subcontratista, la disminución del porcentaje de atraso en obra y el aumento del PAC con la implementación de la metodología hasta la fecha, el porcentaje de respuestas afirmativas disminuyó, lo cual indica que no hay consenso en estos tres puntos y puede encontrarse explicación en la falta de rigurosidad con la que se llevan a cabo algunos procesos dentro de las obras.

En el grupo de maestros y subcontratistas, se encontró una noción de la herramienta muy vaga, no había definiciones acertadas del sistema de planificación y control y la capacitación inicial que decían recibir no era en muchas ocasiones formal. Se indagó además acerca de algunos aspectos básicos de planificación e implementación del sistema: respecto al conocimiento de la programación general de la obra, en la compañía 1 hubo paridad entre respuestas afirmativas y negativas, en las compañías 2 y 3 la mayoría de las respuestas fueron positivas; en cuanto al conocimiento de las fechas de entrega, en la compañía 1 la mayoría de encuestados afirmaron desconocerlas, en tanto que en la compañía 2 y 3 la mayoría de respuestas fueron afirmativas. Respecto a la socialización de CNC, búsqueda de causa raíz y soluciones para no recurrencia, la mayoría de maestros y subcontratistas dieron respuestas positivas; tendencia similar a la encontrada en la fase de diagnóstico, donde la opinión de los encuestados en este aspecto es alentadora, pero la apreciación del autor en

sus visitas presenta discrepancias. En cuanto a las preguntas orientadas a la comunicación se encontró que en las tres compañías casi la totalidad de encuestados se sentían conformes; en cuanto a la implementación del sistema, también fueron predominantes las respuestas positivas: la mayoría de encuestados consideraban realizables los paquetes de actividades y valoraban como adecuado el sistema de calificación a subcontratistas.

En el grupo de trabajadores, en cuanto a los aspectos de planificación, los resultados son coincidentes con la fase de diagnóstico: hay desconocimiento generalizado sobre la programación general y las fechas de entrega y la mayoría de encuestados se sienten conformes con los aspectos de comunicación como la escucha de sugerencias, información clara, comodidad en el lugar de trabajo y confianza para pedir segunda explicación.

En la Tabla 40, Tabla 41 y Tabla 42 se resumen las respuestas por parte de los profesionales de obra, maestros y subcontratistas y personal operativo, respectivamente.

Tabla 40. Resumen de encuestas a profesionales de obra

Aspecto	Pregunta	Compañía 1		Compañía 2		Compañía 3	
		SÍ	NO	SÍ	NO	SÍ	NO
Noción de la herramienta	¿Sabe qué es <i>Last Planner</i> o Sistema del Último Planificador?	100%	0%	79%	21%	100%	0%
	¿Argumenta bien su conocimiento acerca del <i>Last Planner</i> ?	16%	84%	16%	84%	33%	67%
	¿Tuvo capacitación inicial?	89%	11%	63%	37%	100%	0%
	¿Es formal la capacitación?	100%	0%	100%	0%	100%	0%
Aspectos de planificación general, intermedia y semanal	¿Conoce la programación general de la obra?	95%	5%	95%	5%	100%	0%
	¿Sabe en qué fecha debe entregarse cada etapa de la obra?	89%	11%	95%	5%	83%	17%
	¿Considera la planificación general como una herramienta fundamental que le ayude a alcanzar los objetivos del proyecto en cuanto al cumplimiento de plazos?	100%	0%	100%	0%	100%	0%
	¿Llevan registro de las restricciones?	58%	42%	68%	32%	67%	33%
	¿Durante la reunión se habla de las CNC de las actividades?	95%	5%	100%	0%	100%	0%
	¿Se llega a la causa raíz de los no cumplimientos?	95%	5%	84%	16%	83%	17%
	¿Se buscan soluciones para que no vuelvan a ocurrir las CNC?	95%	5%	95%	5%	100%	0%

Implementación del sistema	¿Considera clara la metodología de planificación que se usa en la obra?	89%	11%	95%	5%	83%	17%
	¿Tiene claras las funciones de su cargo dentro de la metodología de planificación?	95%	5%	95%	5%	100%	0%
	¿Considera que las actividades que se programan semanalmente son realizables?	89%	11%	95%	5%	100%	0%
	¿Considera adecuado el sistema de calificación a subcontratistas actual?	74%	26%	79%	21%	83%	17%
	¿Considera que tiene un mayor control en obra con la metodología de planificación implementada?	100%	0%	89%	11%	100%	0%
	¿El porcentaje de atraso en obra ha disminuido con la metodología de planificación?	74%	26%	74%	26%	17%	83%
	¿El indicador PAC en obra ha aumentado con la metodología de planificación?	79%	21%	74%	26%	50%	50%

Tabla 41. Resumen de encuestas a maestros y subcontratistas

Aspecto	Pregunta	Compañía 1		Compañía 2		Compañía 3	
		SÍ	NO	SÍ	NO	SÍ	NO
Noción de la herramienta	¿Sabe qué es <i>Last Planner</i> o Sistema del Último Planificador?	88%	12%	29%	71%	100%	0%
	¿Argumenta bien su conocimiento acerca del <i>Last Planner</i> ?	5%	95%	0%	100%	0%	100%
	¿Tuvo capacitación inicial?	25%	75%	26%	73%	33%	66%
	¿Es formal la capacitación?	50%	50%	40%	60%	0%	100%
Aspectos de planificación general, intermedia y semanal	¿Conoce la programación general de la obra?	50%	50%	82%	18%	67%	33%
	¿Conoce las fechas de entrega?	33%	66%	66%	34%	67%	33%
	¿En la reunión semanal se habla de la CNC de las actividades?	100%	0%	100%	0%	100%	0%
	¿Se llega a la causa raíz de los no cumplimientos?	96%	4%	92%	7%	100%	0%
	¿Se buscan soluciones para que no vuelvan a ocurrir las CNC?	96%	4%	97%	2%	100%	0%
	¿Considera que su opinión es tomada en cuenta para la planificación semanal?	92%	8%	97%	2%	100%	0%
	¿Considera que la información del maestro/residente es clara?	100%	0%	97%	2%	100%	0%
Implementación del sistema	¿Se siente en confianza para pedir segunda explicación?	96%	4%	97%	2%	67%	33%
	¿Considera que las actividades que se programan semanalmente son realizables?	92%	8%	89%	10%	100%	0%
	¿Considera adecuado el sistema de calificación a subcontratistas actual?	88%	12%	84%	15%	67%	33%

Tabla 42. Resumen de encuestas a personal operativo

Aspecto	Pregunta	Compañía 1		Compañía 2		Compañía 3	
		SÍ	NO	SÍ	NO	SÍ	NO
Noción de la herramienta	¿Sabe qué es <i>Last Planner</i> o Sistema del Último Planificador?	23%	77%	2%	98%	8%	92%
	¿Argumenta bien su conocimiento acerca del <i>Last Planner</i> ?	0%	100%	0%	100%	0%	100%
	¿Tuvo capacitación inicial?	13%	87%	7%	93%	25%	75%
	¿Es formal la capacitación?	0%	100%	2%	98%	0%	100%
Aspectos de planificación general, intermedia y semanal	¿Conoce la programación general de la obra?	38%	62%	46%	54%	17%	83%
	¿Conoce las fechas de entrega?	8%	92%	13%	87%	0%	100%
	¿Considera que su opinión y sugerencias sobre las actividades que hace en la obra son tenidas en cuenta?	81%	19%	72%	28%	75%	25%
	¿Considera que la información que le da su jefe sobre las actividades que debe realizar es clara?	98%	2%	96%	4%	92%	8%
	¿Se siente cómodo en su lugar de trabajo?	98%	2%	96%	4%	100%	0%
	¿Se siente en confianza para pedir una segunda explicación cuando no le queda claro algo?	96%	4%	100%	0%	100%	0%

Además de las preguntas dicotómicas, se indagó a los profesionales de obra acerca de las CNC más frecuentes en sus obras. En la compañía 1, la CNC más común fue el suministro de materiales, factor relacionado directamente con las limitantes de flujo de caja de la empresa; también se mencionó la falta de personal, el bajo rendimiento y el incumplimiento del proveedor. En la compañía 2, la CNC más común se concentró en las condiciones climáticas, pues las lluvias fueron un factor predominante sobre el Eje Cafetero en 2017; también se mencionó la falta de planos y/o especificaciones, la falta de personal, los reprocesos, el bajo rendimiento, las actividades previas y la falta de comunicación efectiva. En la compañía 3, predominó el daño a los equipos mecánicos para la excavación de la subestructura, la falta de personal y el suministro de materiales. La falta de personal fue la única CNC común en las tres empresas, con un porcentaje de incidencia mayor en la compañía 1 y compañía 3; se resalta que esta CNC fue la más recurrente entre profesionales de obra y maestros y subcontratistas, y se relaciona con la alta rotación en el sector constructor, especialmente de la mano de obra poco calificada. En el Gráfico 37 se muestran gráficamente las CNC por compañía, con su porcentaje de incidencia dentro de la muestra.

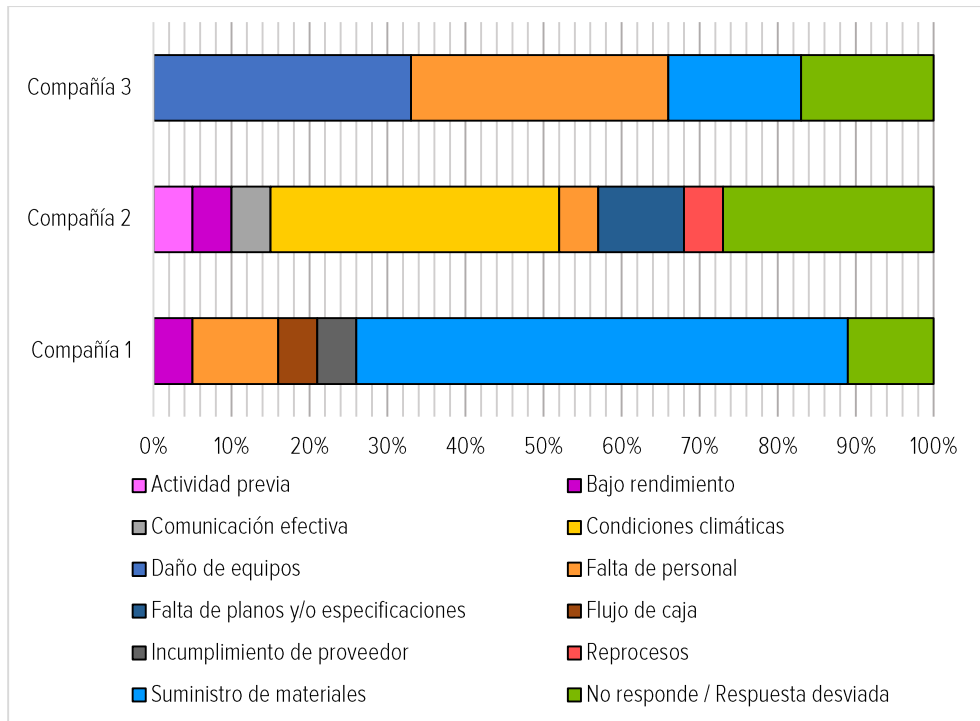


Gráfico 37. CNC más frecuentes por compañía

También se preguntó a los profesionales de obra acerca de cómo consideraban el apoyo de las áreas de la empresa al avance oportuno de la obra; al respecto las respuestas variaron considerablemente por empresa. En la compañía 1, la mayoría de profesionales, equivalente a un 42% de la muestra, coincidieron en que el soporte de las áreas de la empresa era regular, solo un 5% de la muestra lo consideró muy bueno, un 37% afirmaron que era bueno y para el 16% restante era malo. En la compañía 2, para un 63% de la muestra el apoyo que brindan las áreas de la empresa era bueno, para un 21% de encuestados el soporte era muy bueno, para un 16% era regular. Por su parte, en la compañía 3, un 50% consideraron como muy bueno el apoyo de las áreas para el avance de la obra, para un 33% fue bueno y un 17% no respondieron a la pregunta. En el Gráfico 38 se ilustra la distribución porcentual de opiniones por compañía.

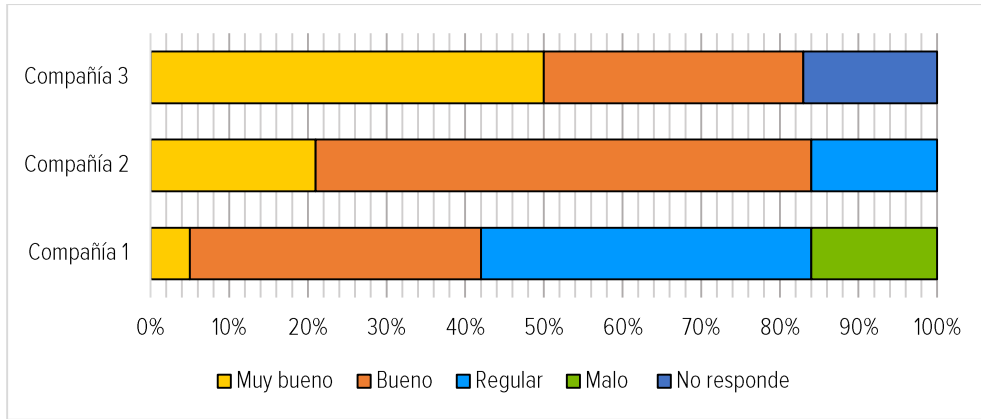


Gráfico 38. Apresiasi del apoyo de las áreas de la empresa al avance oportuno de obra

Paso seguido a la pregunta acerca de la apreciación del apoyo de las áreas de la empresa, se indagó sobre qué área consideraban los profesionales que podría dar más soporte para mejorar la ejecución de la obra. En la compañía 1 fueron comunes las respuestas que indicaban el área de compras y el área de preconstrucción; en la compañía 2 se destacaron el área técnica y el área de personalización, puesto que venden apartamentos a la medida del cliente. Por último, en la compañía 3, se apuntó al área de diseños y gerencia. En el Gráfico 39 se muestra el resumen ilustrativo de la respuesta a esta pregunta abierta.

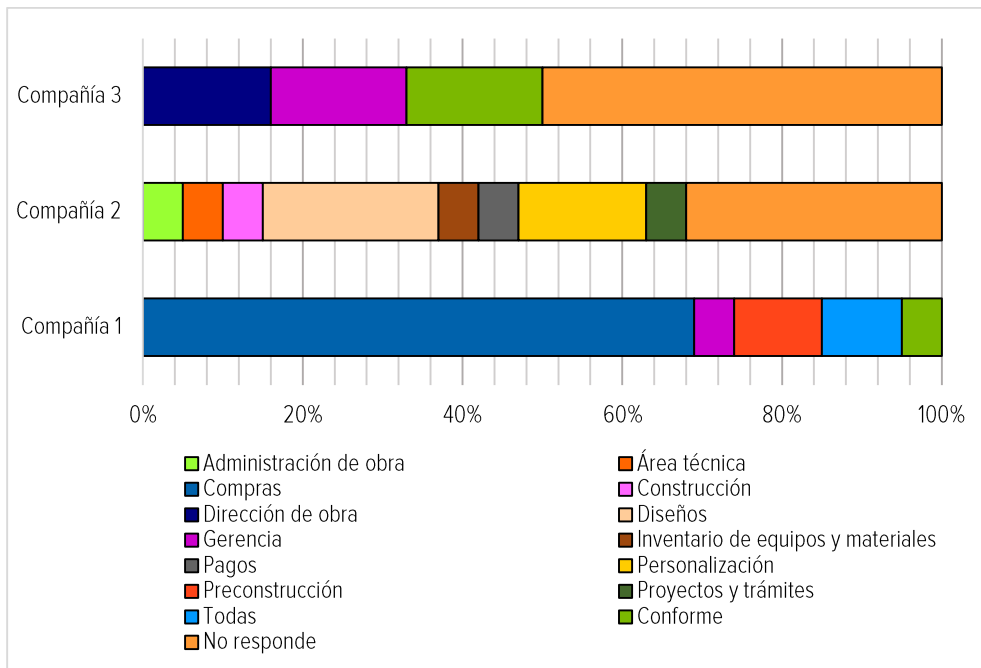


Gráfico 39. Áreas que podrían dar más soporte para mejorar la ejecución de obra

Finalmente, frente a la pregunta abierta “¿Cuál cree usted que ha sido el mayor impedimento o dificultad al utilizar la metodología del LPS en obra?” no hubo un consenso entre los encuestados, las respuestas fueron diversas y se exponen de forma literal en la Tabla 43.

Tabla 43. Impedimentos al implementar la metodología de planificación

Compañía 1	Compañía 2	Compañía 3
“Compras y flujo de caja”		
“La planificación no cuadra con el flujo de caja”	“Cambiar el paradigma”	
“Falta de pago a subcontratistas”	“Ruptura del paradigma de directores de obra”	
“Crear cultura en subcontratistas y personal”	“Ajuste de la programación de obra al orden de actividades que se deben ejecutar”	
“Cultura de no planeación y falta de información oportuna”	“El compromiso del subcontratista”	“Aún no hay formatos completos y definitivos”
“Falta de comunicación entre áreas”	“Funcionarios nuevos que hay que evangelizar durante mucho tiempo”	“Falta de planos, especificaciones, presupuesto y programación”
“Socialización de maestros y encargados”	“Socialización de la metodología a todos los colaboradores en obra”	“Resistencia al cambio, a la implementación de orden”
“Mala programación inicial del proyecto”	“Tiempo para reuniones”	
“Áreas de la oficina que no logran responder con la misma velocidad”	“Falta de compromiso por parte de la dirección de obra”	
“La persona encargada a veces no puede realizar la reunión”	“Necesidad de un profesional dedicado tiempo completo”	
“Ineficiencias en el proceso”	“Las condiciones externas que impiden el trabajo”	
“El software que utiliza la empresa”		
“Planos y especificaciones a tiempo”		
“Los subcontratistas”		

Algunas de las apreciaciones dadas por los profesionales tienen relación con los obstáculos en la implementación que el autor advirtió en las primeras visitas, por ejemplo, en la compañía 1 hubo respuestas relacionadas con el flujo de caja de la empresa, los tiempos de respuesta de algunas áreas y los inconvenientes con el software; otras se relacionaron con la parte cultural de la metodología, como la falta de comunicación, la falta de socialización

con maestros y encargados y la falta de cultura de planeación; otras tantas dificultades se relacionaron con aspectos de planificación como mala programación inicial, ineficiencias en los procesos y falta de tiempo para realizar las reuniones. En la compañía 2 la mayoría de respuestas apuntaron a barreras de tipo cultural, como el cambio de paradigma, la falta de compromiso, la curva de aprendizaje con los funcionarios nuevos y la falta de socialización de la metodología a todos los participantes; otras respuestas se relacionaron con aspectos de planificación como la falta de tiempo y la adecuación de la programación al orden de actividades que había que ejecutar y finalmente, se mencionó la barrera relacionada con las condiciones climáticas de la zona. En la compañía 3, las dificultades se relacionaron con la falta de detalles constructivos y de programación; la falta de formatos completos, pues la inmersión en la filosofía Lean era muy reciente; y la resistencia al cambio, común en los profesionales y trabajadores que habían trabajado por mucho tiempo con otra metodología de planificación.

9. TRABAJO DE ACOMPAÑAMIENTO EN LA MEJORA DE LA APLICACIÓN DEL SISTEMA

El trabajo de acompañamiento en la mejora de la aplicación del sistema de planificación se comenzó en abril de 2017 en las compañías 1 y 2, y en octubre de 2017 en la compañía 3. En las primeras visitas el autor conoció la forma de trabajo de cada compañía y la manera en que se desarrollaban los tres niveles de planificación. Asistió como observador no participante en algunas reuniones de planificación semanal y conoció las herramientas computacionales con las que trabajaba cada una de las compañías. En visitas posteriores se compartió el Manual de Buenas Prácticas con los encargados del área Lean y estos a su vez lo transmitieron a los demás profesionales del área.

El proceso de acompañamiento consistió en la identificación y mejora de los aspectos débiles en cada uno de los niveles de planificación dentro de las compañías, con base en el conocimiento teórico del LPS por parte del autor y la experiencia recopilada en la fase de diagnóstico del trabajo de investigación. Se identificaron falencias en la estandarización del proceso y la ausencia de formatos unificados para el registro de los tres niveles de planificación, lo cual permitió hacer la propuesta de los formatos que las empresas adoptaron y que hoy utilizan en sus proyectos.

Después de conocer la forma de trabajo de cada compañía, se empezó a trabajar en el mejoramiento de las herramientas y formatos de registro de planificación general, planificación intermedia, planificación semanal y calificación integral de subcontratistas. Es importante resaltar que el papel del autor en el acompañamiento de las empresas fue de orientación, aspectos como las variables de calificación al subcontratista y los pesos de cada criterio sobre la calificación fueron decisión autónoma de cada empresa, según sus prioridades y la forma de operación y funcionamiento de la compañía.

Se enfatizó además en los aspectos más relevantes en los que se encontraron las mayores falencias generales durante primera fase del proyecto: claridad conceptual del sistema de

planificación y control, discusión y detalle de las CNC y un adecuado manejo del nivel intermedio de planificación para la liberación oportuna de restricciones.

El trabajo con la compañía 1 y 3 se realizó de forma presencial, pues las obras y oficinas de las empresas están localizadas en Medellín. Además, se resalta que en la compañía 1 se comenzó una reestructuración del sistema de planificación y control en obra en noviembre de 2016, con la llegada del nuevo coordinador Lean. La empresa además de utilizar la metodología recurrente de la ruta crítica (*Critical Path Method, CPM*), visualizada a través de diagrama de Gantt, decidió comenzar a usar la Teoría de Restricciones con bloques de actividades en la planificación general. La programación general de las obras, al igual que los formatos sugeridos por el autor se crearon en Excel, como solución temporal hasta que el software de la empresa fuera intervenido y funcionara correctamente.

El trabajo con la compañía 2, localizada principalmente en las regiones del Eje Cafetero, se realizó de forma semipresencial. El autor viajó en 10 oportunidades a Pereira a varias de las obras en construcción; además, el coordinador de gestión integral viajó dos veces a Medellín y se realizaron un par de encuentros adicionales vía Skype.

La compañía 3 tuvo su primera capacitación teórica en construcción sin pérdidas y el LPS en junio de 2017, pues se constituyó como constructora a principio del mismo año. El acompañamiento se hizo en la obra piloto de la compañía, que estaba iniciando labores, por lo cual se facilitó el proceso, pues no había muchas actividades en curso, la cantidad de subcontratistas era muy manejable y la socialización de formatos y actividades a implementar era mucho más sencilla de realizar que en las demás compañías.

Los formatos de planificación y registro de información fueron construidos y formulados de forma mancomunada entre el autor y el equipo del área Lean en cada empresa constructora. En la Tabla 44, Tabla 45 y Tabla 46 se presenta un cuadro donde se resume el trabajo de acompañamiento en cada compañía, especificando el nivel de planificación, las recomendaciones dadas por el autor, el estado de implementación para diciembre de 2017, los obstáculos que el autor encontró en la implementación de las buenas prácticas y los indicadores propuestos.

Finalmente, en la sección de anexos se presenta la Tabla 47, Tabla 48 y Tabla 49, donde se resumen las variables de calificación al subcontratista definidas en cada compañía. La explicación y detalle de los criterios y fuentes de evaluación están soportado en una matriz más extensa socializada al interior de las empresas con los profesionales directamente implicados en la evaluación integral. Además, en las ilustraciones posteriores se muestra el ejemplo del formato de calificación al subcontratista, el consolidado de evaluación al subcontratista con las semanas laboradas y el ranking de desempeño, la lista de chequeo en obra de uno de los profesionales, el formato de planificación semanal y el formato de planificación intermedia, según la compañía.

Todas estas herramientas están actualmente en funcionamiento dentro de las empresas; los indicadores de desempeño se socializaron, sin embargo, debe primero establecerse la cultura de llevar las buenas prácticas para poder después construir y dar trazabilidad a los indicadores con el fin verificar el impacto de la metodología de planificación sobre el avance de las obras.

Tabla 44. Resumen trabajo de acompañamiento - Compañía 1

Nivel de planificación	Recomendación	Estado de implementación	Obstáculos en la implementación	Indicadores propuestos
Planificación general	Layout dinámico.	Se desarrolla informalmente.	Falta de cultura, la empresa se ha concentrado en fortalecer primero otros aspectos a nivel de planificación y control.	Días de adelanto o atraso
	Actualización permanente del plan general.	Se implementa y se tienen resultados.	Personal en un principio poco familiarizado con la metodología de Teoría de Restricciones y la definición de bloques de actividades.	% días de adelanto o atraso
Planificación intermedia	Reducción del nivel de detalle de la planificación intermedia, el objetivo es liberar paquetes de actividades, no actividades a nivel de asignaciones semanales.	Socializado con el coordinador Lean, pendiente de implementación.	Funcionamiento del software empresarial y definición del horizonte de tiempo de la planificación intermedia, pues algunas restricciones no se liberan a causa de los problemas de flujo de caja de la empresa.	% restricciones totales liberadas N° restricciones por área
	Cultura de reunión semanal para socializar liberación de restricciones.	Se desarrolla informalmente.	Funcionamiento y actualización del software empresarial.	
Planificación semanal	Detalle de causas de no cumplimiento.	Socializado con el coordinador Lean, pendiente de implementación.	Funcionamiento y actualización del software empresarial.	
	Énfasis en buscar la causa raíz de los incumplimientos.	Se desarrolla informalmente.	No era costumbre en las reuniones de planificación semanal, con el tiempo debe crearse la cultura.	
	Formato de calificación a subcontratistas.	Se implementa y se tienen resultados.	Adaptación inicial de profesionales de obra en cuanto al manejo del formato, la calificación anteriormente era informal y subjetiva, hay algunas quejas por el trabajo extra que representa esta calificación.	PAC semanal PAC acumulado
	Redefinición de variables de calificación al subcontratista.	Se implementa y se tienen resultados.	Dificultad para decidir cómo se calificaría de forma objetiva a los subcontratistas, especialmente en calidad, pues la compañía no tiene rango de tolerancias establecido para validar los procesos constructivos.	Calificación integral semanal
	Matriz de criterios de evaluación integral al subcontratista.	Se implementa y se tienen resultados.	Adaptación inicial de los auxiliares Lean a los criterios de calificación binaria.	Calificación integral acumulada
	Listas de chequeo para evaluar variables de calificación.	Se implementa y se tienen resultados.	Algunos profesionales de obra reacios a llevar control de las variables de calificación.	
	Sistema de ranking de calificación a subcontratistas.	Socializado con el coordinador Lean, pendiente de implementación.	Ninguno.	

Tabla 45. Resumen trabajo de acompañamiento - Compañía 2

Nivel de planificación	Recomendación	Estado de implementación	Obstáculos en la implementación	Indicadores propuestos
Planificación general	Layout dinámico.	Se desarrolla informalmente.	Falta de cultura, la empresa se ha concentrado en fortalecer primero otros aspectos a nivel de planificación y control.	Días de adelanto o atraso
	Actualización permanente del plan general.	Se implementa y se tienen resultados.	Tiempo que toma actualizar o ajustar la programación general, realizada con líneas de balance en Excel.	% días de adelanto o atraso
Planificación intermedia	Formato de planificación intermedia.	Se desarrolla informalmente.	Profesionales de obra reacios a definir fechas de liberación de restricciones.	% restricciones totales liberadas
	Cultura de reunión semanal para socializar liberación de restricciones.	Se desarrolla informalmente.	La reunión no se realiza rutinariamente, cuando se hace se revisan las restricciones de los paquetes de actividades pero no se tienen fechas máximas de liberación para controlar una vía libre oportuna.	N° restricciones por área
Planificación semanal	Detalle de causas de no cumplimiento.	Se implementa y se tienen resultados	Ninguno.	PAC semanal PAC acumulado Calificación integral semanal Calificación integral acumulada
	Énfasis en buscar la causa raíz de los incumplimientos.	Se implementa y se tienen resultados	No era costumbre en las reuniones de planificación semanal, con el tiempo debe crearse la cultura.	
	Formato de planificación semanal.	Se implementa y se tienen resultados	Adaptación inicial de ingenieros de gestión en cuanto al funcionamiento del formato.	
	Formato de calificación a subcontratistas.	Se implementa y se tienen resultados.	Adaptación inicial de profesionales de obra en cuanto al manejo del formato, la calificación anteriormente era informal y subjetiva, hay algunas quejas por el trabajo extra que representa esta calificación.	
	Redefinición de variables de calificación al subcontratista	Se implementa y se tienen resultados.	Dificultad para decidir cómo se calificaría de forma objetiva a los subcontratistas, especialmente en calidad, pues la compañía no tiene rango de tolerancias establecido para validar los procesos constructivos.	
	Matriz de criterios de evaluación integral al subcontratista.	Se implementa y se tienen resultados.	Adaptación inicial de los ingenieros de gestión a los criterios de calificación binaria.	
	Listas de chequeo para evaluar variables de calificación.	Se implementa y se tienen resultados.	Algunos profesionales de obra son reacios a llevar control de las variables de calificación, especialmente en las obras donde no hay soporte de personal SST.	
	Sistema de ranking de calificación a subcontratistas.	Se implementa y se tienen resultados.	Ninguno.	

Tabla 46. Resumen trabajo de acompañamiento - Compañía 3

Nivel de planificación	Recomendación	Estado de implementación	Obstáculos en la implementación	Indicadores propuestos
Planificación general	Layout dinámico.	Se desarrolla informalmente.	Falta de práctica, es la primera obra piloto de la compañía como razón social.	Días de adelanto o atraso
	Actualización permanente del plan general.	Se implementa y se tienen resultados.	Tiempo que toma actualizar o ajustar la programación general, realizada con líneas de balance en Excel.	% días de adelanto o atraso
Planificación intermedia	Formato de planificación intermedia.	Se implementa y se tienen resultados.	Dificultad para establecer un horizonte de tiempo para los paquetes de actividades, requiere práctica conocer los tiempos de respuesta de las diferentes áreas de la compañía.	% restricciones totales liberadas
	Cultura de reunión semanal para socializar liberación de restricciones.	Se implementa y se tienen resultados.	La reunión en un principio no se realizaba rutinariamente, cuando se reconocieron las bondades de este nivel de planificación comenzó a tener rigurosidad.	N° restricciones por área
Planificación semanal	Detalle de causas de no cumplimiento.	Se implementa y se tienen resultados.	Ninguno.	PAC semanal PAC acumulado Calificación integral semanal Calificación integral acumulada
	Énfasis en buscar la causa raíz de los incumplimientos.	Se implementa y se tienen resultados.	No era costumbre en las reuniones de planificación semanal, con el tiempo debe crearse la cultura.	
	Formato de planificación semanal.	Se implementa y se tienen resultados.	Adaptación inicial de residente Lean y profesionales de obra en cuanto al funcionamiento del formato.	
	Formato de calificación a subcontratistas.	Se implementa y se tienen resultados.	Ninguno.	
	Redefinición de variables de calificación al subcontratista	Se implementa y se tienen resultados.	Dificultad para decidir cómo se calificaría de forma objetiva a los subcontratistas, especialmente en calidad, pues la compañía no tiene rango de tolerancias establecido para validar los procesos constructivos.	
	Matriz de criterios de evaluación integral al subcontratista.	Se implementa y se tienen resultados.	Adaptación inicial del residente Lean a los criterios de calificación binaria.	
	Listas de chequeo para evaluar variables de calificación.	Se implementa y se tienen resultados.	Ninguno, los profesionales de obra solicitan al residente lean las listas de chequeo pues tienen control sobre el desarrollo de asignaciones semanales.	
	Sistema de ranking de calificación a subcontratistas.	Se implementa y se tienen resultados.	Ninguno.	

ANEXOS

Tabla 47. Variables de calificación al subcontratista – Compañía 1

Variable	Peso sobre calificación integral	Criterio de evaluación integral	Peso sobre la variable	Responsables de la calificación
Cumplimiento	30%	PAC semanal	80%	Residente de obra
		Cumplimiento oportuno diario	10%	Residente Lean
		Asistencia a la reunión de planificación semanal	5%	Residente Lean
		Asistencia a la reunión diaria	5%	Residente Lean
Calidad	25%	Daños o afectaciones a otras actividades	33%	Residente de obra, interventor, maestro de obra
		Buena ejecución al proceso ejecutivo	33%	Residente de obra, interventor, encargado
		Vale de recibo de actividades (si aplica)	33%	Residente de obra, interventor, encargado
Seguridad	25%	Previos	17%	Personal SST
		Inicio de actividad	17%	Personal SST
		Ejecución de actividad	17%	Residente de obra, interventor, maestro de obra, personal SST
		Comprobantes y liquidaciones (si aplica)	17%	Personal SST
		Numero promedio de trabajadores	-	Residente Lean
		Numero de inasistencias injustificadas	17%	Personal SST
		Numero de faltas o infracciones en temas de SST	17%	Personal SST
Orden y aseo	10%	Orden y aseo en actividades entregadas	50%	Residente de obra, interventor, maestro de obra
		Orden y aseo en general	50%	Residente de obra, interventor, maestro de obra, personal SST
Materiales herramientas y equipo	10%	Manejo y almacenamiento de materiales	25%	Maestro, residente de obra y almacenista
		Manejo adecuado del equipo	25%	Residente de obra, interventor, maestro
		Estado de la herramienta y equipo devuelto	25%	Almacenista y auxiliar de almacén
		Entrega diaria de herramienta y equipo	25%	Almacenista y auxiliar de almacén

EVALUACIÓN INTEGRAL DEL CONTRATISTA ÁREA DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL			CUMPLIMIENTO					CALIDAD							
			PAC	Cumplimiento diario oportuno	Asistencia al comité semanal	Asistencia a la reunión diaria	CALIFICACIÓN	Daños o afectaciones a otras actividades			Buena ejecución del proceso constructivo			Vale de recibo de actividad	CALIFICACIÓN
Residente de obra	Interventor	Maestro de obra						Residente de obra	Interventor	Maestro de obra					
PS	CONTRATISTA	LABOR REALIZADA													
31	CONTRATISTA 1	Mampostería interior (15x30)	1,00	1	0	1	95%	1	1	1	1	1	1	N/A	100%
31	CONTRATISTA 2	Instalaciones electricas	1,00	1	1	0	95%	1	0	0	1	1	1	N/A	50%
31	CONTRATISTA 3	Instalación ventanas	1,00	0	0	0	80%	1	1	1	1	0	1	N/A	50%
31	CONTRATISTA 4	Estuco,pintura y drywall	0,48	1	1	1	58%	1	1	1	1	1	1	N/A	100%
31	CONTRATISTA 5	Enchape pared	0,69	1	1	1	75%	1	0	1	1	1	1	N/A	50%
31	CONTRATISTA 6	Revoque (Fachada)	0,91	1	1	1	93%	0	1	0	1	1	1	N/A	50%
31	CONTRATISTA 7	Instalaciones hidraulicas	0,50	0	1	0	45%	0	1	0	1	0	1	N/A	0%
31	CONTRATISTA 8	Instalación RCI	0,96	1	0	0	87%	1	1	1	1	1	1	N/A	100%
31	CONTRATISTA 9	Resane grueso	0,50	1	1	0	55%	1	1	1	1	1	0	N/A	50%
31	CONTRATISTA 10	Instalación pasamanos metálico	0,00	0	0	0	0%	1	0	1	1	1	1	N/A	50%
32	CONTRATISTA 1	Mampostería interior (15x30)	0,8	1	0	0	74%	1	1	1	1	1	1	N/A	100%
32	CONTRATISTA 2	Instalaciones electricas	1	1	1	1	100%	0	0	1	1	0	1	N/A	0%
32	CONTRATISTA 3	Instalaciones hidraulicas	1	1	1	0	95%	1	0	1	1	0	1	N/A	0%
32	CONTRATISTA 4	Estuco,pintura y drywall	1	1	1	1	100%	1	1	1	1	1	1	N/A	100%
32	CONTRATISTA 5	Enchape pared	0,86	1	1	1	89%	1	1	1	1	1	1	N/A	100%
32	CONTRATISTA 6	Revoque (Interior)	0,75	1	1	1	80%	0	1	1	1	1	1	N/A	50%
32	CONTRATISTA 7	Instalación RCI	1	1	1	0	95%	1	1	1	1	1	1	N/A	100%
32	CONTRATISTA 8	Instalación shut	0	0	0	0	0%	0	1	1	1	1	1	N/A	50%
32	CONTRATISTA 9	Resane grueso	1	0	1	1	90%	1	0	1	1	1	1	N/A	50%
32	CONTRATISTA 10	Instalación pasamanos metálico	0	0	0	0	0%	1	0	1	1	1	1	N/A	50%

Ilustración 7. Formato de evaluación integral del subcontratista – Compañía 1 (1 de 3)

EVALUACIÓN INTEGRAL DEL CONTRATISTA ÁREA DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL			SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO											
			Previos	Inicio de actividad	Ejecución de la actividad					Comprobantes liquidaciones	Nro. de trabajadores promedio por semana	Nro. de inasistencias por causas injustificadas	Nro. faltas o infracciones en temas de SST	CALIFICACIÓN
PS	CONTRATISTA	LABOR REALIZADA			Residente de obra	Interventor	Residente lean	Maestro de obra	SST					
31	CONTRATISTA 1	Mampostería interior (15x30)	1	1	1	0	1	1	1	0	5	4	0	50%
31	CONTRATISTA 2	Instalaciones electricas	1	1	1	1	1	1	1	N/A	6	0	0	100%
31	CONTRATISTA 3	Instalación ventanas	1	1	1	1	1	1	1	N/A	2	0	0	100%
31	CONTRATISTA 4	Estuco,pintura y drywall	1	0	1	1	1	1	0	0	5	0	0	50%
31	CONTRATISTA 5	Enchape pared	1	1	1	1	1	1	1	0	13	5	0	67%
31	CONTRATISTA 6	Revoque (Fachada)	0	0	1	1	1	1	0	N/A	6	0	0	40%
31	CONTRATISTA 7	Instalaciones hidraulicas	1	1	1	1	1	1	1	0	3	0	0	83%
31	CONTRATISTA 8	Instalación RCI	1	1	1	1	1	1	1	N/A	3	1	0	80%
31	CONTRATISTA 9	Resane grueso	1	0	1	1	1	1	0	0	6	1	0	33%
31	CONTRATISTA 10	Instalación pasamanos metálico	1	0	1	1	1	1	0	N/A	2	0	1	40%
32	CONTRATISTA 1	Mampostería interior (15x30)	1	1	1	1	1	1	1	0	3	0	0	83%
32	CONTRATISTA 2	Instalaciones electricas	1	1	1	1	1	1	1	N/A	5	0	0	100%
32	CONTRATISTA 3	Instalaciones hidraulicas	1	1	1	1	1	1	1	N/A	3	0	0	100%
32	CONTRATISTA 4	Estuco,pintura y drywall	1	0	1	1	1	1	0	N/A	4	1	0	40%
32	CONTRATISTA 5	Enchape pared	1	1	1	1	1	1	1	1	11	3	0	83%
32	CONTRATISTA 6	Revoque (Interior)	1	0	1	1	1	1	0	N/A	6	0	0	60%
32	CONTRATISTA 7	Instalación RCI	1	1	1	1	1	1	1	N/A	3	3	0	80%
32	CONTRATISTA 8	Instalación shut	1	1	1	1	1	1	1	N/A	1	0	0	100%
32	CONTRATISTA 9	Resane grueso	1	0	1	1	1	1	0	N/A	7	3	0	40%
32	CONTRATISTA 10	Instalación pasamanos metálico	1	0	1	1	1	1	0	N/A	2	0	0	60%

Ilustración 8. Formato de evaluación integral del subcontratista – Compañía 1 (2 de 3)

CHECK LIST DIARIO RESIDENTE - CONTRATISTAS													Rev.	
													Página	
Proyecto:						Contratista:								
ACTIVIDAD:						Reportado a / cargo:								
ASPECTOS A EVALUAR		LUN		MAR		MIE		JUE		VIE		SAB		ACCIONES DE MEJORAMIENTO
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
Calidad	Daños o afectaciones a otras actividades													
	Buena ejecucion del proceso constructivo													
Seguridad	Ejecucion de la actividad "uso de EPI"													
Orden y aseo	Orden y aseo general en el desarrollo de la actividad													
	Orden y aseo en las actividades entregadas													
Materiales, herramientas y equipo	Manejo y almacenamiento de materiales													
	Manejo adecuado del equipo													
OBSERVACIONES/RECOMENDACIONES :														
ENTERADO RESPONSABLE ÁREA						FECHA			FECHA CORRECTIVOS				FIRMA	

Ilustración 10. Ejemplo de lista de chequeo – Compañía 1

Tabla 48. Variables de calificación al subcontratista – Compañía 2

Variable	Peso sobre calificación integral	Criterio de evaluación integral	Peso sobre la variable	Responsables de la calificación
Cumplimiento	25%	PAC semanal	90%	Ingeniero de gestión
		Asistencia al comité de obra semanal	10%	Ingeniero de gestión
Calidad	25%	Cuidado de la actividad previa	25%	Director de obra, inspector de obra e ingeniero de gestión
		Manejo adecuado de materiales y/o insumos	25%	Director de obra, inspector de obra, ingeniero de gestión, coordinador administrativo y auxiliar de almacén
		Verificación listas de chequeo	25%	Inspector de obra
		Calidad del concreto	25%	Director de obra, inspector de obra e ingeniero de gestión
Seguridad	17%	Evidencia seguridad social	20%	Personal SST o ingeniero de gestión
		Suministro y uso de EPIS	20%	Personal SST o ingeniero de gestión
		% accidentes de trabajo	20%	Personal SST o ingeniero de gestión
		Participación en actividades de seguridad	20%	Personal SST o ingeniero de gestión
		Trabajo seguro en alturas	20%	Personal SST o ingeniero de gestión
Orden y aseo	17%	Orden y aseo según inspección	50%	Personal SST o ingeniero de gestión
		Orden y aseo en general	50%	Director de obra, inspector de obra, ingeniero de gestión, coordinador administrativo y auxiliar de almacén
Recursos	17%	Consumo y disponibilidad de materiales y equipo	50%	Director de obra, inspector de obra, ingeniero de gestión, coordinador administrativo y auxiliar de almacén
		Manejo adecuado del equipo	50%	Auxiliar de almacén

CONSOLIDADO EVALUACIÓN INTEGRAL DEL CONTRATISTA ÁREA DE GESTIÓN INTEGRAL			CALIFICACIÓN ACUMULADA						RANKING
CONTRATISTA	LABOR REALIZADA	SEMANAS LABORADAS	CUMPLIMIENTO	CALIDAD	SEGURIDAD	ORDEN Y ASEO	RECURSOS	CALIFICACIÓN INTEGRAL	
CONTRATISTA 1	Estructura en concreto	5	78%	80%	88%	60%	70%	76%	REGULAR
CONTRATISTA 2	Instalaciones hidrosanitarias	5	74%	80%	100%	80%	80%	82%	BUENO
CONTRATISTA 3	Instalaciones eléctricas	5	65%	87%	100%	90%	80%	83%	BUENO

Ilustración 11. Formato consolidado de valuación a subcontratistas - Compañía 2

ALIMENTADORES DE VARIABLES EVALUACIÓN INTREGAL DEL CONTRATISTA ÁREA DE GESTIÓN INTEGRAL			CUMPLIMIENTO			SEGURIDAD						
			PAC semanal	Asistencia reunión semanal	CALIFICACIÓN	Evidencia seguridad	Suministro y uso de EPIs	Asistencia a charlas e inducción	Accidentalidad		Trabajo seguro en alturas	CALIFICACIÓN
SEMANA	CONTRATISTA	LABOR REALIZADA							# trabajadores promedio / semana	# de accidentes de trabajo		
2	CONTRATISTA 1	Estructura en concreto	80%	1	82%	0	1	1	27	0	1	80%
2	CONTRATISTA 2	Instalaciones hidrosanitarias	60%	1	64%	1	1	1	6	0	1	100%
2	CONTRATISTA 3	Instalaciones eléctricas	50%	1	55%	1	1	1	4	0	1	100%
3	CONTRATISTA 1	Estructura en concreto	76%	1	78%	1	1	1	32	0	1	100%
3	CONTRATISTA 2	Instalaciones hidrosanitarias	66%	1	69%	1	1	1	6	0	1	100%
3	CONTRATISTA 3	Instalaciones eléctricas	80%	1	82%	1	1	1	4	0	1	100%
4	CONTRATISTA 1	Estructura en concreto	65%	1	69%	1	0	1	44	0	1	80%
4	CONTRATISTA 2	Instalaciones hidrosanitarias	57%	1	61%	1	1	1	5	0	1	100%
4	CONTRATISTA 3	Instalaciones eléctricas	50%	1	55%	1	1	1	4	0	1	100%
5	CONTRATISTA 1	Estructura en concreto	85%	1	87%	1	1	1	50	0	1	100%
5	CONTRATISTA 2	Instalaciones hidrosanitarias	90%	1	91%	1	1	1	6	0	1	100%
5	CONTRATISTA 3	Instalaciones eléctricas	55%	1	60%	1	1	1	4	0	1	100%
6	CONTRATISTA 1	Estructura en concreto	74%	1	77%	1	1	1	42	1	1	80%
6	CONTRATISTA 2	Instalaciones hidrosanitarias	80%	1	82%	1	1	1	6	0	1	100%
6	CONTRATISTA 3	Instalaciones eléctricas	69%	1	72%	1	1	1	3	0	1	100%

Ilustración 12. Formato de evaluación integral del subcontratista – Compañía 2 (1 de 3)

ALIMENTADORES DE VARIABLES EVALUACIÓN INTREGAL DEL CONTRATISTA ÁREA DE GESTIÓN INTEGRAL			ORDEN Y ASEO													RECURSOS						CALIFICACIÓN INTREGAL							
			Orden y aseo según formato de inspección										Orden y aseo general en la obra			CALIFICACIÓN	Consumo y disponibilidad de materiales y equipo			Cuidado maquinaria y equipo			CALIFICACIÓN						
SEMANA	CONTRATISTA	LABOR REALIZADA	Escaleras del andamio	Escaleras	Andamio Colgante	Encofrado Losas	Desencofrado	Cortadoras	Ranas, canchales, taladros	Actividades	Plumas Pequeñas	Concretadoras y Rampas	Almacenamiento	Rampas de Circulación	Director de Obra		Ingeniero de Gestión	Inspector	Coordinador Administrativo	Auxiliar de almacén	Director de Obra	Ingeniero de Gestión		Inspector	Coordinador Administrativo	Auxiliar de almacén	Cantidad prestada	Cantidad devuelta	CALIFICACIÓN
2	CONTRATISTA 1	Estructura en concreto													0	0	0	1	1	50%	1	1	1	0	1	1	1	50%	67%
2	CONTRATISTA 2	Instalaciones hidrosanitarias													1	1	1	1	1	100%	1	1	1	0	0	1	1	50%	83%
2	CONTRATISTA 3	Instalaciones eléctricas													1	1	1	1	1	100%	1	1	1	1	1	1	1	100%	89%
3	CONTRATISTA 1	Estructura en concreto													0	0	0	0	1	50%	1	1	1	1	1	1	1	100%	86%
3	CONTRATISTA 2	Instalaciones hidrosanitarias													0	1	1	1	1	50%	1	1	1	1	1	1	1	100%	84%
3	CONTRATISTA 3	Instalaciones eléctricas													1	1	1	1	1	100%	1	1	1	1	1	1	1	100%	96%
4	CONTRATISTA 1	Estructura en concreto													1	1	0	1	1	50%	0	0	1	0	1	0	0	50%	72%
4	CONTRATISTA 2	Instalaciones hidrosanitarias													1	1	1	1	1	100%	1	1	1	1	1	1	1	100%	74%
4	CONTRATISTA 3	Instalaciones eléctricas													1	1	1	1	1	100%	1	1	1	1	1	0	0	100%	80%
5	CONTRATISTA 1	Estructura en concreto													1	1	1	1	1	100%	1	1	1	1	1	1	1	100%	88%
5	CONTRATISTA 2	Instalaciones hidrosanitarias													1	1	1	1	1	100%	1	1	1	1	1	1	1	100%	98%
5	CONTRATISTA 3	Instalaciones eléctricas													1	1	1	1	1	100%	1	1	1	0	0	0	0	50%	82%
6	CONTRATISTA 1	Estructura en concreto													1	1	0	1	1	50%	1	1	0	1	0	1	1	50%	66%
6	CONTRATISTA 2	Instalaciones hidrosanitarias													1	1	0	1	1	50%	1	1	0	1	0	1	1	50%	71%
6	CONTRATISTA 3	Instalaciones eléctricas													1	1	0	1	1	50%	1	1	0	1	1	1	1	50%	68%

Ilustración 14. Formato de evaluación integral del subcontratista - Compañía 2 (3 de 3)

REUNIÓN DE PLANIFICACIÓN INTERMEDIA																															
ACTIVIDAD	UBICACIÓN	FECHA INICIO	FECHA FIN	DISEÑO				MATERIALES					CONTRATOS / SUMINISTRO MAYOR Y MENOR CUANTIA																		
				Planos	Especificaciones Instalación	Especificaciones	Modificaciones o ajustes en diseño	Cantidades de obra	Requerimiento de compra	Orden de compra	Logística de disposición en sitio	Llegada de material	Pliegos de solicitud de contratación	Envío a proveedor	Recibo de propuestas	Cuadro comparativo	Adjudicación de contrato	Minuta de contrato	Legalización del contrato	Pólizas	Validación de pólizas	Entrega de anticipo	Fabricación	Disponibilidad de almacenamiento	Recibo de insumos	Transporte interno					
				Estado	Estado	Estado	Estado	Estado	Estado	Estado	Estado	Estado	Estado	Estado	Estado	Estado	Estado	Estado	Estado	Estado	Estado	Estado	Estado	Estado	Estado	Estado	Estado	Estado			
CIMENTACIÓN	TORRE 1	5/10/2017	16/12/2017	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
MUROS Y LOSAS DE ENTREPISO	Torre 1 Pisos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9	18/12/2017	11/01/2018	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
ESCALAS	Torre 1 Pisos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9	10/01/2018	25/01/2018	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
INSTALACIONES ELÉCTRICAS	Torre 1 Pisos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9	18/12/2017	27/01/2018	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
INSTALACIONES SANITARIAS	Torre 1 Pisos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9	18/12/2017	27/01/2018	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	N.A	N.A	OK	OK	OK	N.A
RESANE/REVOQUE/CARTERA	TORRE 1	13/01/2018	1/02/2018	N.A	N.A	N.A	N.A	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	N.A	OK	OK	OK
RED DE GAS	TORRE 1	11/01/2018	12/02/2018	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	PEND	PEND	PEND	PEND	PEND	PEND
PUERTAS PRINCIPALES	TORRE 1	11/01/2018	20/02/2018	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	PEND	PEND	PEND	PEND	PEND	PEND	PEND	PEND
BARANDAS	TORRE 1	31/01/2018	23/02/2018	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	PEND	PEND	PEND	PEND	PEND	PEND	PEND	PEND

Ilustración 15. Formato de planificación intermedia - Compañía 2 (1 de 2)

REUNIÓN DE PLANIFICACIÓN INTERMEDIA																				
ACTIVIDAD	UBICACIÓN	FECHA INICIO	FECHA FIN	MANO DE OBRA								HERRAMIENTA Y EQUIPO			Actividad previa	EJECUTABLE				OBSERVACIONES / COMPROMISOS
				Pliego de solicitud de cotizaciones	Envío de cotizaciones	Cuadro comparativo	Adjudicación del contrato	Validación requerimientos SST	Reunión de inicio	Logística interna	Maquinaria y equipo	Herramienta y equipo	Logística de disposición en sitio	CUMPLEN		PENDIENTES	% LIBERACIÓN	ESTADO		
				Estado	Estado	Estado	Estado	Estado	Estado	Estado	Estado	Estado	Estado	Estado		Estado	Estado			
CIMENTACIÓN	TORRE 1	5/10/2017	16/12/2017	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	29	0	100%	LIBERADA	
MUROS Y LOSAS DE ENTREPISO	Torre 1 Pisos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9	18/12/2017	11/01/2018	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	29	0	100%	LIBERADA	
ESCALAS	Torre 1 Pisos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9	10/01/2018	25/01/2018	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	29	0	100%	LIBERADA	
INSTALACIONES ELÉCTRICAS	Torre 1 Pisos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9	18/12/2017	27/01/2018	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	N.A	N.A	N.A	OK	26	0	100%	LIBERADA	
INSTALACIONES SANITARIAS	Torre 1 Pisos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9	18/12/2017	27/01/2018		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	N.A	N.A	N.A	OK	27	0	100%	LIBERADA	
RESANE/REVOQUE/CARTERA	TORRE 1	13/01/2018	1/02/2018	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	29	0	100%	LIBERADA	
RED DE GAS	TORRE 1	11/01/2018	12/02/2018	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	PEND	8	7	53%	NO LIBERADA	La instalación de Gas es externa todo costo
PUERTAS PRINCIPALES	TORRE 1	11/01/2018	20/02/2018												PEND	6	9	40%	NO LIBERADA	
BARANDAS	TORRE 1	31/01/2018	23/02/2018												PEND	6	9	40%	NO LIBERADA	

Ilustración 16. Formato de planificación intermedia - Compañía 2 (2 de 2)

REGISTRO PLANIFICACIÓN Y CONTROL SEMANAL ÁREA DE GESTIÓN INTEGRAL			OBRA		X			FECHA DE REGISTRO	7/12/2017	F-CON-001 V-002								
			SEMANA		JUEVES 07 DE DICIEMBRE AL MIERCOLES 13 DE DICIEMBRE			FECHA DE CALIFICACIÓN	14/12/2017									
ACTIVIDAD	UBICACIÓN	RESPONSABLE	CANTIDAD ESPERADA	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD EJECUTADA	% ALCANZADO	CALIFICACIÓN	Carta Gantt Semanal							CAUSA DE NO CUMPLIMIENTO	OBSERVACIONES		
								L	M	W	J	V	S	D				
Vaciado concreto losa de contrapiso Aptos 1 y 4	Torre 1 Aptos 1 y 4	CONTRATISTA 1	2	apto	2	100%	1											
Curado concreto losa de contrapiso Aptos 1 y 4	Torre 1 Aptos 1 y 4	CONTRATISTA 1	2	apto	2	100%	1											
Cimentación - instalación de casetones Aptos 1, 2, 3 y 4	Torre 1 Aptos 1 - 4	CONTRATISTA 1	4	apto	4	100%	1											
Armada de acero foso de ascensor	Torre 1	CONTRATISTA 1	1	foso	0	0%	0										Mano de obra insuficiente.	
Entrega de acero post - vaciado Aptos 1 - 4	Torre 1 Aptos 1 - 4	CONTRATISTA 1	4	apto	0	0%	0										Mano de obra insuficiente.	
Armado de parrilla inferior losa de contrapiso Aptos 2 y 3	Torre 2 Aptos 2 y 3	CONTRATISTA 1	2	apto	2	100%	1											
Vaciado concreto losa de contrapiso punto fijo	Torre 1	CONTRATISTA 1	1	punto fijo	0	0%	0										Actividad predecesora no ejecutada.	No se habia organizado el acero del foso del ascensor.
Vaciado torta superior Aptos 6 y 7	Torre 1 Aptos 6 y 7	CONTRATISTA 1	2	apto	0	0%	0										Dificultades técnicas.	Ajustes a los detalles.
Vaciado concreto losa de contrapiso punto fijo	Torre 1	CONTRATISTA 1	1	punto fijo	0	0%	0										Actividad predecesora no ejecutada.	
Instalación de aguas lluvias aptos 1, 2, 3 y 4	Torre 1 Aptos 1 - 4	CONTRATISTA 2	4	apto	4	100%	1											
Armado instalación hidráulica Aptos 5, 6, 7, y 8	Torre 1 Aptos 5-8	CONTRATISTA 2	4	apto	4	100%	1											
Realizar pruebas hidráulicas	Torre 1	CONTRATISTA 2	1	piso	1	100%	1											
Instalación sanitaria aptos 1 - 4	Torre 2 aptos 1 - 4	CONTRATISTA 2	4	apto	4	100%	1											
Construcción de cañuelas y tapas cajas de alcantarillado sanitario	Torre 1	CONTRATISTA 2	12	cajas	6	50%	0										Dificultades técnicas.	
Instalaciones Electricas tubería	Torre 1 Aptos 5-8	CONTRATISTA 3	4	apto	4	100%	1											
Instalaciones Electricas tubería	Torre 1 punto fijo	CONTRATISTA 3	1	punto fijo	1	100%	1											
Instalaciones Electricas tubería	Torre 1 Aptos 2 y 3	CONTRATISTA 4	2	apto	2	100%	1											

Ilustración 17. Formato de planificación semanal - Compañía 2

Tabla 49. Variables de calificación al subcontratista – Compañía 3

Variable	Peso sobre calificación integral	Criterio de evaluación integral	Peso sobre la variable	Responsables de la calificación
Cumplimiento	40%	PAC semanal	60%	Residente técnico, residente Lean
		Porcentaje de avance ejecutado	35%	Residente técnico, residente Lean
		Asistencia a la reunión de planificación semanal	5%	Residente Lean
Calidad	30%	Calidad de las actividades realizadas	50%	Residente técnico, interventor
		Cuidado de la actividad previa	30%	Residente técnico, interventor
		Manejo adecuado de materiales y/o insumos	20%	Residente técnico, interventor
Seguridad	10%	Evidencia de seguridad social	17%	Personal SST
		Suministro y uso de EPIs	17%	Personal SST, interventor
		Participación en actividades de seguridad	17%	Personal SST
		Número de accidentes de trabajo	17%	Personal SST
		Uso seguro de herramientas y equipos	17%	Personal SST, interventor
		Trabajo seguro en alturas	17%	Personal SST, interventor
Orden y aseo	10%	Orden y aseo en actividades entregadas	50%	Residente técnico, interventor
		Orden y aseo general de la obra	50%	Residente técnico, interventor y profesional SST
Compromiso	10%	Disposición del subcontratista	33%	Residente técnico
		Uso adecuado de herramientas y equipo	33%	Residente técnico
		Cuidado de herramienta y equipo	33%	Almacenista

CONSOLIDADO EVALUACIÓN INTEGRAL DEL CONTRATISTA ÁREA LEAN CONSTRUCTION			CALIFICACIÓN ACUMULADA						RANKING
			CUMPLIMIENTO	CALIDAD	SEGURIDAD	ORDEN Y ASEO	COMPROMISO	CALIFICACIÓN INTEGRAL	
CONTRATISTA	LABOR REALIZADA	SEMANAS LABORADAS							
CONTRATISTA 1	Micropilotes	4	83%	94%	74%	96%	75%	86%	MEDIO
CONTRATISTA 2	Estructura	4	84%	84%	66%	79%	100%	83%	MEDIO
CONTRATISTA 3	Varios	5	N/A	100%	81%	97%	100%	96%	ALTO

Ilustración 18. Formato consolidado de valuación a subcontratistas - Compañía 3

ALIMENTADORES DE VARIABLES EVALUACIÓN INTEGRAL DEL CONTRATISTA ÁREA LEAN CONSTRUCTION			CUMPLIMIENTO (40%)				CALIDAD (30%)						
			PAC semanal (60%)	Porcentaje de avance ejecutado (35%)	Asistencia a la reunión de planificación semanal (5%)	CALIFICACIÓN	Calidad de las actividades realizadas (50%)		Cuidado de la actividad previa (30%)		Manejo adecuado de materiales y/o insumos (20%)		CALIFICACIÓN
SEMANA	CONTRATISTA	LABOR REALIZADA					Residente técnico	Interventoria	Residente técnico	Interventoria	Residente técnico	Interventoria	
DESDE: 30/11/17		HASTA: 06/12/17											
5	CONTRATISTA 1	Estructura	70%	90%	1	79%	1	1	1	1	1	1	100%
5	CONTRATISTA 2	Micropilotes	100%	100%	1	100%	1	1	1	1	1	1	100%
5	CONTRATISTA 3	Varios	80%	80%	1	81%	1	1	1	1	1	1	100%
6	CONTRATISTA 1	Micropilotes	100%	100%	1	100%	1	1	1	1	1	1	100%
6	CONTRATISTA 2	Estructura	50%	90%	1	67%	1	1	1	1	1	1	100%
6	CONTRATISTA 3	Varios	70%	80%	1	75%	1	1	1	1	1	1	100%
7	CONTRATISTA 1	Micropilotes	100%	100%	1	100%	0	1	1	1	1	1	75%
7	CONTRATISTA 2	Estructura	100%	100%	1	100%	0	1	1	1	1	1	75%
7	CONTRATISTA 3	Varios	80%	100%	1	88%	1	1	1	1	1	1	100%
8	CONTRATISTA 1	Micropilotes	0%	75%	1	31%	1	1	1	1	1	1	100%
8	CONTRATISTA 2	Estructura	67%	67%	1	69%	0,5	0,5	1	1	1	1	75%
8	CONTRATISTA 3	Varios	70%	50%	1	65%	1	1	1	1	1	1	100%
9	CONTRATISTA 1	Micropilotes	100%	100%	1	100%	1	1	1	1	1	1	100%
9	CONTRATISTA 2	Estructura	100%	100%	1	100%	0,5	1	1	1	1	1	88%
9	CONTRATISTA 3	Varios	85%	90%	1	88%	1	1	1	1	1	1	100%

Ilustración 19. Formato de evaluación integral del subcontratista – Compañía 3 (1 de 3)

ALIMENTADORES DE VARIABLES EVALUACIÓN INTEGRAL DEL CONTRATISTA ÁREA LEAN CONSTRUCTION			SEGURIDAD (10%)										CALIFICACIÓN
DESDE: 30/11/17		HASTA: 06/12/17	Evidencia seguridad social (cuando aplique) (20% o 16,67% o 0%)	Suministro y uso adecuado de EPIs (25% o 20% o 16,67%)		Asistencia a capacitaciones (25% o 20% o 16,67%)	Accidentes de trabajo (25% o 20% o 16,67%)		Uso seguro de herramientas y equipos (25% o 20% o 16,67%)		Trabajo seguro en alturas (cuando aplique) (20% o 16,67% o 0%)		
SEMANA	CONTRATISTA	LABOR REALIZADA		Profesional SST	Interventoría		Nº de accidentes	Nº de trabajadores promedio en la semana	Profesional SST	Interventoría	Profesional SST	Interventoría	
5	CONTRATISTA 1	Estructura	N/A	0	0	1	0	17	1	1	N/A	N/A	⚠️ 75%
5	CONTRATISTA 2	Micropilotes	N/A	1	0	1	0	19	0	1	N/A	N/A	⚠️ 75%
5	CONTRATISTA 3	Varios	N/A	0	1	1	0	6	1	1	N/A	N/A	✅ 88%
6	CONTRATISTA 1	Micropilotes	N/A	1	1	1	0	19	0	1	N/A	N/A	✅ 88%
6	CONTRATISTA 2	Estructura	N/A	1	0	1	0	15	1	1	N/A	N/A	✅ 88%
6	CONTRATISTA 3	Varios	N/A	1	1	1	0	6	1	1	N/A	N/A	✅ 100%
7	CONTRATISTA 1	Micropilotes	1	0	1	0	0	19	1	1	N/A	N/A	❌ 70%
7	CONTRATISTA 2	Estructura	1	0	1	0	1	17	1	1	N/A	N/A	❌ 69%
7	CONTRATISTA 3	Varios	1	0	0	1	0	7	1	1	N/A	N/A	⚠️ 80%
8	CONTRATISTA 1	Micropilotes	N/A	0	1	0	0	19	1	1	N/A	N/A	❌ 63%
8	CONTRATISTA 2	Estructura	N/A	0	0	0	2	17	1	1	N/A	N/A	❌ 47%
8	CONTRATISTA 3	Varios	N/A	0	1	0	0	7	1	1	1	N/A	❌ 63%
9	CONTRATISTA 1	Micropilotes	N/A	1	1	0	0	19	1	1	N/A	N/A	⚠️ 75%
9	CONTRATISTA 2	Estructura	N/A	1	0	0	0	17	1	1	1	0	❌ 60%
9	CONTRATISTA 3	Varios	N/A	1	1	0	0	7	1	1	N/A	N/A	⚠️ 75%

Ilustración 20. Formato de evaluación integral del subcontratista – Compañía 3 (2 de 3)

ALIMENTADORES DE VARIABLES EVALUACIÓN INTREGAL DEL CONTRATISTA ÁREA LEAN CONSTRUCTION			ORDEN Y ASEO (10%)						COMPROMISO (10%)				CALIFICACIÓN INTREGAL
			Orden y aseo en actividades entregadas (50%)		Orden y aseo general en la obra (50%)			CALIFICACIÓN	Disposición del contratista (33%)	Uso adecuado de herramienta y equipo (33%)	Ciudadanía de herramienta y equipo (33%)	CALIFICACIÓN	
DESDE: 30/11/17	HASTA: 06/12/17		Residente técnico	Interventoría	Residente técnico	Interventoría	Profesional SST		Residente técnico	Residente técnico			
SEMANA	CONTRATISTA	LABOR REALIZADA											
5	CONTRATISTA 1	Estructura	1	0	1	1	1	🟡 75%	0,5	1	1	🟡 83%	🟡 85%
5	CONTRATISTA 2	Micropilotes	1	0	1	1	0	🔴 58%	0,5	0	1	🔴 50%	🟢 88%
5	CONTRATISTA 3	Varios	1	1	1	1	0	🟡 83%	1	1	1	🟢 100%	🟢 89%
6	CONTRATISTA 1	Micropilotes	1	1	1	1	0	🟡 83%	1	1	1	🟢 100%	🟢 97%
6	CONTRATISTA 2	Estructura	1	0	1	1	1	🟡 75%	1	1	1	🟢 100%	🟡 83%
6	CONTRATISTA 3	Varios	1	1	1	1	1	🟢 100%	1	1	1	🟢 100%	🟢 90%
7	CONTRATISTA 1	Micropilotes	1	1	1	1	1	🟢 100%	1	0	1	🔴 67%	🟢 86%
7	CONTRATISTA 2	Estructura	1	1	0	0	1	🔴 67%	1	1	1	🟢 100%	🟢 86%
7	CONTRATISTA 3	Varios	1	1	1	1	1	🟢 100%	1	1	1	🟢 100%	🟢 93%
8	CONTRATISTA 1	Micropilotes	1	1	1	1	1	🟢 100%	1	0	1	🔴 67%	🔴 65%
8	CONTRATISTA 2	Estructura	0	1	1	1	1	🟡 75%	1	1	1	🟢 100%	🟡 72%
8	CONTRATISTA 3	Varios	1	1	1	1	1	🟢 100%	1	1	1	🟢 100%	🟡 82%
9	CONTRATISTA 1	Micropilotes	1	1	1	1	1	🟢 100%	1	0	1	🔴 67%	🟢 94%
9	CONTRATISTA 2	Estructura	1	1	1	1	1	🟢 100%	1	1	1	🟢 100%	🟢 92%
9	CONTRATISTA 3	Varios	1	1	1	1	1	🟢 100%	1	1	1	🟢 100%	🟢 93%

Ilustración 21. Formato de evaluación integral del subcontratista – Compañía 3 (3 de 3)

CHECK LIST DIARIO RESIDENTE TECNICO - CONTRATISTAS													Desde:	23/11/2017
													Hasta:	29/11/2017
CONTRATISTA:								ACTIVIDAD:						
ASPECTOS A EVALUAR		JUE		VIE		SAB		LUN		MAR		MIE		ACCIONES DE MEJORAMIENTO
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
Calidad	Calidad de las actividades realizadas													
	Cuidado de la actividad previa													
	Manejo adecuado de materiales y/o insumos													
Orden y aseo	Orden y aseo general en actividades entregadas													
	Orden y aseo general en la obra													
Compromiso	Disposición del contratista													
	Uso adecuado de herramienta y equipo													
OBSERVACIONES/RECOMENDACIONES :														

Ilustración 22. Ejemplo de lista de chequeo - Compañía 3

PROGRAMACIÓN INTERMEDIA DE OBRA																				
LEAN CONSTRUCTION																				
PROYECTO:				x																
No.	SECTOR	ACTIVIDAD	FECHA INICIO ACTIVIDAD EN PROGRAMACION DE OBRA	DIAS PARA COMENZAR LA ACTIVIDAD	RESTRICCIONES															
					DISEÑO		MATERIALES						MANO DE OBRA							
					PLANOS	ESPECIFICACIONES	CUANTIFICACIÓN	SOLICITUD COTIZACIÓN	CUADRO COMPARATIVO	ADJUDICACIÓN	ORDEN DE COMPRA	PAGO ANTICIPO	CUANTIFICACIÓN	PLIEGO SOLICITUD	CUADRO COMPARATIVO	ADJUDICACIÓN	CONTRATO	VERIFICACIÓN SST		
					6 SEMANAS		5 SEMANAS						5 SEMANAS							
1	HV	ARMADO Y VACIADO CABEZOTES	30/11/2017	5.00	19/10/2017	19/10/2017	26/10/2017	2/11/2017	9/11/2017	9/11/2017	16/11/2017	23/11/2017	26/10/2017	2/11/2017	9/11/2017	9/11/2017	16/11/2017	23/11/2017		
					OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
					15/11/2017	15/11/2017	20/10/2017	20/10/2017	20/10/2017	20/10/2017	20/10/2017	20/10/2017	15/11/2017	20/10/2017	20/10/2017	20/10/2017	20/10/2017	15/11/2017	15/11/2017	15/11/2017
2	PL	ARMADO Y VACIADO CABEZOTES	18/11/2017	YA COMENZO	7/10/2017	7/10/2017	14/10/2017	21/10/2017	28/10/2017	28/10/2017	4/11/2017	11/11/2017	14/10/2017	21/10/2017	28/10/2017	28/10/2017	4/11/2017	11/11/2017		
					OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
					15/11/2017	15/11/2017	20/10/2017	20/10/2017	20/10/2017	20/10/2017	20/10/2017	20/10/2017	15/11/2017	20/10/2017	20/10/2017	20/10/2017	20/10/2017	15/11/2017	15/11/2017	15/11/2017
3	PL	ARMADO Y VACIADO VIGAS DE AMARRE	7/12/2017	12.00	26/10/2017	26/10/2017	2/11/2017	9/11/2017	16/11/2017	16/11/2017	23/11/2017	30/11/2017	2/11/2017	9/11/2017	16/11/2017	16/11/2017	23/11/2017	30/11/2017		
					OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
					15/11/2017	15/11/2017	20/10/2017	20/10/2017	20/10/2017	20/10/2017	20/10/2017	20/10/2017	15/11/2017	20/10/2017	20/10/2017	20/10/2017	20/10/2017	15/11/2017	15/11/2017	15/11/2017
4	PL	ARMADO Y VACIADO LOSA SOTANO	22/12/2017	27.00	10/11/2017	10/11/2017	17/11/2017	24/11/2017	1/12/2017	1/12/2017	8/12/2017	15/12/2017	17/11/2017	24/11/2017	1/12/2017	1/12/2017	8/12/2017	15/12/2017		
							OK	OK	OK	OK	OK			OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
							20/10/2017	20/10/2017	20/10/2017	20/10/2017	20/10/2017			20/10/2017	20/10/2017	20/10/2017	20/10/2017	15/11/2017	15/11/2017	15/11/2017
5	PL	ARMADO Y VACIADO COLUMNAS P1	28/11/2017	3.00	17/10/2017	17/10/2017	24/10/2017	31/10/2017	7/11/2017	7/11/2017	14/11/2017	21/11/2017	24/10/2017	31/10/2017	7/11/2017	7/11/2017	14/11/2017	21/11/2017		
					OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
					15/11/2017	15/11/2017	20/10/2017	20/10/2017	20/10/2017	20/10/2017	20/10/2017	15/11/2017	15/11/2017	20/10/2017	20/10/2017	20/10/2017	20/10/2017	15/11/2017	15/11/2017	15/11/2017
6	PL	ARMADO Y VACIADO LOSA P1	1/12/2017	6.00	20/10/2017	20/10/2017	27/10/2017	3/11/2017	10/11/2017	10/11/2017	17/11/2017	24/11/2017	27/10/2017	3/11/2017	10/11/2017	10/11/2017	17/11/2017	24/11/2017		
							OK	OK	OK	OK	OK			OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
							20/10/2017	20/10/2017	20/10/2017	20/10/2017	20/10/2017			20/10/2017	20/10/2017	20/10/2017	20/10/2017	15/11/2017	15/11/2017	15/11/2017
7	PL	ARMADO Y VACIADO COLUMNAS P2	7/12/2017	12.00	26/10/2017	26/10/2017	2/11/2017	9/11/2017	16/11/2017	16/11/2017	23/11/2017	30/11/2017	2/11/2017	9/11/2017	16/11/2017	16/11/2017	23/11/2017	30/11/2017		
					OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
					15/11/2017	15/11/2017	20/10/2017	20/10/2017	20/10/2017	20/10/2017	20/10/2017	15/11/2017	15/11/2017	20/10/2017	20/10/2017	20/10/2017	20/10/2017	15/11/2017	15/11/2017	15/11/2017
8	PL	ARMADO Y VACIADO LOSA P2	12/12/2017	17.00	31/10/2017	31/10/2017	7/11/2017	14/11/2017	21/11/2017	21/11/2017	28/11/2017	5/12/2017	7/11/2017	14/11/2017	21/11/2017	21/11/2017	28/11/2017	5/12/2017		
							OK	OK	OK	OK	OK			OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
							20/10/2017	20/10/2017	20/10/2017	20/10/2017	20/10/2017			20/10/2017	20/10/2017	20/10/2017	20/10/2017	15/11/2017	15/11/2017	15/11/2017
9	PL	ARMADO Y VACIADO COLUMNAS P3	18/12/2017	23.00	6/11/2017	6/11/2017	13/11/2017	20/11/2017	27/11/2017	27/11/2017	4/12/2017	11/12/2017	13/11/2017	20/11/2017	27/11/2017	27/11/2017	4/12/2017	11/12/2017		
					OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
					15/11/2017	15/11/2017	20/10/2017	20/10/2017	20/10/2017	20/10/2017	20/10/2017	15/11/2017	15/11/2017	20/10/2017	20/10/2017	20/10/2017	20/10/2017	15/11/2017	15/11/2017	15/11/2017

Ilustración 23. Formato de planificación intermedia - Compañía 3 (1 de 2)

PROGRAMACIÓN INTERMEDIA DE OBRA																			
LEAN CONSTRUCTION																			
FECHA DE ACTUALIZACIÓN																			
25/11/2017																			
No.	SECTOR	ACTIVIDAD	RESTRICCIONES													EJECUTABLE		OBSERVACIONES	
			CONTRATOS TODO COSTO (SI APLICA)									HTAS Y EQUIPOS		LOGÍSTICA		% AVANCE	LIBERAR		
			CUANTIFICACIÓN	PLIEGO SOLICITUD	SOLICITUD COTIZACIÓN	CUADRO COMPARATIVO	ADJUDICACIÓN	ELABORACIÓN CONTRATO	POLIZAS CONTRATISTA	PAGO ANTICIPO	FABRICACIÓN	HERRAMIENTA	EQUIPOS	LOGISTICA	AVTIVIDAD PREVIA				INICIO ACTIVIDAD
			5 SEMANAS									1 SEMANA		1 SEMANA					
1	HV	ARMADO Y VACIADO CABEZOTES	26/10/2017	26/10/2017	2/11/2017	9/11/2017	9/11/2017	9/11/2017	16/11/2017	16/11/2017	23/11/2017	23/11/2017	23/11/2017	23/11/2017	29/11/2017	30/11/2017	84%	⊗	
			NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	OK	OK					
2	PL	ARMADO Y VACIADO CABEZOTES	14/10/2017	14/10/2017	21/10/2017	28/10/2017	28/10/2017	28/10/2017	4/11/2017	4/11/2017	11/11/2017	11/11/2017	11/11/2017	11/11/2017	17/11/2017	18/11/2017	100%	⊕	
			NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	OK	OK	OK	OK	OK			
3	PL	ARMADO Y VACIADO VIGAS DE AMARRE	2/11/2017	2/11/2017	9/11/2017	16/11/2017	16/11/2017	16/11/2017	23/11/2017	23/11/2017	30/11/2017	30/11/2017	30/11/2017	30/11/2017	6/12/2017	7/12/2017	89%	⊕	
			NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	OK	OK	OK					
4	PL	ARMADO Y VACIADO LOSA SOTANO	17/11/2017	17/11/2017	24/11/2017	1/12/2017	1/12/2017	1/12/2017	8/12/2017	8/12/2017	15/12/2017	15/12/2017	15/12/2017	15/12/2017	21/12/2017	22/12/2017	53%	⊗	
			NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA								
5	PL	ARMADO Y VACIADO COLUMNAS P1	24/10/2017	24/10/2017	31/10/2017	7/11/2017	7/11/2017	7/11/2017	14/11/2017	14/11/2017	21/11/2017	21/11/2017	21/11/2017	21/11/2017	27/11/2017	28/11/2017	89%	⊕	
			NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	OK	OK	OK					
6	PL	ARMADO Y VACIADO LOSA P1	27/10/2017	27/10/2017	3/11/2017	10/11/2017	10/11/2017	10/11/2017	17/11/2017	17/11/2017	24/11/2017	24/11/2017	24/11/2017	24/11/2017	30/11/2017	1/12/2017	53%	⊗	
			NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA								
7	PL	ARMADO Y VACIADO COLUMNAS P2	2/11/2017	2/11/2017	9/11/2017	16/11/2017	16/11/2017	16/11/2017	23/11/2017	23/11/2017	30/11/2017	30/11/2017	30/11/2017	30/11/2017	6/12/2017	7/12/2017	84%	⊗	
			NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	OK	OK						
8	PL	ARMADO Y VACIADO LOSA P2	7/11/2017	7/11/2017	14/11/2017	21/11/2017	21/11/2017	21/11/2017	28/11/2017	28/11/2017	5/12/2017	5/12/2017	5/12/2017	5/12/2017	11/12/2017	12/12/2017	53%	⊗	
			NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA								
9	PL	ARMADO Y VACIADO COLUMNAS P3	13/11/2017	13/11/2017	20/11/2017	27/11/2017	27/11/2017	27/11/2017	4/12/2017	4/12/2017	11/12/2017	11/12/2017	11/12/2017	11/12/2017	17/12/2017	18/12/2017	84%	⊗	
			NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	OK	OK						

Ilustración 24. Formato de planificación intermedia - Compañía 3 (2 de 2)

10. DISCUSIÓN FINAL

El *Last Planner® System*, herramienta de planificación y control de la construcción concebida dentro de los principios de la filosofía Lean, se comenzó a difundir hace aproximadamente diez años en el gremio constructor colombiano. La totalidad de compañías analizadas en el presente trabajo de investigación han implementado el LPS durante al menos dos años y los encargados del área Lean resaltan, entre otros, las mejoras en el cumplimiento del programa, el ajuste de las programaciones al desempeño real de los proyectos, la conciencia de compromiso de las personas, la comunicación formal con subcontratistas, el orden en el sitio de trabajo y la cultura de planificación en el personal involucrado. Sin embargo, aún no se han establecido sistemas de indicadores de desempeño que relacionen directamente la implementación de LPS con los resultados finales del proyecto; además, se encuentran todavía numerosas falencias en la etapa de aplicación y sostenimiento de la metodología en el tiempo que no permiten obtener el máximo beneficio de la misma.

A partir de la información recopilada en campo, la cual fue posteriormente tabulada, codificada y analizada, se puso de manifiesto la falta de interiorización del sistema, desde los encargados del área Lean o productividad, hasta los subcontratistas y personal operativo, último eslabón de la cadena de planificación. Los principios del LPS deben permear la cultura de la empresa, desde la cabeza de la organización hasta el nivel de la unidad de producción, pues de otra forma el éxito de la herramienta no será el esperado. Asimismo, debe haber articulación entre los tres niveles de planificación, el plan semanal debe estar sincronizado con el plan intermedio, y este a su vez con el plan general, para garantizar un flujo de trabajo continuo que minimice las ineficiencias y disminuya las pérdidas. Respecto a lo anterior, en la mayoría de constructoras no se encontró correspondencia entre los tres niveles de planificación, puesto que en muchos casos había aún restricciones al momento de programar las asignaciones a corto plazo y, en algunas obras, inclusive, la programación intermedia se hacía durante la misma reunión semanal de forma improvisada, preguntando a los

subcontratistas qué actividades deberían realizarse. Estos casos puntuales dejan ver que los profesionales de obra, quienes están encargados de velar por el cumplimiento del programa de obra, no tienen claro en qué punto está el proceso constructivo y qué se debe y puede hacer a la luz de la planificación intermedia, lo cual demuestra falta de apropiación de la metodología.

Los vacíos en la noción de la herramienta se hallaron más marcados en los maestros y subcontratistas, y, de forma incuestionable, en el personal operativo. A través de las encuestas fue posible advertir un desconocimiento generalizado respecto a la definición del sistema, a pesar de que el LPS era la metodología de planificación y control en todas las obras, e incluso en algunos casos era común para todo el equipo de trabajo escuchar al interior de los proyectos la expresión "*Last Planner*". En línea con lo anterior, se encontró que en muchos casos utilizaban dicha expresión para referirse únicamente a la reunión de planificación semanal o a la calificación de subcontratistas, o se hacía referencia a la reunión de planificación a corto plazo como "el PAC". Aunque en todas las obras visitadas se realizaba la reunión semanalmente, en algunas solo se conocía con su nombre dentro de los profesionales de obra; entre los maestros y subcontratistas, que en la mayoría de constructoras participaban de dicha reunión, solían utilizarse otras expresiones.

La falta de claridad conceptual se observó también en algunos profesionales de obra e incluso en algunos de los entrevistados encargados del área Lean, quienes mencionaban como herramientas independientes el LPS y la planificación general, intermedia y semanal; expresaban indicadores de la planificación a corto plazo como herramientas Lean o manifestaban incongruencias con relación a la planificación intermedia. En general estos vacíos conceptuales y la escasa familiarización con la filosofía Lean que se tiene en algunas constructoras se relaciona directamente con la falta de capacitación que tienen los trabajadores cuando ingresan a las compañías; durante las entrevistas fue recurrente escuchar que la retroalimentación de la metodología y la capacitación al personal nuevo que ingresaba no se daba en todos los casos ni cobijaba a todo tipo de personal, en muchos

casos porque no se contaba con un encargado directamente del área que pudiera transferir el conocimiento en las obras, sino que hacía parte de las funciones de otros cargos y asumían que el equipo de trabajo se iba capacitando en la medida en que se ejecutaban las reuniones de planificación. Lo anterior pone de manifiesto la importancia de que dentro de la compañía haya transferencia del conocimiento a través de una capacitación inicial formal, benchmarking interno constante y retroalimentación periódica de la metodología, esto motivado principalmente por tres aspectos: la alta rotación del personal en el medio, las relaciones de interdependencia propias del proceso constructivo y el deseo de que la filosofía haga parte de la cultura de todos los involucrados.

Las empresas deben enfocarse en que todo el personal relacionado con el proyecto hable el mismo idioma, con el fin de concentrar los esfuerzos en metas claras y definidas, y que se haya motivación por hacer parte de un equipo y la obtención de un producto con valor. De esta manera, las personas pondrán su empeño en mejorar continuamente sus habilidades, pues sentirán el reconocimiento a su labor como empleados y la compañía obtendrá el beneficio de sus conocimientos y experiencia. Es necesario entonces que se reconozca y estimule el trabajo bien hecho mediante incentivos laborales y que se socialicen las malas prácticas, bien sea de manera verbal o por medio de herramientas como el gerenciamiento visual, con el fin de mostrar su incidencia negativa en el desarrollo del proyecto y crear conciencia para que no haya posterior recurrencia; de esta forma se da un mejoramiento continuo en los flujos, se reducen las actividades que no agregan valor y se van transformando las soluciones paliativas en soluciones preventivas.

En relación con los aspectos generales de planificación indagados, hay puntos en los que surge el contraste entre lo que el autor observó en las visitas a las obras y el resultado de las encuestas en los tres grupos de encuestados. Especialmente se encontró falta de correspondencia entre el registro de restricciones en la planificación intermedia y la discusión acerca de las CNC. A pesar de que en las encuestas la mayoría de profesionales de obra, maestros y subcontratistas afirmaron cumplir con estos puntos, durante la

observación no participante se encontró con frecuencia falencia al respecto; esto puede asociarse con la falta de madurez para realizar autodiagnóstico del desempeño en las compañías. En muchas ocasiones no se discutía acerca de las CNC, el encargado de dirigir la reunión dejaba el registro dentro de la plantilla del software empleado, pero no había socialización durante la reunión. Las CNC eran, generalmente, muy ambiguas, si se registraba "demora proveedor" no se especificaba qué proveedor o el motivo de la demora, asimismo, en causas como falta de material o de herramienta y equipo o mano de obra, no se hacía la salvedad del responsable. El diálogo en torno a las CNC debe ser uno de los puntos fuertes de la reunión de planificación semanal, asimismo el ahondamiento en la causa raíz que genera el incumplimiento, con miras a poder intervenir oportunamente para que no haya recurrencia.

Respecto a los aspectos relacionados con la comunicación, indagados en las encuestas de maestros, subcontratistas y personal operativo, se rescató una opinión positiva generalizada. La mayoría de personas afirmaron sentirse escuchadas dentro de la obra, manifestaron también claridad en la información recibida y el sentimiento de un clima de confianza para solicitar una segunda explicación en caso de ser necesaria. Sin embargo, el reconocimiento de la labor realizada es aún muy incipiente, en un porcentaje significativo de obras no existía un sistema de incentivos laborales que estimulara el buen desempeño del subcontratista.

Por otro lado, en cuanto al espacio físico e insumos para dirigir la reunión de planificación semanal, se encontró variedad de resultados, sin embargo, en un porcentaje representativo de obras se destinaba un espacio independiente, cómodo y con asientos suficientes para llevar a cabo las reuniones, lo cual es satisfactorio puesto que da cuenta del buen trato, imprime orden y no se interrumpe el trabajo de otras personas. Respecto a los insumos empleados, se encontraron pocas obras en las que se proyectara los resultados, por lo general se dirigía la reunión solo con el computador de quien la presidía. La proyección de resultados capta la atención de los asistentes, quienes están al tanto de la información que el profesional de obra socializa. En este orden de ideas, el espacio debería estar siempre

bien acondicionado para el aprendizaje de los asistentes, buscando que se facilite la presentación de resultados, el diálogo y la programación de actividades.

Frente a la formalidad y orden en la reunión, en un gran porcentaje de obras existía un orden del día establecido y la reunión se programaba rutinariamente. Los puntos más débiles se encontraron en la toma de asistencia, la firma simbólica de compromisos y la entrega de la programación por escrito a los subcontratistas, aspectos que deberían ser parte de la rutina en la reunión. La asistencia, como parte de las cláusulas contractuales de todo el equipo de trabajo, debería ser controlada para verificar el cumplimiento de las partes y llevar el registro en el tiempo. La firma simbólica de compromisos materializa el acuerdo del subcontratista para llevar a cabo una serie de asignaciones que tienen vía libre para ser ejecutadas y la entrega de dichas asignaciones por escrito, permite al subcontratista controlar adecuadamente su ejecución y verificar en campo los detalles de las actividades que realiza.

En relación con la calificación del subcontratista, típicamente se calificaban variables adicionales al PAC, buscando una evaluación integral que involucrara aspectos importantes como la calidad en el trabajo entregado, el acato de las normas de seguridad y salud en el trabajo y/o el orden y aseo. Sin embargo, eran muy pocas las constructoras donde esta calificación se hacía a partir de una evaluación cuantitativa soportada. Cuando la calificación de dichas variables se socializaba en la reunión semanal, comúnmente se hacía por medio de exclamaciones como “vamos bien” o “bien”, sin un registro objetivo con criterios definidos. En muchas ocasiones la calificación estaba directamente definida como cualitativa, en manos de los residentes, el maestro de obra o el personal SST; en otros casos existía un formato propuesto por el departamento Lean que sugería una valoración según un indicador determinado, pero no se hacía uso de este. Además, no existía un sistema de ranking de subcontratistas claramente establecido dentro de las empresas constructoras, lo cual es fundamental para fomentar el mejoramiento continuo en la compañía y lograr dar trazabilidad al desempeño del trabajador para futuras contrataciones.

Del proceso de observación no participante, fue posible concluir que no hay dependencia con significancia estadística entre los años implementando herramientas Lean y el buen desempeño en los principales puntos observados: desarrollo de la reunión, aspectos de formalidad durante el curso de la misma y aspectos relacionados con los subcontratistas. Asimismo, no hay correlación fuerte en los aspectos observados entre sí, es decir, no siempre que en una constructora se desarrollaba de forma adecuada la reunión se tenían en cuenta aspectos de formalidad durante la misma o existía un sistema de calificación al subcontratista eficiente; en general se encontraron compañías con fortalezas en algunos puntos y debilidades en otros. Se resalta, además, que los resultados de las calificaciones obtenidas por el autor variaron considerablemente de una empresa a otra, pese a haber recibido la misma capacitación inicial formal por parte de la Universidad. Se destaca, sin embargo, el hecho de que en aquellas empresas en las que se ha impulsado la metodología *Lean construction* desde la gerencia o cabeza de la organización, tienen procesos mucho más estandarizados y las herramientas logran permear más en la cultura de los profesionales, subcontratistas y maestros de obra. Asimismo, en las empresas donde existe un departamento encargado específicamente de la productividad, Lean o gestión de la calidad, la herramienta tiene un aire de formalidad más acentuado.

Por otro lado, de la fase de acompañamiento en la mejora de la implementación de la metodología, el autor destaca como el punto más débil la creación de cultura respecto a la planificación intermedia. En términos generales, para las compañías colombianas es difícil establecer con rigurosidad las fechas máximas de liberación de restricciones y la velocidad de respuesta de cada una de las áreas que intervienen en dicha liberación; además no es frecuente que la reunión se programe de forma rutinaria, lo cual afecta directamente la articulación de los niveles de planificación, puesto que no permite asegurar vía libre para la ejecución de los paquetes de asignaciones semanales.

Sumado a lo anterior, del diagnóstico inicial en las tres compañías participantes en el proceso de acompañamiento, se advirtió un panorama muy similar al encontrado en la fase

inicial del proyecto de investigación: falta de claridad conceptual en la mayoría de profesionales de obra y noción de la herramienta casi nula en maestros, subcontratistas y personal operativo; falta de discusión y ahondamiento en la causa raíz de las CNC semanales y falta de estandarización de la calificación al subcontratista. Además, respecto a los obstáculos en la implementación del LPS se destacaron los inconvenientes con los softwares empresariales, los problemas de flujo de caja y la alta rotación del personal, no solo trabajadores y subcontratistas, sino los mismos profesionales de obra; estos son factores particulares de la construcción en Colombia y pueden variar de una empresa a otra, sin embargo, son causas externas que limitan las bondades de esta herramienta de planificación y control.

A partir del trabajo realizado durante 2017 fue posible sensibilizar a las compañías respecto a las buenas prácticas del LPS y se propusieron los indicadores para medir el desempeño de la metodología, sin embargo, no fue posible determinar en términos cuantitativos el impacto de la herramienta, pues al término del trabajo de campo y por la velocidad de respuesta de las empresas constructoras, no todos los indicadores se habían puesto en marcha, o se tenían aún resultados muy prematuros para concluir al respecto. Es de suma importancia que pueda determinarse el impacto del LPS en término de cumplimiento de plazos y su relación directa con el ahorro en términos monetarios, asimismo, que haya trazabilidad en los tres niveles del proceso de planificación y en el desempeño de los subcontratistas, por tanto, se deja la invitación abierta a futuras investigaciones para que profundicen sobre este tema.

Finalmente, con el objetivo de puntualizar las recomendaciones para una implementación efectiva de la herramienta y dar cumplimiento a uno de los objetivos del presente trabajo, se elaboró un Manual de Buenas Prácticas del LPS, documento que se anexa al presente trabajo y que resume los lineamientos propuestos por el autor para alcanzar con éxito y estandarizar en las constructoras una planificación y control ajustadas a la filosofía Lean.

REFERENCIAS

Abdelhamid, T. (2003). *Six-Sigma in Lean Construction Systems: Opportunities and Challenges*. Paper presented at the Proc. 11th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Virginia, USA.

Ackoff, R. L. (1966). *The Meaning of Strategic Planning*.

Adamu, I., & Howell, G. (2012). *Applying Last Planner in the Nigerian Construction Industry*. Paper presented at the Proc. 20th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, San Diego, USA.

Ahiakwo, O., Oloke, D., Suresh, S., & Khatib, J. (2013). *A Case Study of Last Planner System Implementation in Nigeria*. Paper presented at the Proc. 21st Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Fortaleza, Brazil.

Alarcón, L. F., & Calderón, R. (2003). *A Production Planning Support System for Construction Projects*. Paper presented at the Proc. 11th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Virginia, USA.

Alarcón, L. F., Diethelmand, S., & Rojo, O. (2002). *Collaborative Implementation of Lean Planning Systems in Chilean Construction Companies*. Paper presented at the Proc. 10th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Gramado, Brazil.

Alarcón, L. F., Diethelmand, S., Rojo, O., & Calderón, R. (2008). Assessing the impacts of implementing lean construction. *Revista Ingeniería de Construcción*, 23, 26-33.

Alarcón, L. F., Salvatierra, J. L., & Letelier, J. A. (2014). *Using Last Planner Indicators to Identify Early Signs of Project Performance*. Paper presented at the Proc. 22nd Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Oslo, Norway.

Alarcón, L. F., & Zegarra, O. (2012). *Identifying the Bullwhip Effect of the Last-Planner Conversations During the Construction Stage*. Paper presented at the Proc. 20th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, San Diego, USA.

Alonso, L. E. (2003). *La mirada cualitativa en sociología. Una aproximación interpretativa*. Madrid, España: Editorial Fundamentos.

Alsehaimi, A., Tzortzopoulos, P., & Koskela, L. (2009). *Last Planner System- Experiences From Pilot Implementation in the Middle East*. Paper presented at the Proc. 17th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Taipei, Taiwan.

Alvira, F. (2011). *La encuesta: una perspectiva metodológica*. Madrid, España: Centro de Investigaciones Sociológicas.

Andrade, M., & Arrieta, B. (2011). Last planner en subcontrato de empresa constructora. *Revista de la Construcción*, 10(1), 36-52.

Aslesen, S., & Bertelsen, S. (2008). *Last Planner in a Social Perspective A Shipbuilding Case*. Paper presented at the Proc. 16th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Manchester, UK.

Austin, J. L. (1962). *How to do things with words*. Great Britain: Oxford University Press.

Ballard, G. (1997). *Lookahead Planning. The Missing Link in Production Control*. Paper presented at the Proc. 5th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Gold Coast, Australia.

Ballard, G. (1999). *Improving work flow reliability*. Paper presented at the Proc. 7th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Berkeley, USA.

Ballard, G. (2000). *The Last Planner System of Production Control*. (Doctor of Philosophy), University of Birmingham, Salford, U.K.

Ballard, G. (2002). Managing work flow on design projects. A case study. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 9(3), 284-291.

Ballard, G., Casten, M., & Howell, G. (1996). *PARC: A Case Study*. Paper presented at the Proc. 4th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Birmingham, UK.

Ballard, G., & Choo, J. (2011). Schedule for Sale: Workface Planning for Construction Projects by Geoff Ryan. *Lean Construction Journal*, 9-18.

Ballard, G., Hammond, J., & Nickerson, R. (2009). *Production Control Principles*. Paper presented at the Proc. 17th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Taipei, Taiwan.

Ballard, G., & Howell, G. (1994). *Implementing Lean Construction: Stabilizing Work Flow*. Paper presented at the Proc. 2nd Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Santiago, Chile.

Ballard, G., & Howell, G. (2003). *An Update on Last Planner*. Paper presented at the Proc. 11th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Virginia, USA.

Ballard, H. G. (2000). *The Last Planner System of Production Control*. (Doctor of Philosophy), University of Birmingham, Salford, U.K.

Barba, A. (2010). Frederick Winslow Taylor y la administración científica: contexto, realidad y mitos. *Gestión y estrategia*(38).

Beary, T., & Abdelhamid, T. (2006). *Prioritizing Production Planning Problems and Normalizing Percent Plan Complete Data Using Six Sigma*. Paper presented at the Proc. 14th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Santiago, Chile.

Bhatla, A., & Leite, F. (2012). *Integration Framework of BIM with the Last Planner System*. Paper presented at the Proc. 20th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, San Diego, USA.

Bortolazza, R. C., Bastos, D., & Formoso, C. T. (2005). *A Quantitative Analysis of the Implementation of the Last Planner System in Brazil*. Paper presented at the Proc. 13th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Sydney, Australia.

Bortolazza, R. C., & Formoso, C. T. (2006). *A Quantitative Analysis of Data Collected From the Last Planner System in Brazil*. Paper presented at the Proc. 14th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Santiago, Chile.

Botero, L. F. (2000). *Construcción de edificaciones*. Medellín, Colombia: Editorial Universidad Pontificia Bolivariana.

Botero, L. F. (2008). *Construcción de edificaciones. Aspectos administrativos* (1ra ed.). Medellín, Colombia: Fondo Editorial Universidad EAFIT.

Botero, L. F., & Álvarez, M. E. (2005). Last Planner, un avance en la planificación y control de proyectos de construcción. *Ingeniería y Desarrollo*(17), 148-159.

bv, B. (Producer). (2013). Villego, Last Planner Simulator. Retrieved from <http://www.villego.com/>

Calderón, G., Magallón, M. T., & Núñez, H. R. (2010). A cien años de la administración científica. Análisis de las aportaciones de Taylor. *Gestión y estrategia*(38).

Callejo, J., Del Val Cid, C., Gutiérrez, J., & Viedma, A. (2009). *Introducción a las técnicas de investigación social*. Madrid, España: Editorial Universitaria Ramón Areces.

CAMACOL. (mayo 2017). *Perspectivas de la construcción en Colombia*. Retrieved from Bogotá, D.C:

CAMACOL. (noviembre 2017). *Informe de actividad edificadora*. Retrieved from Bogotá, D.C:

Castillo, T., Alarcón, L. F., & Salvatierra, J. L. (2016). *Last Planner System, Social Networks and Performance of Construction Projects*. Paper presented at the Proc. 24th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Boston, USA.

Cerveró-Romero, F., Napolitano, P., Reyes, E., & Teran, L. (2013). *Last Planner System and Lean Approach Process Experiences From Implementation in México*. Paper presented at the Proc. 20th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Fortaleza, Brazil.

Cho, S., & Ballard, G. (2011). Last Planner and Integrated Project Delivery. *Lean Construction Journal*, 67-78.

Choo, H., Tommelein, I., Ballard, G., & Zabelle, T. R. (1998). *Workplan: Database for Work Package Production Scheduling*. Paper presented at the Proc. 6th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Guarujá, Brazil.

Choo, H. J., & Tommelein, I. D. (1999). *Space Scheduling Using Flow Analysis*. Paper presented at the Proc. 7th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Berkeley, USA.

Choo, H. J., & Tommelein, I. D. (2000). *WorkMovePlan: Database for Distributed Planning and Coordination*. Paper presented at the Proc. 8th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Brighon, UK.

Choo, H. J., & Tommelein, I. D. (2001). *Requirements and Barriers to Adoption of Last Planner Computer Tools*. Paper presented at the Proc. 9th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Singapore, Singapore.

Chua, D. K. H., Jun, S. L., & Hwee, B. S. (1999). *Integrated Production Scheduler for Construction Look-Ahead Planning*. Paper presented at the Proc. 7th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Berkeley, USA.

Clarke, C. (2006). *Automotive Production Systems and Standardisation: From Ford to the Case of Mercedes-Benz*: Springer Science & Business Media.

DANE. (II trimestre 2017). *Boletín técnico. Indicadores económicos alrededor de la construcción - IEAC*. Retrieved from Bogotá, D.C.

Dave, B., Hämäläinen, J.-P., Kemmer, S., Koskela, L., & Koskenvesa, A. (2015). *Suggestions to improve lean construction planning*. Paper presented at the Proc. 23st Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Perth, Australia.

Dave, B., Seppänen, O., & Modrich, R. (2016). *Modeling Information Flows Between Last Planner and Location Based Management System*. Paper presented at the Proc. 24th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Boston, USA.

Dennis, P. (2007). *Lean Production Simplified: A Plain Language Guide to the World's Most Powerful Production System*. New York, USA: Productivity Press.

El Jazzar, M. S., & Hamzeh, F. (2015). *Post Measuring the Last Planner Metrics in Shelter Rehabilitation Projects*. Paper presented at the Proc. 23rd Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Perth, Australia.

Emblemsvåg, J. (2014). Lean Project Planning in Shipbuilding. *Journal of Ship Production & Design*, 30(2), 79-88. doi:10.5957/JSPD.30.2.130054

Engelmann, H., F., G., & Steffek, P. (2008). *Software Agents to Support Decision Making in Design and Execution Planning*. Paper presented at the Proc. 16th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Manchester, UK.

Fauchier, D., & Alves, T. (2013). *Last Planner System Is the Gateway to Lean Behaviors*. Paper presented at the Proc. 21st Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Fortaleza, Brazil.

Feliz, T., Reed, D., Draper, J., & Macomber, H. (2014). *Leveraging Software for Learning-in-Action Using Commitment-Based Planning*. Paper presented at the Proc. 22nd Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Oslo, Norway.

Fiallo, M., & Revelo, V. H. (2002). *Applying the Last Planner Control System to a Construction Project: A Case Study in Quito, Ecuador*. Paper presented at the Proc. 10th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Gramado, Brazil.

Formoso, C., & Moura, C. (2009). *Evaluation of the Impact of the Last Planner System on the Performance of Construction Projects*. Paper presented at the Proc. 17th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction., Taipei, Taiwan.

Fosse, R., & Ballard, G. (2016). *Lean Design Management in Practice With the Last Planner System*. Paper presented at the Proc. 24th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Boston, USA.

Frandsen, A., Berghede, K., & Tommelein, I. (2014). *Takt-Time Planning and the Last Planner*. Paper presented at the Proc. 22nd Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Oslo, Norway.

Frandsen, A., & Tommelein, I. (2015). *Improving Integrated Planning for Offshore O&M Projects With Last Planner Principles*. Paper presented at the Proc. 23rd Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Perth, Australia.

Friblick, F., Olsson, V., & Reslow, J. (2009). *Prospects for Implementing Last Planner in the Construction Industry*. Paper presented at the Proc. 17th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction., Taipei, Taiwan.

Fuemana, J., Puolitaival, T., & Davies, K. (2013). *Last Planner System a Step Towards Improving the Productivity of New Zealand Construction*. Paper presented at the Proc. 21st Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Fortaleza, Brazil.

Galeano, M. E. (2008). *Diseño de proyectos en la investigación cualitativa* (1ra ed.). Medellín, Colombia: Fondo Editorial Universidad EAFIT.

Garrido, M. C., Mendes, R. J., Scheer, S., & Campestrini, T. F. (2015). Using BIM for Last Planner System: Casi Studies in Brazil. *Computing in Civil Engineering 2015*, 604-611.

Gehbauer, F. (2008). *Lean Organization- Exploring Extended Potentials of the Last Planner System*. Paper presented at the Proc. 16th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Manchester, UK.

González, M. (2006). *Gestión de la producción. Cómo planificar y controlar la producción industrial*. Vigo, España: Ideaspropias Editorial.

González, V., Alarcón, L. F., Maturana, S., Mundaca, F., & Bustamante, J. (2010). Improving Planning Reliability and Project Performance Using the Reliable Commitment Model. *Journal of Construction Engineering and Management*, 36(10), 1129-1139. doi:10.1061/_ASCE_CO.1943-7862.0000215

González, V., Alarcón, L. F., & Mundaca, F. (2008). Investigating the relationship between planning reliability and project performance. *Production Planning and Control*, 19(5), 461-474. doi:10.1080/09537280802059023

González, V., Senior, B., Orozco, F., Alarcón, L. F., Ingle, J., & Best, A. (2014). *Simulating Lean Production Principles in Construction: A Last Planner-Driven Game*. Paper presented at the Proc. 22nd Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Oslo, Norway.

Groove, M. P. (2007). *Fundamentos de manufactura moderna. Materiales, procesos y sistemas*. Ciudad de México, México: McGraw-Hill Interamericana.

Guber, R. (2001). *La etnografía. Método, campo y reflexividad*. Colombia: Grupo Editorial Norma.

Hammond, J., Choo, H. J., Austin, S., Tommelein, I. D., & Ballard, G. (2000). *Integrating Design Planning, Scheduling, and Control With DePlan*. Paper presented at the Proc. 8th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Brighthon, UK.

Hamzeh, F. (2011). *The Lean Journey- Implementing the Last Planner System in Construction*. Paper presented at the Proc. 19th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Lima, Perú.

Hamzeh, F., Ballard, G., & Tommelein, I. (2008). *Improving Construction Work Flow - The Connective Role of Lookahead Planning*. Paper presented at the Proc. 16th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Manchester, UK.

Hamzeh, F., Ballard, G., & Tommelein, I. (2009). *Is the Last Planner System Applicable to Design? A Case Study*. Paper presented at the Proc. 17th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Taipei, Taiwan.

Hamzeh, F., Ballard, G., & Tommelein, I. (2012). Rethinking Lookahead Planning to Optimize Construction Workflow. *Lean Construction Journal*, 15-34.

Hamzeh, F., Kallassy, J., Lahoud, M., & Azar, R. (2016). *The First Extensive Implementation of Lean and LPS in Lebanon: Results and Reflections*. Paper presented at the Proc. 24th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Boston, USA.

Hamzeh, F., Saab, I., Tommelein, I., & Ballard, G. (2014). Understanding the role of "tasks anticipated" in lookahead planning through simulation. *Automation in Construction*, 49, 18-26.

Hernández, A., & Ramírez, G. (2010). El control administrativo de F. W. Taylor, cien años después. *Gestión y estrategia*(38).

Hicham, H., Taoufiq, C., & Aziz, S. (2016). *Last Planner System: Implementation in a Moroccan Construction Project*. Paper presented at the Proc. 24th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Boston, USA.

IGLC. (2017). The International Group for Lean Construction. Retrieved from <http://www.iglc.net/Home/About>

Issa, U. H. (2013). Implementation of lean construction techniques for minimizing the risks effect on project construction time. *Alexandria Engineering Journal*, 52, 697-704.

Itri, A. S. (1998). *Last Planner, Look Ahead, PPC: a Driver to the Site Operations*. Paper presented at the Proc. 6th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Guarujá, Brazil.

Jang, J. W., & Kim, Y.-W. (2007). *Use of Percent of Constraint Removal to Measure the Make Ready Process*. Paper presented at the Proc. 15th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Michigan, USA.

Johansen, E., & Porter, G. (2003). *An Experience of Introducing Last Planner Into a UK Construction Project*. Paper presented at the Proc. 11th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Virginia, USA.

Johansen, E., Porter, G., & Greenwood, D. (2004). *Implementing Lean: UK Culture and System Change*. Paper presented at the Proc. 12th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Helsingor, Denmark.

Junior, J. A., Scola, A., & Itri, S. A. (1998). *Last Planner as a Site Operations Tool*. Paper presented at the Proc. 6th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Guarujá, Brazil.

Kalsaas, B. T. (2012). The Last Planner Style of Planing - Its Basis in Learning Theory. *Journal of Engineering, Project, and Production Management*, 2(2), 88-100.

Kalsaas, B. T., Grindheim, I., & Laeknes, N. (2014). *Integrated Planning vs. Last Planner System*. Paper presented at the Proc. 22nd Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Oslo, Norway.

Kalsaas, B. T., Skaar, J., & Thorstensen, R. T. (2009). *Implementation of Last Planner in a Medium-Sized Construction Site*. Paper presented at the Proc. 17th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction., Taipei, Taiwan.

Kemmer, S. L., Heineck, L. F., Novaes, M., Mourao, C. A., & Alves, T. (2007). *Medium-Term Planning: Contributions Based on Field Application*. Paper presented at the Proc. 15th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction., Michigan, USA.

Kerosuo, H., Mäki, T., Codinhoto, R., Koskela, L., & Miettinen, R. (2012). *In Time at Last - Adaption of Last Planner Tools for the Design Phase of a Building Project*. Paper presented at the Proc. 20th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, San Diego, USA.

Khan, S., & Tzortzopoulos, P. (2015). *Improving Design Workflow With the Last Planner System-Two Action Research Studies*. Paper presented at the Proc. 23st Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Perth, Australia.

Khanh, H., & Kim, S. (2015). A Survey on Production Planning System in Construction Projects Based on Last Planner System. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 20(1), 1-11.

Kim, S.-C., Kim, Y.-W., Park, K., & Yoo, C.-Y. (2014). Impact of measuring operational-level planning reliability on management-level project performance. *Journal of Construction Engineering and Management*, 31(5).

Kim, Y.-W., & Ballard, G. (2010). Management Thinking in the Earned Value Method System and the Last Planner System. *Journal of Construction Engineering and Management*, 26(4), 223-228.

Kim, Y.-W., & Jang, J.-W. (2005). *Case Study: An Application of Last Planner to Heavy Civil Construction in Korea*. Paper presented at the Proc. 13th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Sydney, Australia.

Kim, Y.-W., & Jang, J.-W. (2006). *Applying Organizational Hierarchical Constraint Analysis to Production Planning*. Paper presented at the Proc. 14th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Santiago, Chile.

Koren, Y. (2010). *The Global Manufacturing Revolution: Product-Process-Business Integration and Reconfigurable Systems*. New Jersey, USA: John Wiley & Sons, Inc.

Koskela, L. (1992). *Application of the New Production Philosophy to Construction*. Retrieved from

Koskela, L. (1993). *Lean production in construction*. Paper presented at the 1st workshop on lean construction, Espoo, Finlandia.

Koskela, L. (1999). *Management of Production in Construction- A Theoretical View*. Paper presented at the Proc. 7th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Berkeley, USA.

Koskela, L. (2000). *An exploration towards a production theory and its application to construction*. (Doctor of Technology), Helsinki University of Technology, Espoo, Finland.

Koskela, L., & Howell, G. (2002). *The Theory of Project Management- Explanation to Novel Methods*. Paper presented at the Proc. 10th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Gramado, Brazil.

Koskela, L., Stratton, R., & Koskenvesa, A. (2010). *Last Planner and Critical Chain in Construction Management- Comparative Analysis*. Paper presented at the Proc. 18th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Technion, Haifa, Israel.

Koskela, L. B., G. Tanhuanpää, V.-P. (1997). *Towards Lean Design Management*. In.

Koskenvesa, A., & Koskela, L. (2012). *Ten Years of Last Planner in Finland - Where Are We*. Paper presented at the Proc. 20th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, San Diego, USA.

Laufer, A., & Tucker, R. L. (1987). Is construction project planning really doing its job? A critical examination of focus, role and process. *Construction Management and Economics*, 5, 243-266.

Laufer, A., Tucker, R. L., Shapira, A., & SHENHAR, A. J. (1994). The multiplicity concept in construction project planning. *Construction Management and Economics*, 11, 53-65.

Leal, M., & Alarcón, L. F. (2010). *Quantifying Impacts of Last Planner Implementation in Industrial Mining Projects*. Paper presented at the Proc. 18th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Technion, Haifa, Israel.

Leigard, A., & Pesonen, S. (2010). *Defining the Path- A Case Study of Large Scale Implementation of Last Planner*. Paper presented at the Proc. 18th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction., Technion, Haifa, Israel.

Leino, A., & Elfving, J. (2011). *Last Planner and Zero Accidents Program Integration - Workforce Involvement Perspective*. Paper presented at the Proc. 19th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Lima, Perú.

Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. Estados Unidos de América: McGraw-Hill.

Liu, M., & Ballard, G. (2009). *Factors Affecting Work Flow Reliability - A Case Study*. Paper presented at the Proc. 17th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Taipei, Taiwan.

Liu, M., Ballard, G., & Ibbs, W. (2011). Work Flow Variation and Labor Productivity. Case Study. *Journal of Construction Engineering and Management*, 236-242.

Macomber, H., & Howell, G. (2003). *Linguistic Action: Contributing to the Theory of Lean Construction*. Paper presented at the Proc. 11th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Virginia, USA.

Macomber, H., Howell, G., & Reed, D. (2005). *Managing Promises With the Last Planner System- Closing in on Uninterrupted Flow*. Paper presented at the Proc. 13th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Sydney, Australia.

Mahalingam, A., Yadav, A. K., & Varaprasad, J. (2015). Investigating the Role of Lean Practices in Enabling BIM Adoption. Evidence from two Indian cases. *Journal of Construction Engineering and Management*, 141(7).

McConaughy, T., & Shirkey, D. (2013). *Subcontractor Collaboration and Breakdowns in Production- The Effects of Varied LPS Implementation*. Paper presented at the Proc. 21st Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Fortaleza, Brazil.

Mejía-Plata, C., Guevara-Ramírez, J. S., Moncaleano-Novoa, D. F., Londoño-Acevedo, M. C., Rojas-Quintero, J. S., & Ponz-Tienda, J. L. (2016). *A Route Map for Implementing Last Planner System in Bogota, Colombia*. Paper presented at the Proc. 24th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Boston, USA.

Mendes, R. J., & Heineck, L. F. M. (1999). *Towards Production Control on Multi-Story Building Construction Sites*. Paper presented at the Proc. 7th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Berkeley, USA.

Miles, R. (1998). *Alliance Lean Design-Construct on a Small High Tech Project*. Paper presented at the Proc. 6th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Guarujá, Brazil.

Mitropoulos, P. (2005). *"Planned Work Ready": A Proactive Metric for Project Control*. Paper presented at the Proc. 13th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Sydney, Australia.

Moataz, F., Gehbauer, F., & Bhatla, A. (2010). *An Integration of a Buffering Assessment Model Based on Fuzzy Logic With LPS for Improving Highway Construction Process*. Paper presented at the Proc. 18th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Technion, Haifa, Israel.

Mol, M. J., & Birkinshaw, J. (2008). *Las grandes revoluciones del management. Las innovaciones que cambiaron nuestro modo de trabajar*. Barcelona, España: Ediciones Deusto.

Mota, B., Viana, D., & Isatto, E. L. (2010). *Simulating the Last Planner With Systems Dynamic*. Paper presented at the Proc. 18th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Technion, Haifa, Israel.

Nieto-Morote, A., & Ruz-Vila, F. (2012). Last Planner Control System Applied to a Chemical Plant Construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 138(2), 287-293.

Oberlender, G. D. (2000). *Project Management for Engineering and Construction*. Estados Unidos de América: McGraw-Hill.

Ochoa, J. J. (2014). Reducing plan variations in delivering sustainable building projects. *Journal of Cleaner Production*, 85, 276-288.

Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Portland, Oregon: Productivity Press.

Olano, R. M., Alarcón, L. F., & Rázuri, C. (2009). *Understanding the Relationship Between Planning Reliability and Schedule Performance- A Case Study*. Paper presented at the Proc. 17th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Taipei, Taiwan.

Olivieri, H., Seppänen, O., & Granja, A. D. (2016). *Integrating Lbms, Lps and Cpm: A Practical Process*. Paper presented at the Proc. 24th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Boston, USA.

Pacheco, A. A. (2010). El taylorismo: implicaciones técnicas y políticas, a cien años de distancia. *Gestión y estrategia*.

Pereira, P., Cachadinha, N., Zegarra, O., & Alarcón, L. (2013). *Bullwhip Effect in Production Control a Comparison Between Traditional Methods and LPS*. Paper presented at the Proc. 21st Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Fortaleza, Brazil.

Perelló, S. (2011). *Metodología de la investigación social*: Editorial Dykinson.

Ponz-Tienda, J., Pellicer, E., Alarcón, L. F., & Rojas-Quintero, J. (2015). *Integrating Task Fragmentation and Earned Value Method into the Last Planner System using Spreadsheets*. Paper presented at the Proc. 23rd Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Perth, Australia.

Porras, H., Sánchez, O. G., & Galvis, J. A. (2014). Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual. *Avances. Investigación en Ingeniería*, 11(1).

Priven, V., & Sacks, R. (2015). Effects of the last planner system on social networks among construction trade crews. *Journal of Construction Engineering and Management*, 141(6), 1-10.

Rodríguez, A. D., Alarcón, L. F., & Pellicer, E. (2011). La gestión de la obra desde la perspectiva del último planificador. *Revista de Obras Públicas*.

Rodríguez, C. M. (2013). Oligopolio y competencia mundial en la industria automotriz. La emergencia del Toyotismo y la caída del Fordismo. *Economía Informa*(383).

Rojas, R. (2013). *Guía para realizar investigaciones sociales*. México D.F., México: Plaza y Valdés Editores.

Rosas, E. (2013). *Integrating the Design Structure Matrix and the Last Planner System Into Building Design*. Paper presented at the Proc. 21st Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Fortaleza, Brazil.

Rosas, E., Ríos, L., & Carrera, D. (2011). *Implementing Last Planner in Open Pit Mining Projects- Case Study*. Paper presented at the Proc. 19th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Lima, Perú.

Rusell, M., Liu, M., Howell, G., & Hsiang, S. (2014). Case studies of the allocation and reduction of time buffer through use of the last planner system. *Journal of Construction Engineering and Management*, 141(2).

Rybkowski, S. (2010). *Last Planner and Its Role as Conceptual Kanban*. Paper presented at the Proc. 18th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Technion, Haifa, Israel.

Sacks, R., & Harel, M. (2006). *How Last Planner Motivates Subcontractors to Improve Plan Reliability a Game Theory Model*. Paper presented at the Proc. 14th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Santiago, Chile.

Sacks, R., Radosavljevic, M., & Barak, R. (2010). Requirements for building information modeling based lean production management systems for construction. *Automation in Construction*, 19, 641-655.

Sandoval, C. A. (1996). *Especialización en teoría, métodos y técnicas de investigación social. Investigación cualitativa*. Bogotá, Colombia: Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior, ICFES.

Seppänen, O., Ballard, G., & Pesonen, S. (2010). *The Combination of Last Planner System and Location-Based Management System*. Paper presented at the Proc. 18th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Technion, Haifa, Israel.

Seppänen, O., Modrich, R., & Ballard, G. (2015). *Integration of Last Planner System and Location-Based Management System*. Paper presented at the Proc. 23rd Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Perth, Australia.

Shang, G., & Pheng, L. (2014). The Last Planner System in China's construction industry - A SWOT analysis on implementation. *International Journal of Project Management*, 32, 1260-1272.

Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Portland, Oregon: Productivity Press.

Skinnerland, S. (2012). *Norwegian Project Managers and Foremens Experiences of Collaborative Planning*. Paper presented at the Proc. 20th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, San Diego, USA.

Skinnerland, S., & Yndesdal, S. (2010). *Exploring the Development of Collaboration in Construction Projects: A Case Study*. Paper presented at the Proc. 18th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Haifa, Israel.

Skinnerland, S., & Yndesdal, S. (2012). *The Last Planner System as a Driver for Knowledge Creation*. Paper presented at the Proc. 20th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, San Diego, USA.

Soares, A., Bernardes, M., & Formoso, C. (2002). *Improving the Production Planning and Control System in a Building Company: Contributions After Stabilization*. Paper presented at the Proc. 10th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Gramado, Brazil.

Spear, S., & Bowen, K. (1999). Decoding the DNA of the Toyota Production System. *Harvard Business Review*.

Sriprasert, E., & Dawood, N. (2002). *Next Generation of Construction Planning and Control System: the Lewis Approach*. Paper presented at the Proc. 10th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Gramado, Brasil.

Sterzi, M., Isatto, E. L., & Formoso, C. (2007). *Integrating Strategic Project Supply Chain Members in Production Planning and Control*. Paper presented at the Proc. 15th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Michigan, USA.

Stifi, A., Gehbauer, F., & Gentes, S. (2014). *The Picture of Integrity From Lean Managements Point of View and the Relationship Between Integrity Management System and Last Planner System*. Paper presented at the Proc. 22nd Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Oslo, Norway.

Strauss, A., & Corbin, J. (2002). *Bases de la investigación cualitativa. Técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada*. Medellín, Colombia: Editorial Universidad de Antioquia.

Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F., & Uchikawa, S. (1977). Toyota production system and Kanban system Materialization of just-in-time and respect-forhuman system. *International Journal of Production Research*. doi:10.1080/00207547708943149

Taloo, T. J. (2007). *Business Organization and Management*. New Delhi, India: McGraw-Hill.

Taylor, S. J., & Bogdan, R. (1987). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación*. Barcelona, España: Ediciones Paidós Ibérica.

Tillman, P., & Sargent, Z. (2016). *Last Planner & Bim Integration: Lessons From a Continuous Improvement Effort*. Paper presented at the Proc. 24th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Boston, USA.

Toledo, M., Olivares, K., & González, V. (2016). *Exploration of a Lean-Bim Planning Framework: A Last Planner System and Bim-Based Case Study*. Paper presented at the Proc. 24th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Boston, USA.

Toro, I. D., & Parra, R. D. (2010). *Fundamentos epistemológicos de la investigación y la metodología de la investigación cualitativa/cuantitativa*. Medellín, Colombia: Fondo Editorial Universidad EAFIT.

Tsao, C., Draper, J., & Howell, G. (2014). *An Overview, Analysis, and Facilitation Tips for Simulations That Support and Simulate Pull Planning*. Paper presented at the Proc. 22nd Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Oslo, Norway.

Viana, D., Formoso, C., & Isatto, E. L. (2011). *Modelling the Network of Commitments in the Last Planner System*. Paper presented at the Proc. 19th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Lima, Perú.

Viana, D., Mota, C., Formoso, C., Echeveste, M., Peixoto, M., & Rodrigues, C. (2010). *A Survey on the Last Planner System- Impacts and Difficulties for Implementation in Brazilian Companies*. Paper presented at the Proc. 18th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction., Technion, Haifa, Israel.

Warcup, R., & Reeve, E. (2014). Using the Villego Simulation to Teach the Last Planner System. *Lean Construction Journal*, 01-15.

Weigand, H. (2006). Two decades of the language-action perspective. *Communications of the ACM*, 49(5), 45-46.

Wesz, J., Formoso, C., & Tzotzopoulos, P. (2013). *Design process planning and control last planner system adaptation*. Paper presented at the Proc. 21st Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Fortaleza, Brazil.

Williams, C. (2013). *ADMÓN: Administración* (6 ed.). México, D. F.: Cengage Learning.

Winograd, T. (1987). A Language/Action Perspective on the Design of Cooperative Work. *Human-Computer Interaction*, 3, 3-30.

Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (2007). *The Machine that Changed the World*. Estados Unidos de América: Free Press.

Yoza, A. (2011). *Impacts Of -The Last Planner- Method on Sanitation Works*. Paper presented at the Proc. 19th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Lima, Perú.

Zegarra, O., Alarcón, L. F., Pereira, P., & Cachadinha, N. (2013). *Weekly tracking of stability of the flow of conversations into the subprocesses of last planner system*. Paper presented at the Proc. 21st Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Fortaleza, Brazil.

Zhang, L., Li, Y., & Tang, J. (2014). *The Application of the Earned Value Management in the Last Planner System for Project Performance Control*. Paper presented at the Proceedings of the 17th International Symposium on Advancement of Construction Management and Real Estate.