

| | | | | |
|---|---|---------------------|-------------------|----------|
|  | UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA | | | |
| | Documento | Código | Fecha | Revisión |
| | FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO | F-AC-DBL-007 | 10-04-2012 | A |
| Dependencia | Aprobado | Pág. | | |
| DIVISIÓN DE BIBLIOTECA | SUBDIRECTOR ACADEMICO | 1(118) | | |

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

| | |
|--------------------|---|
| AUTORES | MARIA ANGELICA LOPEZ JAIME |
| FACULTAD | INGENIERIAS |
| PLAN DE ESTUDIOS | INGENIERIA CIVIL |
| DIRECTOR | ELKIN YESID BARBOSA QUINTERO |
| TÍTULO DE LA TESIS | ANALISIS DE PERDIDA DE MANO DE OBRA DURANTE LA EJECUCION DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE ACABADOS EN OBRAS DE EDIFICACION EN EL MUNICIPIO DE OCAÑA NORTE DE SANTANDER |

RESUMEN

(70 palabras aproximadamente)

ESTA INVESTIGACION CONSISTIÓ EN EL ANALISIS DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA MEDIANTE EL ESTUDIO DE LAS CATEGORIAS DE TRABAJO Y LA EVALUACION DE FACTORES QUE INCIDEN EN EL RENDIMIENTO DE LAS CUADRILLAS QUE REALIZAN LAS ACTIVIDADES; CON EL FIN DE IDENTIFICAR Y CUANTIFICAR LAS PERDIDAS Y BRINDAR UNA HERRAMIENTA DE MEJORAMIENTO EN LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCION DE EDIFICACIONES.

CARACTERÍSTICAS

| | | | |
|--------------|-----------|-------------------|-----------|
| PÁGINAS: 118 | PLANOS: - | ILUSTRACIONES: 76 | CD-ROM: 1 |
|--------------|-----------|-------------------|-----------|



ANÁLISIS DE PÉRDIDA DE MANO DE OBRA DURANTE LA EJECUCIÓN DE
PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE ACABADOS EN OBRAS DE EDIFICACIÓN EN EL
MUNICIPIO DE OCAÑA NORTE DE SANTANDER

AUTOR:

MARÍA ANGÉLICA LÓPEZ JAIME

Trabajo de grado presentado para obtener el título de Ingeniero Civil

Director:

Esp. ELKIN YESID BARBOSA QUINTERO

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

INGENIERÍA CIVIL

Ocaña, Colombia

Febrero de 2020

Dedicatoria

Quiero dedicar este logro a Dios por ser siempre mi guía, mi fuerza y mi sustento en cada paso que doy, a mis padres Jony David López Angarita y Aida Jaime Chiquillo, por ser mi ancla en los días de tormenta, por el inmenso amor que me brindan y por estar a mi lado en cada instante; son mi mayor motivación para seguir luchando, a mis hermanos Jessica Marcela y Jesús David, por su amor incondicional, su compañía y por creer en mí, a Kevin Andrés por todo su apoyo, su cariño y su paciencia y a mi familia por animarme cada vez que sentía desfallecer y por creer en mis capacidades.

María Angélica López Jaime

Agradecimientos

A Dios por ser la luz en mi camino, gracias a Él, este logro es posible.

A mis padres por no abandonarme ni un segundo y por acompañarme en la realización de este sueño.

Al especialista Elkin Yesid Barbosa Quintero, por su apoyo, asesoría y acompañamiento durante mi proceso de formación profesional.

A los ingenieros Álvaro José Quintero, Carolina Castilla, José Barbosa, y al maestro Noel Pallares por su colaboración y por permitirme realizar esta investigación en sus sitios de trabajo.

A mis amigos Ehiber Barbosa, Wilder Bohórquez y Ana Yiselt Morales por su ayuda y amistad incondicional.

A mi familia por cada palabra de ánimo, por su apoyo y acompañamiento durante mi carrera universitaria.

A cada una de las personas que aportaron un granito de arena para que se hiciera posible la realización de este proyecto.

María Angélica López Jaime

Índice

| | |
|--|-----------------------------------|
| Capítulo 1. Análisis de pérdidas de mano de obra durante la ejecución de | |
| procesos constructivos de acabados en obras de edificación en el municipio de | |
| Ocaña Norte de Santander.....1 | |
| 1.1 | Planteamiento del problema..... 1 |
| 1.2 | Formulación del problema 2 |
| 1.3 | Objetivos 3 |
| 1.3.1 | Objetivo general..... 3 |
| 1.3.2 | Objetivos específicos. 3 |
| 1.4 | Justificación..... 4 |
| 1.5 | Delimitaciones..... 5 |
| 1.5.1 | Geográfica 5 |
| 1.5.2 | Temporal..... 5 |
| 1.5.3 | Conceptual 5 |
| 1.5.4 | Operativa 6 |
| Capítulo 2. Marco referencial.....7 | |
| 2.1 | Marco histórico 7 |
| 2.2 | Marco Contextual..... 9 |
| 2.3 | Marco Conceptual 11 |
| 2.3.1 | Concepto de pérdidas..... 11 |
| 2.3.2 | Productividad..... 12 |
| 2.3.3 | Trabajo productivo (TP). 13 |

| | | |
|--|--|-----------|
| 2.3.4 | Trabajo contributivo (TC)..... | 13 |
| 2.3.5 | Trabajo no contributivo (TNC)..... | 13 |
| 2.3.6 | Diagrama de Ishikawa..... | 13 |
| 2.3.7 | Lean Construction..... | 14 |
| 2.4 | Marco teórico | 14 |
| 2.4.1 | Herramientas de diagnóstico y mejoramiento..... | 15 |
| 2.4.2 | Encuesta de diagnóstico y mejoramiento..... | 16 |
| 2.4.3 | Carta de balance de un proceso multioperacional..... | 19 |
| 2.4.4 | Muestreo de trabajo..... | 21 |
| 2.4.5 | Teoría del consumo y rendimiento de la mano de obra..... | 22 |
| | 2.4.5.1 Rendimiento de mano de obra..... | 22 |
| | 2.4.5.2 Consumo de mano de obra..... | 22 |
| 2.4.6 | Factores de afectación de los rendimientos y consumos de mano de obra..... | 24 |
| 2.5 | Marco legal..... | 24 |
| Capítulo 3. Diseño metodológico | | 26 |
| 3.1 | Tipo de investigación | 26 |
| 3.2 | Población y muestra | 26 |
| | 3.2.1 Población | 26 |
| | 3.2.2 Muestra..... | 26 |
| 3.4 | Técnicas e instrumentos de recolección de la información..... | 27 |
| 3.5 | Proceso metodológico | 27 |
| Capítulo 4. Resultados | | 29 |

| | |
|---|----|
| 4.1 Identificar los factores que generan pérdidas en la mano de obra en la ejecución de procesos constructivos de acabados en edificaciones a través de una muestra representativa. | 29 |
| 4.1.1 Proyecto Torre Isa. | 32 |
| 4.1.2 Proyecto Belo Horizonte. | 34 |
| 4.1.3 Proyecto Edificio Verde. | 37 |
| 4.1.4 Proyecto Vivienda Montelago Urbano. | 40 |
| 4.2 Determinar los tiempos de trabajo: productivo, contributivo y no contributivo; empleados en la ejecución de los procesos constructivos de acabados a través de fichas técnicas con el fin de identificar las causas de mayor ocurrencia de pérdidas en la mano de obra. | 43 |
| 4.2.1 Proyecto Torre Isa. | 45 |
| 4.2.2 Proyecto Belo Horizonte | 53 |
| 4.2.3 Proyecto Edificio Verde | 61 |
| 4.2.4 Proyecto Vivienda Montelago Urbano | 69 |
| 4.2.5 Distribución general de categorías de trabajo | 77 |
| 4.2.6 Distribución general de trabajo no contributivo. | 81 |
| 4.3 Realizar un análisis causal de las pérdidas más relevantes a través del diagrama Ishikawa para el desarrollo de mejoras en obra | 83 |
| 4.4 Realizar un análisis comparativo entre los rendimientos de la mano de obra obtenidos en cada proyecto y lo planteado por expertos | 89 |
| 4.4.1 Proyecto Torre Isa. | 89 |
| 4.4.2 Proyecto Belo Horizonte | 90 |
| 4.4.3 Proyecto Edificio Verde | 90 |
| 4.4.4 Proyecto Montelago Urbano | 90 |

| | |
|--|-----------|
| Capítulo 5. Conclusiones | 92 |
| Capítulo 6. Recomendaciones | 94 |
| Referencias..... | 95 |
| Apéndices | 97 |

Lista de Tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Ejemplos de pérdidas en un proyecto de edificación..... | 17 |
| Tabla 2 Ejemplos de fuentes de pérdidas según el área a la que pertenecen | 18 |
| Tabla 3 Clasificación de la eficiencia en la productividad | 23 |
| Tabla 4 Factores que afectan el rendimiento | 24 |
| Tabla 5 Mampostería proyecto Torre Isa..... | 32 |
| Tabla 6 Pañete proyecto Torre Isa | 33 |
| Tabla 7 Antepiso proyecto Torre Isa | 33 |
| Tabla 8 Estuco proyecto Torre Isa..... | 33 |
| Tabla 9 Piso cerámica proyecto Torre Isa..... | 34 |
| Tabla 10 Porcentaje promedio global Torre Isa..... | 34 |
| Tabla 11 Mampostería proyecto Belo Horizonte..... | 35 |
| Tabla 12 Pañete proyecto Belo Horizonte | 35 |
| Tabla 13 Antepiso proyecto Belo Horizonte | 36 |
| Tabla 14 Estuco proyecto Belo Horizonte | 36 |
| Tabla 15 Piso cerámica proyecto Belo Horizonte..... | 36 |
| Tabla 16 Porcentaje promedio global Belo Horizonte..... | 37 |
| Tabla 17 Mampostería proyecto Edificio Verde..... | 38 |
| Tabla 18 Pañete proyecto Edificio Verde | 38 |
| Tabla 19 Antepiso proyecto Edificio Verde | 38 |
| Tabla 20 Estuco proyecto Edificio Verde..... | 39 |
| Tabla 21 Piso cerámica proyecto Edificio Verde | 39 |
| Tabla 22 Porcentaje promedio global Edificio Verde..... | 39 |

| | | |
|----------|---|----|
| Tabla 23 | Mampostería proyecto Vivienda Montelago Urbano | 40 |
| Tabla 24 | Pañete proyecto Vivienda Montelago Urbano | 41 |
| Tabla 25 | Antepiso proyecto Vivienda Montelago Urbano | 41 |
| Tabla 26 | Estuco proyecto Vivienda Montelago Urbano..... | 41 |
| Tabla 27 | Piso cerámica proyecto Vivienda Montelago Urbano | 42 |
| Tabla 28 | Porcentaje promedio global Vivienda Montelago Urbano | 42 |
| Tabla 29 | Evaluación de factores Diagrama Ishikawa..... | 85 |
| Tabla 30 | Comparación de rendimientos entre el Proyecto Torre Isa y Construprecios | 89 |
| Tabla 31 | Comparación de rendimientos entre el Proyecto Belo Horizonte y Construprecios | 90 |
| Tabla 32 | Comparación de rendimientos entre el Proyecto Edificio verde y Construprecios | 90 |
| Tabla 33 | Comparación de rendimientos entre el Proyecto Montelago Urbano y Construprecios | 91 |

Lista de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Localización del Municipio de Ocaña en el país y en el departamento. | 9 |
| Figura 2. Carta de balance de una operación de albañilería. | 19 |
| Figura 3. Carta de balance de un proceso integrado. | 20 |
| Figura 4. Uso del muestreo de trabajo para identificar pérdidas. | 21 |
| Figura 5. Formato de análisis de factores. | 30 |
| Figura 6. Tabla de referencia para la evaluación de factores. | 31 |
| Figura 7. Formato de medición de los tiempos empleados por la mano de obra. | 44 |
| Figura 8. Distribución de categorías de trabajo en Muro Bloque h10 Torre Isa. | 45 |
| Figura 9. Distribución del trabajo no contributivo en Bloque h10 Torre Isa. | 46 |
| Figura 10. Distribución del trabajo contributivo en Bloque h10 Torre Isa. | 46 |
| Figura 11. Distribución de categorías de trabajo en Pañete Torre Isa. | 47 |
| Figura 12. Distribución del trabajo no contributivo en Pañete Torre Isa. | 47 |
| Figura 13. Distribución del trabajo contributivo en Pañete Torre Isa. | 48 |
| Figura 14. Distribución de categorías de trabajo en Antepiso Torre Isa. | 48 |
| Figura 15. Distribución del trabajo no contributivo en Antepiso Torre Isa. | 49 |
| Figura 16. Distribución del trabajo contributivo en Antepiso Torre Isa. | 49 |
| Figura 17. Distribución de categorías de trabajo en Estuco Torre Isa. | 50 |
| Figura 18. Distribución del trabajo no contributivo en Estuco Torre Isa. | 50 |
| Figura 19. Distribución del trabajo contributivo en Estuco Torre Isa. | 51 |
| Figura 20. Distribución de categorías de trabajo en Piso Cerámica Torre Isa. | 51 |
| Figura 21. Distribución del trabajo no contributivo en Piso Cerámica Torre Isa. | 52 |
| Figura 22. Distribución del trabajo contributivo en Piso Cerámica Torre Isa. | 52 |

| | |
|--|----|
| Figura 23. Distribución de categorías de trabajo en Muro Bloque h10 Belo Horizonte. | 53 |
| Figura 24. Distribución del trabajo no contributivo en Muro Bloque h10 Belo Horizonte..... | 54 |
| Figura 25. Distribución del trabajo contributivo en Muro Bloque h10 Belo Horizonte..... | 54 |
| Figura 26. Distribución de categorías de trabajo en Pañete Belo Horizonte. | 55 |
| Figura 27. Distribución del trabajo no contributivo en Pañete Belo Horizonte..... | 55 |
| Figura 28. Distribución del trabajo contributivo en Pañete Belo Horizonte..... | 56 |
| Figura 29. Distribución de categorías de trabajo en Antepiso Belo Horizonte. | 56 |
| Figura 30. Distribución del trabajo no contributivo en Antepiso Belo Horizonte..... | 57 |
| Figura 31. Distribución del trabajo contributivo en Antepiso Belo Horizonte..... | 57 |
| Figura 32. Distribución de categorías de trabajo en Estuco Belo Horizonte. | 58 |
| Figura 33. Distribución del trabajo no contributivo en Estuco Belo Horizonte. | 58 |
| Figura 34. Distribución del trabajo contributivo en Estuco Belo Horizonte. | 59 |
| Figura 35. Distribución de categorías de trabajo en Piso Cerámica Belo Horizonte..... | 59 |
| Figura 36. Distribución del trabajo no contributivo en Piso Cerámica Belo Horizonte. | 60 |
| Figura 37. Distribución del trabajo contributivo en Piso Cerámica Belo Horizonte. | 60 |
| Figura 38. Distribución de categorías de trabajo en Muro Bloque h10 Edificio Verde. | 61 |
| Figura 39. Distribución del trabajo no contributivo en Muro Bloque h10 Edificio Verde..... | 62 |
| Figura 40. Distribución del trabajo contributivo en Muro Bloque h10 Edificio Verde..... | 62 |
| Figura 41. Distribución de categorías de trabajo en Pañete Edificio Verde. | 63 |
| Figura 42. Distribución del trabajo no contributivo en Pañete Edificio Verde. | 63 |
| Figura 43. Distribución del trabajo contributivo en Pañete Edificio Verde. | 64 |
| Figura 44. Distribución de categorías de trabajo en Antepiso Edificio Verde. | 64 |
| Figura 45. Distribución del trabajo no contributivo en Antepiso Edificio Verde..... | 65 |

| | |
|---|----|
| Figura 46. Distribución del trabajo contributivo en Antepiso Edificio Verde..... | 65 |
| Figura 47. Distribución de categorías de trabajo en Estuco Edificio Verde..... | 66 |
| Figura 48. Distribución del trabajo no contributivo en Estuco Edificio Verde..... | 66 |
| Figura 49. Distribución del trabajo contributivo en Estuco Edificio Verde..... | 67 |
| Figura 50. Distribución de categorías de trabajo en Piso Cerámica Edificio Verde..... | 67 |
| Figura 51. Distribución del trabajo no contributivo en Piso Cerámica Edificio Verde..... | 68 |
| Figura 52. Distribución del trabajo contributivo en Piso Cerámica Edificio Verde..... | 68 |
| Figura 53. Distribución de categorías de trabajo en Muro Bloque h10 Montelago Urbano..... | 69 |
| Figura 54. Distribución del trabajo no contributivo en Muro Bloque h10 Montelago Urbano.... | 70 |
| Figura 55. Distribución del trabajo contributivo en Muro Bloque h10 Montelago Urbano..... | 70 |
| Figura 56. Distribución de categorías de trabajo en Pañete Montelago Urbano..... | 71 |
| Figura 57. Distribución del trabajo no contributivo en Pañete Montelago Urbano..... | 71 |
| Figura 58. Distribución del trabajo contributivo en Pañete Montelago Urbano..... | 72 |
| Figura 59. Distribución de categorías de trabajo en Antepiso Montelago Urbano..... | 72 |
| Figura 60. Distribución del trabajo no contributivo en Antepiso Montelago Urbano..... | 73 |
| Figura 61. Distribución del trabajo contributivo en Antepiso Montelago Urbano..... | 73 |
| Figura 62. Distribución de categorías de trabajo en Estuco Montelago Urbano..... | 74 |
| Figura 63. Distribución del trabajo no contributivo en Estuco Montelago Urbano..... | 74 |
| Figura 64. Distribución del trabajo contributivo en Estuco Montelago Urbano..... | 75 |
| Figura 65. Distribución de categorías de trabajo en Piso Cerámica Montelago Urbano..... | 75 |
| Figura 66. Distribución del trabajo no contributivo en Piso Cerámica Montelago Urbano..... | 76 |
| Figura 67. Distribución del trabajo contributivo en Piso Cerámica Montelago Urbano..... | 76 |
| Figura 68. Distribución general de categorías de trabajo Torre Isa..... | 77 |

| | |
|--|----|
| Figura 69. Distribución general de categorías de trabajo Belo Horizonte. | 78 |
| Figura 70. Distribución general de categorías de trabajo Edificio Verde. | 79 |
| Figura 71. Distribución general de categorías de trabajo Montelago Urbano. | 80 |
| Figura 72. Distribución general de trabajo no contributivo Torre Isa. | 81 |
| Figura 73. Distribución general de trabajo no contributivo Belo Horizonte. | 81 |
| Figura 74. Distribución general de trabajo no contributivo Edificio Verde. | 82 |
| Figura 75. Distribución general de trabajo no contributivo Montelago Urbano..... | 82 |
| Figura 76. Diagrama de Ishikawa de pérdidas de mano de obra en procesos constructivos de acabados. | 83 |

Lista de Apéndices

| | |
|---|-----|
| Apéndice A. Formatos F-001 empleados durante la investigación. | 98 |
| Apéndice B. Formatos F-002 empleados durante la investigación..... | 99 |
| Apéndice C. Registro fotográfico. | 100 |

Introducción

La construcción es indudablemente uno de los componentes más significativos en la economía de un país. En Colombia este sector fue durante años uno de los principales causantes del crecimiento del PIB. Transcurridos dos trimestres del 2019 el Departamento Nacional de Estadística (DANE) publicó que entre enero y abril de 2019 el valor agregado de la construcción decrece 5,6 % en su serie original, comparado con el mismo período de 2018. Puntualiza que la construcción de edificaciones residenciales y no residenciales decrece 8,8 %, y que las actividades especializadas para la construcción de edificaciones y obras de ingeniería civil decrece 5,9 %. Las cifras anteriores son devastadoras y nos incitan como ingenieros civiles a investigar los problemas a los que se enfrenta el sector de la construcción y proponer alternativas de solución, para hacer de este sector un pilar fundamental en el crecimiento del PIB.

Teniendo en cuenta esta premisa surge la necesidad de realizar una investigación donde se analicen las causas que inciden en la baja productividad en las obras de construcción; partiendo del estudio de la mano de obra; que a través de los años ha demostrado ser uno de los factores más determinantes a la hora de optimizar la ejecución de los procesos constructivos.

Con la presente investigación se pretende analizar la productividad de la mano de obra mediante el estudio de las categorías de trabajo y la evaluación de factores que inciden en el rendimiento de la misma; realizando numerosas observaciones, con el fin de identificar las pérdidas y brindar una herramienta de mejoramiento en los proyectos de construcción de edificaciones.

Capítulo 1. Análisis de pérdidas de mano de obra durante la ejecución de procesos constructivos de acabados en obras de edificación en el municipio de Ocaña Norte de Santander.

1.1 Planteamiento del problema

En la industria de la construcción ha sido tradicional conservar principios intactos durante mucho tiempo, los procesos de diseño y construcción están insertos en prototipos muy enraizados en la cultura de esta industria (Álvarez y Botero, 2003). Al ser tan arraigados se puede generar una alta probabilidad de errores y lo que es peor, se pueden repetir los errores. Los procesos mal ejecutados originan tiempos que no agregan valor al producto final, terminando en pérdidas de productividad y recursos representadas en retrasos en la programación y sobrecostos en las obras (Pinzón y Galvis, 2011).

Teniendo como fundamento lo anterior la construcción ha sido considerada una de las industrias menos eficientes y de baja productividad, debido a una gran cantidad de factores entre los cuales se destaca las pérdidas de mano de obra generadas en las obras de construcción. Dichas pérdidas están asociadas a situaciones adversas tales como culminación de actividades con mala calidad, falta de suministro de material para determinada actividad, problemas de logística, cambios de clima, alteración en la programación de obra, el eventual cambio de contratistas e incumplimiento en tiempos por parte de los mismos; con estos factores enunciados se ha evidenciado problemas al momento de la producción, la calidad y la competitividad en el

mercado que como se enuncia anteriormente es cada vez más cambiante y creciente en el cual Ocaña no es la excepción. (Puin, 2016).

Por otro lado, es importante destacar que, como contraste a estas tendencias, surge la necesidad de crear nuevas herramientas para disminuir las pérdidas y optimizar los rendimientos en los procesos constructivos, con base a esto es necesario investigar las variables que producen este tipo de pérdidas, como los tiempos muertos producidos en obra y rendimientos de cuadrillas de trabajo. (Añazco y Sánchez, 2016).

En la presente investigación se pretende realizar el análisis de pérdidas de la mano de obra en proyectos edificatorios, para los que se contemplan las siguientes actividades: muro en bloque h10, pañete, antepiso, piso cerámica y estuco; con la finalidad de determinar cuáles factores generan dichas pérdidas en las obras de construcción de edificios en el Municipio de Ocaña, Norte de Santander.

1.2 Formulación del problema

¿Se podrá identificar y clasificar las pérdidas de mano de obra generadas en obras de edificación en el Municipio de Ocaña, Norte de Santander con el fin de obtener una herramienta que ayude a desarrollar mejoras en la ejecución de procesos constructivos de acabados?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general. Realizar un análisis de pérdidas de mano de obra durante la ejecución de procesos constructivos de acabados en obras de edificación en el Municipio de Ocaña Norte de Santander.

1.3.2 Objetivos específicos. Identificar los factores que generan pérdidas en la mano de obra en la ejecución de procesos constructivos de acabados en edificaciones a través de una muestra representativa.

Determinar los tiempos de trabajo: productivo, contributivo y no contributivo; empleados en la ejecución de los procesos constructivos de acabados a través de fichas técnicas con el fin de identificar las causas de mayor ocurrencia de pérdidas en la mano de obra.

Realizar un análisis causal de las pérdidas más relevantes a través del diagrama Ishikawa para el desarrollo de mejoras en obra.

Realizar un análisis comparativo entre los rendimientos de la mano de obra obtenidos en cada proyecto y lo planteado por expertos.

1.4 Justificación

Tradicionalmente el sector de la construcción ha conservado principios inalterados que provocan una producción ineficiente en sus proyectos, debido en gran parte a los porcentajes de pérdidas de mano de obra que se generan en las obras.

En el Municipio de Ocaña actualmente no existe una herramienta que indique tales porcentajes, por lo cual se hace necesario realizar un análisis que identifique y clasifique cuales son los factores que generan las pérdidas de mano de obra en edificaciones, mediante la aplicación del diagrama Ishikawa o diagrama de Causa-Efecto con el fin de desarrollar mejoras y alcanzar una construcción sin pérdidas.

La identificación de pérdidas, a través de sencillas técnicas, como muestreo de trabajo, encuestas de demoras y cartas de balance de cuadrillas, han sido utilizadas como medida indirecta de la productividad, ya que se asume que al identificar las categorías y causas de las pérdidas en la construcción y reducirlas, se incrementa la productividad. (Alarcón, 1997).

La herramienta de muestreo de trabajo consiste en numerosas observaciones cortas de la labor de los operarios en su sitio de trabajo y categoriza en tres grupos principales el trabajo realizado por los obreros: Trabajo productivo (TP), Trabajo contributivo (TC) y Trabajo no contributivo (TNC). (Botero y Álvarez, 2003).

Como principio de mejoramiento del desempeño de proyectos de construcción y una vez categorizado el tiempo empleado e identificadas las causas de ocurrencia de pérdidas, se propone buscar la eficiencia del trabajo productivo, minimizando el tiempo destinado al trabajo contributivo y eliminando el tiempo no contributivo (pérdidas).

Para lograr lo anterior se propone implementar una herramienta de calidad con un nuevo enfoque de producción que mejore, agilice y facilite las actividades que conforman los procesos de construcción, haciendo más eficientes las actividades que agregan valor y minimizando aquellas que no lo generan (pérdidas o actividades de flujo).

1.5 Delimitaciones

1.5.1 Geográfica. El proyecto se llevará a cabo en el Municipio de Ocaña, Norte de Santander, el cual se encuentran ubicado en la parte noreste del país.

1.5.2 Temporal. Este proyecto se llevará a cabo durante un periodo correspondiente a un semestre académico, en el cual se desarrollarán las actividades necesarias para cumplir los objetivos planteados.

1.5.3 Conceptual. Para la identificación de las variables presentadas en el presente proyecto, es necesario tener claro conceptos como: pérdidas en obra, productividad, trabajo productivo, trabajo contributivo, trabajo no contributivo, diagrama de Ishikawa, Lean Construction.

1.5.4 Operativa. La información necesaria para el desarrollo del proyecto se obtendrá mediante visitas de campo a obras de edificación ubicadas en el Municipio de Ocaña, Norte de Santander.

Capítulo 2. Marco referencial

2.1 Marco histórico

La producción sin pérdidas está basada originalmente en el sistema de fabricación de Toyota, diseñado para minimizar el despilfarro y agregar valor sistemáticamente en el proceso de manufactura. A fines de los años 80, un estudio de la industria automovilística mundial realizado por el Massachusetts Institute of Technology (Womack, 1990), demostró que la productividad de ciertas fábricas japonesas era un 50% superior al de las fábricas norteamericanas; además, la cantidad de defectos por unidad en estas plantas era significativamente menor que en las norteamericanas. Se observó que las fábricas japonesas presentaban una tendencia a favorecer una mayor multifuncionalidad y polivalencia, dividiendo el trabajo de ensamblaje de automóviles en menos partes que en las norteamericanas, lo que producía una menor especialización del trabajo. Al mismo tiempo, la rotación era sustancialmente mayor en las plantas japonesas y gran parte de las tareas se realizaba en equipos de trabajo, a diferencia de las fábricas occidentales donde se beneficiaba el trabajo individual.

En general, la filosofía de gestión que inspira la producción sin pérdidas desafía mucho de los paradigmas vigentes en los sistemas de producción convencionales.

Los principios básicos y las herramientas utilizadas por el sistema de producción sin pérdidas han sido extensamente difundidos en la industria manufacturera, sobre todo a raíz de la publicación del libro “Lean thinking” (Womack y Jones, 1996). También se han adaptado

progresivamente para acomodarse a los requerimientos de gestión en la industria de la construcción, lo que generalmente se denomina “lean construction”. Koskela (1992) puso las bases de la aplicación de la producción sin pérdidas a la construcción, analizando los sistemas productivos emergentes: enfoque “just-in-time”, ingeniería concurrente, gestión de la calidad total, reingeniería de procesos, así como las ideas aplicadas en el sistema de fabricación de Toyota. Posteriormente, introdujo una visión integradora de la producción como flujo de información o de materiales, con tres objetivos fundamentales (Koskela, 2000): reducción de costes, ahorro de tiempo e incremento de valor para el cliente.

Por otra parte, el International Group for Lean Construction inició su andadura en 1997 (Alarcón), con congresos anuales que han servido para difundir este nuevo enfoque entre la industria a nivel mundial. La progresiva implementación de estas ideas ha permitido que muchas de sus prácticas vayan progresivamente migrando aguas arriba y abajo en la cadena de valor, introduciéndose en el diseño, contratación, ejecución de la obra, suministro, subcontratación, etc., y modificando sustancialmente las relaciones entre los diversos participantes.

Recientemente la difusión del enfoque de construcción sin pérdidas ha encontrado eco en los grandes promotores, lo que augura una aceleración en la difusión de estas prácticas en los próximos años; organizaciones importantes como General Motors, Procter & Gamble y British Airport Authority, entre otros (The Voice, 2007), han dado testimonios de los éxitos alcanzados en sus esfuerzos de implementación. De este modo, se ha producido una evolución desde la mejora del desempeño en la fase de construcción, hasta cubrir el conjunto de etapas y fases del ciclo de vida de la infraestructura. (Alarcón y Pellicer, 2009).

2.2 Marco Contextual

La presente investigación está dirigida a la industria de la construcción en el municipio de Ocaña Norte de Santander, con el propósito de exponer los factores que generan pérdidas de mano de obra en edificaciones durante la ejecución de procesos constructivos de acabados y asimismo proponer una herramienta que ayude a desarrollar mejoras en dichas obras. (Ver figura 1).



Figura 1. Localización del Municipio de Ocaña en el país y en el departamento.

Fuente: Wikipedia. (2012).

A continuación, se hará una breve descripción de los proyectos de construcción de edificaciones que se contemplan en el presente proyecto, además de su localización.

Proyecto Torre Isa

El proyecto Torre Isa se encuentra localizado sobre la vía principal del barrio El Lago III etapa, con coordenadas: latitud $8^{\circ} 15' 3,44''$ N, longitud: $73^{\circ} 21' 44,54''$ O, el edificio tiene un área total de $2785,54 \text{ m}^2$ construidos y consta de 10 pisos de los cuales el primer, segundo y tercer piso están asignados para parqueadero, del piso cuarto hasta el décimo se encuentran distribuidos tres tipos diferentes de apartamentos para cada planta, también cuenta con una amplia zona de recreación en el último piso del edificio.

Proyecto Belo Horizonte

El proyecto Belo Horizonte se encuentra localizado en el barrio Miradores del lago, con coordenadas: latitud: $8^{\circ} 15' 29,54''$ N y longitud: $73^{\circ} 21' 47,06''$ O, es un proyecto de uso residencial con tres pisos asignados para apartamentos y un piso para parqueaderos. El área total es de $445,56 \text{ m}^2$ construidos.

Proyecto Edificio Verde

El proyecto Edificio Verde se encuentra localizado en la Urbanización Caracolí, con coordenadas: latitud: 8° 15' 27,89''N y longitud: 73°21'42,67''O, es un proyecto de uso residencial con cinco pisos asignados para apartamentos y un área total de 1520 m² construidos.

Proyecto Montelago Urbano

El proyecto se encuentra localizado en el barrio Montelago Urbano, con coordenadas: latitud: 8°15'1,80''N, longitud: 73°21'46,84''O, es un proyecto de uso residencial con cuatro pisos asignados para apartamentos y un área total de 476 m² construidos.

2.3 Marco Conceptual

2.3.1 Concepto de pérdidas. Toyota define pérdidas como todo lo que sea distinto de la cantidad mínima de equipos, materiales, piezas y tiempo laboral absolutamente esenciales para la producción. (Alarcón, 1997).

Una definición occidental, en términos similares, es la siguiente: todo lo que sea distinto de los recursos mínimos absolutos de materiales, máquinas y mano de obra necesarios para agregar valor al producto (Alarcón, 1997).

2.3.2 Productividad. El término “productividad” expresa la relación entre salidas y entradas (Borcherding y Liou, 1986). La salida y la entrada difieren de una industria a otra. Además, la definición de productividad varía cuando se aplica a diferentes áreas de la misma industria. El trabajo es uno de los requisitos básicos en la industria de la construcción. La productividad laboral generalmente relaciona la mano de obra en términos de costo laboral con la cantidad de productos producidos (Borcherding y Liou, 1986). En otras palabras, la definición de productividad laboral es la cantidad de bienes y servicios producidos por un factor productivo (mano de obra) en la unidad de tiempo (Drewin, 1982).

En 1883, Littré definió la productividad como la “facultad de producir”, es decir, el deseo de producir (Jarkas, 2005). En 1950, la Organización para la Cooperación Económica Europea (OECE) introdujo la definición de productividad como un cociente obtenido al dividir la producción por uno de los factores de producción (Sumanth, 1984). Según los objetivos de medición y la disponibilidad de datos, se encuentran varias definiciones de productividad. El Departamento de Comercio de los EE. UU. Definió la productividad como “dólares de producción por persona-hora de trabajo” (Adrian, 1987).

Por otra parte, Serpell define la productividad en la construcción como la relación existente entre lo producido y lo gastado. De manera más amplia, podemos definir la productividad como “la medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un proyecto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado”. (Serpell, 1999).

2.3.3 Trabajo productivo (TP). Definido como el tiempo empleado por el trabajador en la producción de alguna unidad de construcción. Ejemplo de trabajo productivo es la colocación de la armadura de refuerzo y el vaciado del concreto en algún elemento estructural, la pega de ladrillos en muros, etc. (Botero y Álvarez, 2003).

2.3.4 Trabajo contributivo (TC). Es el tiempo que emplea el trabajador realizando labores de apoyo necesarias para que se ejecuten las actividades productivas, como limpieza de superficies y encofrados, mediciones previas y de inspección, transportes de materiales, armado de plataformas y andamios para trabajo en altura y seguridad industrial, etc. (Botero y Álvarez, 2003).

2.3.5 Trabajo no contributivo (TNC). Se define como cualquier otra actividad realizada por los obreros y que no se clasifica en las anteriores categorías, por lo tanto, se consideran pérdidas. Ejemplos de esta categoría son los tiempos dedicados a esperas, tiempo ocioso, reprocesos, descansos, etc. (Botero y Álvarez, 2003).

2.3.6 Diagrama de Ishikawa. El diagrama de Ishikawa, también llamado diagrama de causa-efecto, es una de las diversas herramientas surgidas a lo largo del siglo XX en ámbitos de la industria y posteriormente en el de los servicios, para facilitar el análisis de problemas y sus soluciones en esferas como es la calidad de los procesos, los productos y servicios.

Ishikawa en su libro *Introducción al control de la calidad* (1994) nos dice que, para identificar y organizar las posibles causas de un problema, normalmente se utiliza mano de obra,

maquinaria, método, Medio ambiente, Medición y Material como temas generales para poder identificar el problema. (Anónimo, S.f),

2.3.7 Lean Construction. Según el Lean Construction Institute (ILC), Lean construction es una filosofía que se orienta hacia la administración de la producción en construcción y su objetivo principal es reducir o eliminar las actividades que no agregan valor al proyecto y optimizar las actividades que sí lo hacen, por ello se enfoca principalmente en crear herramientas específicas aplicadas al proceso de ejecución del proyecto y un buen sistema de producción que minimice los residuos. Entendiéndose por residuos todo lo que no genera valor a las actividades necesarias para completar una unidad productiva. (Porrás, Sánchez y Gálvis, 2014).

2.4 Marco teórico

En este capítulo se otorgan los antecedentes e información que permite determinar los factores que afectan la productividad en la ejecución de procesos constructivos dentro una obra y que se hacen necesarias para comprender las distintas teorías y conceptos que componen el análisis de pérdida en la mano de obra.

En la Pontificia Universidad Católica de Chile en el año 1997, se desarrolló una investigación titulada: “*Herramientas para identificar y reducir pérdidas en proyectos de construcción*”, en la cual se discute la importancia de la producción en la construcción

identificando las actividades que no agregan valor al producto como un enfoque fundamental de mejoramiento.

En el año 2003, la revista EAFIT en su edición No. 130 publicó un artículo titulado: “*Identificación de pérdidas en el proceso productivo de la construcción*”. Esta investigación pretende difundir los conceptos y aplicaciones de la nueva filosofía de gestión en la construcción, aplicados en empresas constructoras, identificando las pérdidas del proceso productivo, como punto de partida en la búsqueda del mejoramiento de su desempeño.

La Universidad Pontificia Bolivariana, sede Floridablanca, en el año 2011, desarrolló la investigación titulada: “*Implementación de las herramientas de medición de pérdidas en la etapa de estructura bajo la metodología de construcción sin pérdidas*”; donde se analizaron procesos constructivos de la etapa de estructura tipo tradicional y tipo túnel de una constructora en Bucaramanga, para así clasificar las pérdidas y proponer mejoras.

En el año 2014, la Universidad Industrial de Santander realizó la investigación titulada: “*Filosofía lean construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual*”. En la cual se hace una revisión bibliográfica de la construcción sin pérdidas, un nuevo enfoque en la gestión de proyectos de construcción.

2.4.1 Herramientas de diagnóstico y mejoramiento. Casi todas las categorías de pérdidas son invisibles dentro de los sistemas de control tradicional, sin embargo, el enfoque de productividad propuso nuevas herramientas de diagnóstico, medición y mejoramiento para este

propósito. Encuestas de detención a los capataces, métodos de muestreo del trabajo, registros de materiales y otras herramientas han sido adaptadas o desarrolladas para permitir la toma de decisiones para el mejoramiento de la productividad en la construcción. El principal objetivo de estas herramientas es reducir las demoras, interrupciones y mejorar el almacenamiento de recursos, la coordinación y planificación en el lugar de la construcción. (Alarcón, 1997).

Según Koskela (1992) generalmente las acciones basadas sobre la información provista por estas herramientas han sido dirigidas a eliminar las restricciones de la organización, por ejemplo: reducir el tiempo de transporte para la provisión de materiales o almacenaje de herramientas próximas al lugar de construcción, modificar la distribución de instalaciones, proveer de grúas o elementos de transporte y traslado. Todas estas acciones parciales buscan reducir o eliminar las actividades que no agregan valor. Además, la mantención de registros de la evolución de los diferentes elementos de desempeño está dirigido a la variabilidad, la que ha sido sugerida como una necesaria medida para el mejoramiento en construcción. (Alarcón, 1997).

2.4.2 Encuesta de diagnóstico y mejoramiento. En un trabajo tendiente a identificar pérdidas en obras de construcción se generó una encuesta muy simple de usar, que ha probado ser de gran utilidad como herramienta de comunicación entre los supervisores de una obra para generar su propio mecanismo de identificación y reducción de pérdidas. La encuesta permite identificar las pérdidas más frecuentes y las fuentes más frecuentes de pérdidas. Además, provee un mecanismo para indagar la causalidad de las pérdidas.

La encuesta puede ser generada por los propios miembros del equipo de proyecto, tomando como base algunos ejemplos que se entregan en un formato base. La información requerida para elaborar la encuesta consta de dos partes fundamentales, una lista de pérdidas, que introduzca un lenguaje común entre los miembros del equipo de proyecto para su identificación; y una lista clasificada de las fuentes potenciales de pérdidas, de acuerdo a algún criterio que permita identificar las áreas más deficitarias. Las tablas 1 y 2, que se muestran a continuación dan ejemplos de la información utilizada en algunos casos recientes.

Tabla 1

Ejemplos de pérdidas en un proyecto de edificación

| N | Pérdida |
|----|--|
| 1 | Trabajo sin hacer (#) |
| 2 | Rehacer trabajo (#) (H-H) (H-M) |
| 3 | Trabajo innecesario (H-H) (H-M) |
| 4 | Errores (#) |
| 5 | Detenciones (Min.) |
| 6 | Pérdida de materiales (#) |
| 7 | Deterioro de materiales (#) |
| 8 | Pérdida de mano de obra (H-H) |
| 9 | Mov. Innecesarios de gente (H-H) (H-M) |
| 10 | Mov. Innecesarios de materiales (H-H) |
| 11 | Exceso de vigilancia (H-H) |
| 12 | Supervisión extra (H-H) |
| 13 | Espacio adicional (M ²) |
| 14 | Retraso de actividades (Min.) |
| 15 | Procesamiento extra (H-H) |
| 16 | Aclaraciones (#) |
| 17 | Desgaste anormal de equipos (H-M) |

Nota: La tabla muestra algunos ejemplos de pérdidas en proyectos de construcción. Fuente: Revista N° 15 Ingeniería de Construcción.

Cada una de las pérdidas anteriores genera impactos múltiples ya sea en el costo, el plazo o la calidad del proyecto y tiene su origen en alguna fuente como las de la Tabla 2.

Tabla 2

Ejemplos de fuentes de pérdidas según el área a la que pertenecen

| N | Área |
|------------|--------------------------------|
| A.- | Administración |
| 1 | Requerimientos innecesarios |
| 2 | Exceso de control |
| 3 | Falta de control |
| 4 | Mala planificación |
| 5 | Excesiva burocracia |
| R.- | Uso de recursos |
| 1 | Exceso de cantidad |
| 2 | Falta de cantidad |
| 3 | Mal uso |
| 4 | Mala distribución |
| 5 | Mala calidad |
| 6 | Disponibilidad |
| I.- | Sistemas de Información |
| 1 | No necesaria |
| 2 | Defectuosa |
| 3 | Atrasada |
| 4 | Poco clara |

Nota: La tabla muestra algunos ejemplos de pérdidas en proyectos de construcción. Fuente: Revista N° 15 Ingeniería de Construcción.

La encuesta, una vez procesada, permite conocer las pérdidas más frecuentes en la obra de acuerdo a la percepción de los miembros del equipo del proyecto y, al mismo tiempo, identificar las fuentes más frecuentes de pérdidas.

La utilidad de este tipo de análisis, es que permite conocer en forma sistemática la percepción general de los miembros del equipo de proyecto para focalizar la atención de los

supervisores en los procesos más relevantes y crear de paso una mentalidad de mejoramiento a través de una herramienta que propicia la participación y el compromiso de los involucrados. (Alarcón, 1997).

2.4.3 Carta de balance de un proceso multioperacional. La carta de balance es un método clásico de análisis de operaciones que permite seguir en forma detallada el uso de los recursos en una operación para identificar oportunidades de mejoramiento.

Tradicionalmente esta herramienta se ha aplicado al análisis de una operación específica como la mostrada en la figura 2. Sin embargo, una aplicación alternativa fue desarrollada recientemente para efectuar un seguimiento, menos detallado, pero más complejo, del uso de recursos en una obra de edificación. La figura 3 muestra esta aplicación que presenta un interesante uso de la carta de balance de un proceso integrado como herramienta de identificación de pérdidas, especialmente aquellas derivadas de la integración entre operaciones.

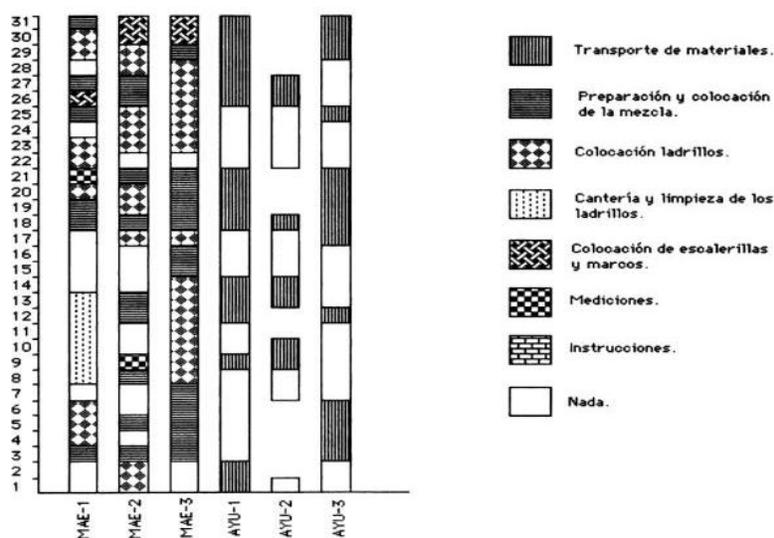


Figura 2. Carta de balance de una operación de albañilería.

Fuente: (Alarcón, 1997).

La Figura 3 muestra la actividad desarrollada por cada una de las operaciones observadas indicando una estimación del grado de esfuerzo realizado en la operación. La notación permite identificar las interrelaciones existentes entre las actividades, localizar cuellos de botella y tener una visión global del proceso integrado de las operaciones.

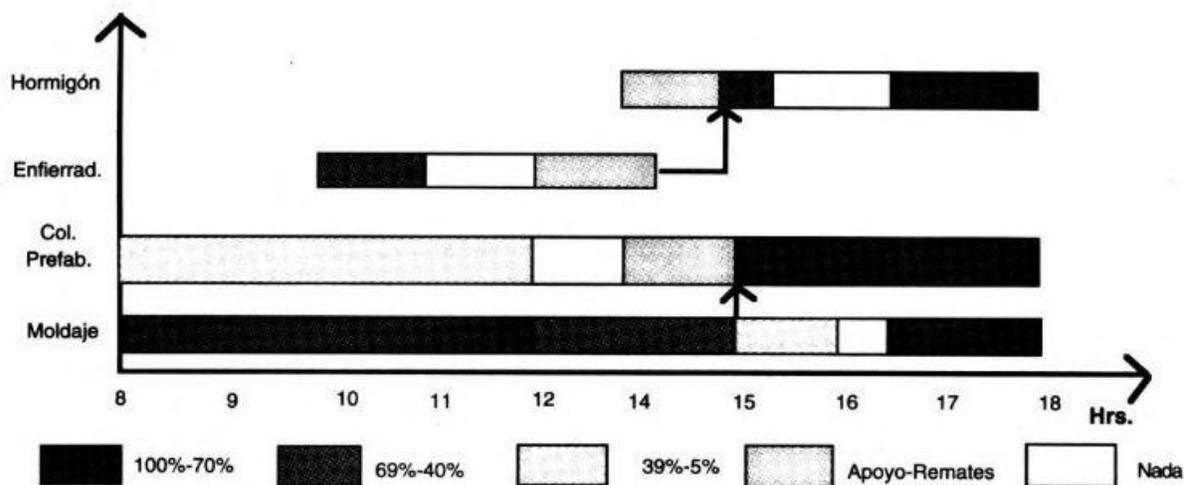


Figura 3. Carta de balance de un proceso integrado.

Fuente: Alarcón, L. (1997).

El enfocar la atención sobre el proceso completo permite analizar mejoras globales, lo que no siempre es posible cuando se cuenta sólo con una visión individual de cada operación. Este análisis, por ejemplo, sugiere la necesidad de balancear los ritmos de producción a través de cuadrillas multifuncionales. La aplicación de soluciones de este tipo permite reducir esperas y balancear mejor el uso de recursos aumentando en forma importante la productividad de la obra. (Alarcón, 1997).

2.4.4 Muestreo de trabajo. El tradicional muestreo del trabajo presenta un enorme atractivo como herramienta de detección de pérdidas. Por medio de observaciones aleatorias es posible estimar, con una validación estadística, la forma en que se usa el tiempo de la mano de obra en una obra de construcción. La figura 4 muestra un ejemplo clásico del uso de muestreo para identificar tiempos productivos, contributorios y no contributorios en una obra de construcción.

La información del muestreo destaca situaciones inusuales o variaciones bruscas en el uso del tiempo que ayudados por la comparación con estándares de la misma obra u obras similares permiten y focalizan la atención en identificar las causas de las pérdidas detectadas. Un uso inteligente de esta herramienta puede ayudar enormemente a mejorar la gestión de las obras.

(Alarcón, 1997).

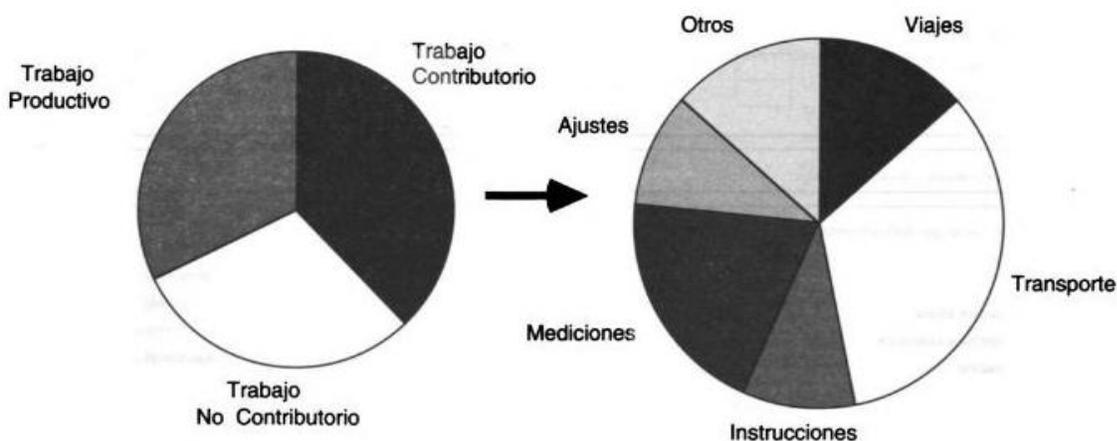


Figura 4. Uso del muestreo de trabajo para identificar pérdidas.

Fuente: Alarcón, L. (1997).

2.4.5 Teoría del consumo y rendimiento de la mano de obra. La mano de obra, como uno de los componentes en el proceso productivo, aparece como una de las variables que afectan la productividad. Como uno de los objetivos de todas las empresas es ser más competitivos, mejorando la productividad de sus procesos productivos, se hace necesario conocer los diferentes factores que afectan la mano de obra, clasificándolos y determinando una metodología para medir su afectación en los rendimientos y consumos de mano de obra de los diferentes procesos de producción.

Los conceptos rendimiento y consumo, se prestan a confusiones entre ingenieros y arquitectos de la construcción. Es necesario entonces precisar el significado de estos dos términos.

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

2.4.5.2 Consumo de mano de obra. Se define como la cantidad de recurso humano en horas-Hombre, que se emplea por una cuadrilla compuesta por uno o varios operarios de diferente especialidad, para ejecutar completamente la cantidad unitaria de alguna actividad. El consumo de mano de obra se expresa normalmente en hH/um (horas – Hombre por unidad de medida) y corresponde al inverso matemático del rendimiento de mano de obra.

La eficiencia en la productividad de la mano de obra, puede variar en un amplio rango que va desde el 0%, cuando no se realiza actividad alguna, hasta el 100% si se presenta la máxima eficiencia teórica posible. Enmarcados entre los dos anteriores límites, se encuentran los rendimientos y consumos reales de mano de obra obtenibles en cualquier condición, para los cuales se han definido diferentes rangos de acuerdo con la eficiencia en la productividad, como lo muestra la tabla 3, de acuerdo a la propuesta de John S. Page en su libro “estimator’s general construction man - hour manual”.

Tabla 3

Clasificación de la eficiencia en la productividad

| EFICIENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD | RANGO |
|--------------------------------|------------|
| Muy baja | 10% - 40% |
| Baja | 41% - 60% |
| Normal (promedio) | 61% - 80% |
| Muy buena | 81% - 90% |
| Excelente | 91% - 100% |

Nota: La tabla muestra la clasificación por eficiencia de la productividad. Fuente: Estimator’s general construction man - hour manual, John S. Page.

Se considera como normal o promedio, el rango de eficiencia en la productividad comprendido entre 61% y 80%, por lo tanto, se puede definir como el 70% el valor normal de productividad en la mano de obra, valor que puede ser afectado positiva o negativamente por diferentes factores, obteniéndose así rendimientos mayores o menores al promedio respectivamente. (Botero, 2002).

2.4.6 Factores de afectación de los rendimientos y consumos de mano de obra.

Cada proyecto de construcción es diferente y se realiza en diversas condiciones, derivándose en diferentes factores que influyen positiva o negativamente en los rendimientos y consumos de mano de obra, como se dijo anteriormente, los cuales los podemos agrupar bajo siete categorías, como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4

Factores que afectan el rendimiento

| Nº | RANGO |
|----|--------------------|
| 1 | Economía general |
| 2 | Aspectos laborales |
| 3 | Clima |
| 4 | Actividad |
| 5 | Equipamiento |
| 6 | Supervisión |
| 7 | Trabajador |

Nota: La tabla muestra los factores que afecta el rendimiento. Fuente: Estimator's general construction man - hour manual, John S. Page.

2.5 Marco legal

La base jurídica para la realización de proyectos de construcción y por las cuales se encuentra regida y restringida esta investigación son las siguientes:

Constitución colombiana de 1991. En la cual se contemplan algunas disposiciones sobre la elaboración del Plan Nacional de Desarrollo y planes de desarrollo de las entidades territoriales.

Reglamento colombiano de construcción sismo resistente (NSR-10). Por la cual se regulan las condiciones con las que deben contar las construcciones con el fin de que la respuesta estructural a un sismo sea favorable.

Decreto 879 de 1998. Por el cual se reglamentan las disposiciones referentes al ordenamiento del territorio municipal y distrital y a los planes de ordenamiento territorial.

Ley 388 de 1997. Por el cual se reglamenta los planos de ordenamiento territorial, así como las disposiciones referentes al ordenamiento del territorio municipal y distrital.

Ley 152 de 1994 Art. 1. En la cual se establecen los procedimientos y mecanismos para la elaboración, aprobación, ejecución, seguimiento, evaluación y control de los planes de desarrollo, así como la regulación de los demás aspectos contemplados por el artículo 342, y en general por el artículo 2 del Título XII de la constitución Política y demás normas constitucionales que se refieren al plan de desarrollo y la planificación.

Capítulo 3. Diseño metodológico

3.1 Tipo de investigación

La investigación que se desarrollará en el presente proyecto será de tipo cuantitativa y descriptiva. Debido a que los datos recolectados en campo permitirán un análisis cuantitativo de éstos, con el fin de desarrollar una clasificación de las pérdidas de la mano de obra.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

La población para el presente proyecto está conformada por cuatro obras de edificación, las cuales corresponden a las unidades de muestreo.

3.2.2 Muestra

La muestra para la presente investigación está conformada para las siguientes actividades: muro en bloque h10, pañete liso muros 1:5, antepiso $e=0,05m$, estuco, piso cerámica 55x55.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de la información

Las técnicas de recolección de información utilizadas para el desarrollo de este proyecto, se realiza inicialmente mediante técnicas de observación directa y recopilación documental proveniente de fuentes primarias y secundarias. Los instrumentos utilizados fueron formatos para la medición de tiempos y formatos y fichas técnicas para la evaluación de factores.

3.5 Proceso metodológico

El principal objetivo de este proyecto es el análisis de pérdidas de mano de obra durante la ejecución de procesos constructivos de acabados en obras de edificación en el municipio de Ocaña Norte de Santander.

Con el fin de dar cumplimiento a este objetivo se plantean cuatro etapas:

La primera etapa consiste en la revisión del estado del arte y posterior revisión bibliográfica de investigaciones realizadas sobre pérdidas de mano de obra generadas en edificaciones, con el propósito de establecer los fundamentos teóricos que permitan el análisis cuantitativo y descriptivo de dichas pérdidas en las actividades objeto de estudio.

En la segunda etapa se creará una ficha técnica con el fin de caracterizar el personal que realizará cada una de las actividades de obra, teniendo en cuenta los factores que posiblemente influyan en el rendimiento de la mano de obra y una ficha técnica para realizar mediciones

directas en obra; de los tiempos productivos, contributivos y no contributivos, que permitan categorizar el tiempo empleado por la mano de obra para cada actividad. Lo anterior permitirá seleccionar y clasificar las actividades que generen un mayor porcentaje de pérdidas en la mano de obra dentro de las obras de edificación contempladas en la presente investigación.

En la tercera etapa se realizará un análisis causal de las pérdidas más relevantes a través del diagrama Ishikawa, que permita visualizar los factores que originan este problema y que a su vez sirva como método para proponer mejoras en las obras.

En la cuarta y última etapa se realizará un análisis comparativo entre los rendimientos de la mano de obra obtenidos en cada proyecto y lo planteado por la revista Construprecios. Con este se podrá determinar la incidencia de los factores en el rendimiento de las cuadrillas de obra.

Capítulo 4. Resultados

4.1 Identificar los factores que generan pérdidas en la mano de obra en la ejecución de procesos constructivos de acabados en edificaciones a través de una muestra representativa.

Para lograr identificar los factores que generan pérdidas en la mano de obra en la ejecución de procesos constructivos de acabados en las obras objeto de estudio de esta investigación y partiendo de una metodología existente se creó el formato F-002 y la tabla de referencia para la evaluación de dichos factores, los cuales se indican en las Figuras 5 y 6 respectivamente. Todos los formatos se muestran en el Apéndice B.

El formato F-002 consiste en una evaluación conformada por siete factores: economía general, aspectos laborales, clima, actividad, equipamiento, supervisión y trabajador; estos aspectos pueden influir positiva o negativamente en el rendimiento de la mano de obra; por otro lado, la tabla de referencia sirve de apoyo para poder realizar la calificación de una forma clara y concisa. La evaluación tiene una calificación de uno a cinco para los elementos que integran a cada factor, donde uno corresponde a la condición más desfavorable y cinco a la más favorable.

La evaluación se realizó durante la toma de cada muestra y finalmente una vez tabulados los datos, se obtuvo un puntaje global que permite ubicar cada actividad dentro de un rango en la clasificación de la eficiencia en la productividad; indicando si esta es muy baja (10% - 40%), baja (41% - 60%), normal (61% - 80%), muy buena (81% - 90%) o excelente (91% - 100%).

| UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA | | | LOGO | | | | |
|--|---|--|---------------------|---|---|---|---|
| Fecha | Formato F-002 | Documento FORMATO DE ANÁLISIS DE FACTORES QUE AFECTAN EL RENDIMIENTO DE LA MANO DE OBRA | | | | | |
| Proyecto en estudio | | Trabajo de grado | | | | | |
| Ubicación | ANÁLISIS DE PÉRDIDAS DE MANO DE OBRA DURANTE LA EJECUCIÓN DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE ACABADOS EN OBRAS DE EDIFICACIÓN EN EL MUNICIPIO DE OCAÑA NORTE DE SANTANDER | | | | | | |
| Esudiante | | | | | | | |
| CUADRILLA: | ACTIVIDAD: | | UND: | | | | |
| OBSERVACIÓN: | TIEMPO CONSUMIDO: | | CANTIDAD EJECUTADA: | | | | |
| FACTORES | SUBFACTORES | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1. ECONOMÍA GENERAL | 1.1 | DISPONIBILIDAD DE MANO DE OBRA | | | | | |
| | 1.2 | DISPONIBILIDAD DE SUPERVISORES | | | | | |
| | 1.3 | DISPONIBILIDAD DE INSUMOS | | | | | |
| 2. ASPECTOS LABORALES | 2.1 | TIPO DE CONTRATO | | | | | |
| | 2.2 | AMBIENTE DE TRABAJO | | | | | |
| | 2.3 | SEGURIDAD INDUSTRIAL | | | | | |
| 3. CLIMA | 3.1 | ESTADO DEL TIEMPO | | | | | |
| | 3.2 | TEMPERATURA | | | | | |
| | 3.3 | CONDICIONES DEL SUELO | | | | | |
| | 3.4 | CUBIERTA | | | | | |
| 4. ACTIVIDAD | 4.1 | GRADO DE DIFICULTAD | | | | | |
| | 4.2 | RIESGO | | | | | |
| | 4.3 | DISCONTINUIDAD | | | | | |
| | 4.4 | ORDEN Y ASEO | | | | | |
| | 4.5 | ACTIVIDADES PREDECESORAS | | | | | |
| | 4.6 | TIPICIDAD | | | | | |
| | 4.7 | TAJO | | | | | |
| 5. EQUIPAMIENTO | 5.1 | EQUIPO | | | | | |
| | 5.2 | MANTENIMIENTO | | | | | |
| | 5.3 | SUMINISTRO | | | | | |
| | 5.4 | ELEMENTOS DE PROTECCIÓN | | | | | |
| 6. SUPERVISIÓN | 6.1 | CRITERIOS DE ACEPTACIÓN | | | | | |
| | 6.2 | INSTRUCCIÓN | | | | | |
| | 6.3 | SEGUIMIENTO | | | | | |
| | 6.4 | SUPERVISOR | | | | | |
| | 6.5 | GESTIÓN DE CALIDAD | | | | | |
| 7. TRABAJADOR | 7.1 | SITUACIÓN PERSONAL | | | | | |
| | 7.2 | RITMO DE TRABAJO | | | | | |
| | 7.3 | HABILIDAD | | | | | |
| | 7.4 | CONOCIMIENTOS | | | | | |
| | 7.5 | DESEMPEÑO | | | | | |
| | 7.6 | ACTITUD HACIA EL TRABAJO | | | | | |

Figura 5. Formato de análisis de factores.

Fuente: Estimator's general construction man-hour manual, John S. Page. Adaptación de los Ingenieros Antonio Cano R y Gustavo Duque V, a esta investigación.

| EVALUACIÓN DE FACTORES QUE AFECTAN EL RENDIMIENTO DE LA MANO DE OBRA | | | | | | |
|--|--------------------------|------------------------------|---------------------|--------------------------------|-----------------------|----------------------|
| FACTORES/PUNTAJE | | E: 5 | B: 4 | N: 3 | M: 2 | P: 1 |
| ECONOMÍA | MANO DE OBRA | EXPERTO | CALIFICADO | SEMICALIFICADO | NO CALIFICADO | INEXPERTO |
| | SUPERVISORES | RESIDENTE/SUPERVISOR/MAESTRO | RESIDENTE/MAESTRO | RESIDENTE | MAESTRO | NINGUNO |
| | INSUMOS | SIEMPRE DISPONIBLE | A TIEMPO | ALGUNAS VECES | CASI NUNCA DISPONIBLE | NO DISPONIBLE |
| LABORALES | TIPO DE CONTRATO | POR OBRA/INCENTIVOS | POR OBRA | POR ADMINISTRACIÓN/ INCENTIVOS | POR ADMINISTRACIÓN | CONTRATO VERBAL |
| | AMBIENTE DE TRABAJO | EXCELENTE | BUENO | NORMAL | REGULAR | MALO |
| | SEGURIDAD INDUSTRIAL | MUY ALTA | ALTA | MEDIA | BAJA | MUY BAJA |
| CLIMA | ESTADO DEL TIEMPO | SECO | NUBLADO | LLOVIZNA | AGUACERO | TORMENTA |
| | TEMPERATURA | ACONDICIONADA | FRESCA | NORMAL | ALTA O BAJA | EXTREMAS |
| | CONDICIONES DEL SUELO | PISO RESISTENTE | PISO SECO | PISO HÚMEDO | CHARCHOS | PANTANO |
| ACTIVIDAD | CUBIERTA | SOMBRA Y SECO | SOMBRA Y HÚMEDO | SOMBRA O SECO | SOL Y SECO | SOL Y LLUVIA |
| | GRADO DE DIFICULTAD | MUY FÁCIL | FÁCIL | NORMAL | DIFÍCIL | MUY DIFÍCIL |
| | RIESGO | NINGUNO | NORMAL | MODERADO | PELIGROSO | MUY PELIGROSO |
| | DISCONTINUIDAD | NINGUNA | DE 1 A 5 MINUTOS | DE 6 A 15 MINUTOS | DE 16 A 60 MINUTOS | > 1 HORA |
| | ORDEN Y ASEO | ASEO TOTAL | ASEO PARCIAL | PISO SUCIO | TRANSITABLE | INTRANSITABLE |
| | ACTIVIDADES PREDECESORAS | EXCELENTE | ADECUADA | ACEPTABLE | DEFECTUOSA | MUY DEFECTUOSA |
| EQUIPAMIENTO | TIPICIDAD | MUY ALTA | ALTA | MEDIA | BAJA | MUY BAJA |
| | TAJO | MUY AMPLIO | AMPLIO | NORMAL | ESPACIO LIMITADO | ESPACIO MUY LIMITADO |
| | EQUIPO | SIEMPRE DISPONIBLE | DISPONIBLE A TIEMPO | ALGUNAS VECES | CASI NUNCA DISPONIBLE | NO DISPONIBLE |
| SUPERVISIÓN | MANTENIMIENTO | NUNCA | POCAS VECES | OPORTUNO | CASI SIEMPRE | SIEMPRE |
| | SUMINISTRO | SIEMPRE DISPONIBLE | DISPONIBLE A TIEMPO | ALGUNAS VECES | CASI NUNCA DISPONIBLE | NO DISPONIBLE |
| | ELEMENTOS DE PROTECCIÓN | TODOS | CASI TODOS | BÁSICOS | ALGUNOS | NINGUNO |
| | CRITERIOS DE ACEPTACIÓN | ESCRITOS | VERBALES PREVIOS | VERBALES | A OJO | NINGUNO |
| | INSTRUCCIÓN | ESCRITA | VERBAL PREVIA | NECESARIA | OCASIONAL | NINGUNA |
| | SEGUIMIENTO | TOTAL | PARCIAL | ESPORÁDICO | EVENTUAL | NINGUNO |
| TRABAJADOR | SUPERVISOR | IDÓNEO | COMPETENTE | BUENO | REGULAR | MALO |
| | GESTIÓN DE CALIDAD | SOBRESALIENTE | ADECUADO | EN PROCESO | PRÁCTICA ELEMENTAL | AUSENCIA TOTAL |
| | SITUACIÓN PERSONAL | SATISFACTORIA | BUENA | CON ALTIBAJOS | TRISTE | AFLIGIDO |
| | RITMO DE TRABAJO | VELOZ | RÁPIDO | NORMAL | PAUSADO | MUY PAUSADO |
| | HABILIDAD | EXPERTO | HÁBIL | NORMAL | LENTO | MUY LENTO |
| TRABAJADOR | CONOCIMIENTOS | SUPERIORES | BUENOS | NORMALES | ESCASOS | NINGUNO |
| | DESEMPEÑO | EXCELENTE | SOBRESALIENTE | ACEPTABLE | INSUFICIENTE | DEFICIENTE |
| | ACTITUD HACIA EL TRABAJO | ENTUSIASTA | ANIMADO | DISPUESTO | RESIGNADO | APÁTICO |

Figura 6. Tabla de referencia para la evaluación de factores.

Fuente: Apoyo en el estudio sobre la medición de productividad y rendimientos, consumo de materiales, mano de obra y equipos utilizados para la ejecución de actividades, basado en el análisis por precios unitarios. Adaptación de la ingeniera Triny Hernández, a esta investigación.

4.1.1 Proyecto Torre Isa. Mediante la evaluación realizada se pudo identificar que la baja productividad de la mano de obra en el proyecto Torre Isa se debe a que: la mano de obra en su mayoría no es calificada; el sistema de subcontratación se realiza por día laborado, lo cual desfavorece considerablemente el rendimiento obtenido si se compara con un sistema de subcontratación a destajo o por cantidad de obra ejecutada. La discontinuidad obedece a las múltiples interferencias e interrupciones en la realización de las actividades. Finalmente, el uso de elementos de protección en mal estado dificulta la realización de las tareas.

En las tablas 5, 6, 7, 8 y 9 se puede observar el puntaje global obtenido por muestra en cada actividad en el proyecto Torre Isa.

Tabla 5

Mampostería proyecto Torre Isa

| ACTIVIDAD | MUESTRA | PORCENTAJE |
|---------------------------------------|----------------|-------------------|
| MURO EN BLOQUE H10 | 1 | 65,00% |
| | 2 | 60,63% |
| | 3 | 60,00% |
| | 4 | 57,50% |
| | 5 | 56,25% |
| PORCENTAJE PROMEDIO | | 59,88% |
| EFICIENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD | | BAJA |

Nota: La tabla muestra los porcentajes obtenidos en la evaluación de factores para el cálculo de la eficiencia en la productividad de muro en bloque h10 en el proyecto Torre Isa. Fuente: Autor, 2019.

Tabla 6

Pañete proyecto Torre Isa

| ACTIVIDAD | MUESTRA | PORCENTAJE |
|---------------------------------------|---------|--------------------------|
| PAÑETE | 1 | 70,00% |
| | 2 | 67,50% |
| | 3 | 64,38% |
| | 4 | 60,00% |
| PORCENTAJE PROMEDIO | | 65,47% |
| EFICIENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD | | NORMAL (PROMEDIO) |

Nota: La tabla muestra los porcentajes obtenidos en la evaluación de factores para el cálculo de la eficiencia en la productividad de pañete en el proyecto Torre Isa. Fuente: Autor, 2019.

Tabla 7

Antepiso proyecto Torre Isa

| ACTIVIDAD | MUESTRA | PORCENTAJE |
|---------------------------------------|---------|--------------------------|
| ANTEPISO | 1 | 74,38% |
| | 2 | 73,75% |
| | 3 | 72,50% |
| | 4 | 71,88% |
| PORCENTAJE PROMEDIO | | 73,13% |
| EFICIENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD | | NORMAL (PROMEDIO) |

Nota: La tabla muestra los porcentajes obtenidos en la evaluación de factores para el cálculo de la eficiencia en la productividad de antepiso en el proyecto Torre Isa. Fuente: Autor, 2019.

Tabla 8

Estuco proyecto Torre Isa

| ACTIVIDAD | MUESTRA | PORCENTAJE |
|---------------------------------------|---------|--------------------------|
| ESTUCO | 1 | 77,50% |
| | 2 | 81,25% |
| | 3 | 75,63% |
| | 4 | 88,75% |
| PORCENTAJE PROMEDIO | | 80,78% |
| EFICIENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD | | NORMAL (PROMEDIO) |

Nota: La tabla muestra los porcentajes obtenidos en la evaluación de factores para el cálculo de la eficiencia en la productividad de estuco en el proyecto Torre Isa. Fuente: Autor, 2019.

Tabla 9

Piso cerámica proyecto Torre Isa

| ACTIVIDAD | MUESTRA | PORCENTAJE |
|---------------------------------------|----------------|-------------------|
| PISO CERÁMICA | 1 | 57,50% |
| | 2 | 56,25% |
| | 3 | 55,63% |
| | 4 | 55,63% |
| PORCENTAJE PROMEDIO | | 56,25% |
| EFICIENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD | | BAJA |

Nota: La tabla muestra los porcentajes obtenidos en la evaluación de factores para el cálculo de la eficiencia en la productividad de piso cerámica en el proyecto Torre Isa. Fuente: Autor, 2019.

Finalmente se obtuvo un puntaje promedio global, teniendo en cuenta todas las actividades analizadas en la obra, como se muestra en la tabla 10.

Tabla 10

Porcentaje promedio global Torre Isa

| | |
|---------------------------------------|--------------------------|
| PORCENTAJE PROMEDIO GLOBAL | 61,17% |
| EFICIENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD | NORMAL (PROMEDIO) |

Nota: La tabla muestra el porcentaje promedio global obtenido en el proyecto Torre Isa. Fuente: Autor, 2019.

4.1.2 Proyecto Belo Horizonte. En el proyecto Belo Horizonte se identificó que la baja productividad en la ejecución de procesos constructivos de acabados se debe principalmente a que: la poca disponibilidad tanto de mano de obra calificada como de residente de obra y/o maestro no permite llevar un direccionamiento de la obra; el tipo de contrato se realiza por día laborado, lo anterior no incentiva a los trabajadores como sí sucede cuando el pago se realiza por cantidad de obra ejecutada; por otro lado, no se implementan ni desarrollan programas de seguridad industrial en los sitios de trabajo que permitan disminuir los riesgos que afectan

negativamente la productividad de la mano de obra. La ausencia de elementos de protección dificulta a los trabajadores ejecutar sus tareas correctamente. La poca instrucción y seguimiento no permite al personal tener las ideas claras acerca de la realización de sus labores; finalmente no se implementan sistemas de gestión de la calidad que permitan aumentar la productividad en obra. En las tablas 11, 12, 13, 14 y 15 se puede observar el puntaje global obtenido por muestra en cada actividad en el proyecto Belo Horizonte.

Tabla 11

Mampostería proyecto Belo Horizonte

| ACTIVIDAD | MUESTRA | PORCENTAJE |
|---------------------------------------|----------------|-------------------|
| MURO EN BLOQUE H10 | 1 | 65,63% |
| | 2 | 59,38% |
| | 3 | 50,63% |
| | 4 | 51,88% |
| | 5 | 52,50% |
| PORCENTAJE PROMEDIO | | 56,00% |
| EFICIENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD | | BAJA |

Nota: La tabla muestra los porcentajes obtenidos en la evaluación de factores para el cálculo de la eficiencia en la productividad de muro en bloque h10 en el proyecto Belo Horizonte. Fuente: Autor, 2019.

Tabla 12

Pañete proyecto Belo Horizonte

| ACTIVIDAD | MUESTRA | PORCENTAJE |
|---------------------------------------|----------------|--------------------------|
| PAÑETE | 1 | 71,25% |
| | 2 | 71,88% |
| | 3 | 70,00% |
| | 4 | 68,75% |
| PORCENTAJE PROMEDIO | | 70,47% |
| EFICIENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD | | NORMAL (PROMEDIO) |

Nota: La tabla muestra los porcentajes obtenidos en la evaluación de factores para el cálculo de la eficiencia en la productividad de pañete en el proyecto Belo Horizonte. Fuente: Autor, 2019.

Tabla 13

Antepiso proyecto Belo Horizonte

| ACTIVIDAD | MUESTRA | PORCENTAJE |
|---------------------------------------|---------|--------------------------|
| ANTEPISO | 1 | 80,00% |
| | 2 | 80,63% |
| | 3 | 77,50% |
| | 4 | 73,13% |
| PORCENTAJE PROMEDIO | | 77,81% |
| EFICIENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD | | NORMAL (PROMEDIO) |

Nota: La tabla muestra los porcentajes obtenidos en la evaluación de factores para el cálculo de la eficiencia en la productividad de antepiso en el proyecto Belo Horizonte. Fuente: Autor, 2019.

Tabla 14

Estuco proyecto Belo Horizonte

| ACTIVIDAD | MUESTRA | PORCENTAJE |
|---------------------------------------|---------|--------------------------|
| ESTUCO | 1 | 71,25% |
| | 2 | 74,38% |
| | 3 | 76,25% |
| | 4 | 75,63% |
| PORCENTAJE PROMEDIO | | 74,38% |
| EFICIENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD | | NORMAL (PROMEDIO) |

Nota: La tabla muestra los porcentajes obtenidos en la evaluación de factores para el cálculo de la eficiencia en la productividad de estuco en el proyecto Belo Horizonte. Fuente: Autor, 2019.

Tabla 15

Piso cerámica proyecto Belo Horizonte

| ACTIVIDAD | MUESTRA | PORCENTAJE |
|---------------------------------------|---------|---------------|
| PISO CERÁMICA | 1 | 56,88% |
| | 2 | 53,75% |
| | 3 | 59,38% |
| | 4 | 53,75% |
| PORCENTAJE PROMEDIO | | 55,94% |
| EFICIENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD | | BAJA |

Nota: La tabla muestra los porcentajes obtenidos en la evaluación de factores para el cálculo de la eficiencia en la productividad de piso cerámica en el proyecto Belo Horizonte. Fuente: Autor, 2019.

Finalmente se obtuvo un puntaje promedio global, teniendo en cuenta todas las actividades analizadas en la obra, como se muestra en la tabla 16.

Tabla 16

Porcentaje promedio global Belo Horizonte

| | |
|---------------------------------------|--------------------------|
| PORCENTAJE PROMEDIO GLOBAL | 66,98% |
| EFICIENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD | NORMAL (PROMEDIO) |

Nota: La tabla muestra el porcentaje promedio global obtenido en el proyecto Belo Horizonte. Fuente: Autor, 2019.

4.1.3 Proyecto Edificio Verde. En el proyecto Edificio Verde se logró identificar que la baja productividad en la ejecución de procesos constructivos de acabados se debe principalmente a que: la mayoría de la mano de obra no es calificada y la poca disponibilidad de insumos a tiempo no permite a los trabajadores el desarrollo de las actividades; el tipo de contrato se realiza por administración, lo cual desfavorece considerablemente el rendimiento obtenido si se compara con un sistema de subcontratación a destajo o por cantidad de obra ejecutada. La discontinuidad obedece a las interferencias e interrupciones durante la realización de las actividades. El uso de pocos elementos de protección dificulta la realización de las tareas. Por otra parte, el bajo ritmo de trabajo y la poca habilidad desfavorecen la productividad en obra. Finalmente, el poco conocimiento se debe a que los trabajadores no cuentan con los fundamentos técnicos, teóricos y prácticos acerca de la correcta ejecución de las tareas.

En las tablas 17, 18, 19, 20 y 21 se puede observar el puntaje global obtenido por muestra en cada actividad en el proyecto Edificio Verde.

Tabla 17

Mampostería proyecto Edificio Verde

| ACTIVIDAD | MUESTRA | PORCENTAJE |
|---------------------------------------|----------------|-------------------|
| MURO EN BLOQUE H10 | 1 | 62,50% |
| | 2 | 62,50% |
| | 3 | 47,50% |
| | 4 | 56,88% |
| | 5 | 49,38% |
| PORCENTAJE PROMEDIO | | 55,75% |
| EFICIENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD | | BAJA |

Nota: La tabla muestra los porcentajes obtenidos en la evaluación de factores para el cálculo de la eficiencia en la productividad de muro en bloque h10 en el proyecto Edificio Verde. Fuente: Autor, 2019.

Tabla 18

Pañete proyecto Edificio Verde

| ACTIVIDAD | MUESTRA | PORCENTAJE |
|---------------------------------------|----------------|--------------------------|
| PAÑETE | 1 | 70,63% |
| | 2 | 70,00% |
| | 3 | 68,75% |
| | 4 | 67,50% |
| PORCENTAJE PROMEDIO | | 69,22% |
| EFICIENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD | | NORMAL (PROMEDIO) |

Nota: La tabla muestra los porcentajes obtenidos en la evaluación de factores para el cálculo de la eficiencia en la productividad de pañete en el proyecto Edificio Verde. Fuente: Autor, 2019.

Tabla 19

Antepiso proyecto Edificio Verde

| ACTIVIDAD | MUESTRA | PORCENTAJE |
|---------------------------------------|----------------|--------------------------|
| ANTEPISO | 1 | 65,00% |
| | 2 | 64,38% |
| | 3 | 67,50% |
| | 4 | 66,88% |
| PORCENTAJE PROMEDIO | | 65,94% |
| EFICIENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD | | NORMAL (PROMEDIO) |

Nota: La tabla muestra los porcentajes obtenidos en la evaluación de factores para el cálculo de la eficiencia en la productividad de antepiso en el proyecto Edificio Verde. Fuente: Autor, 2019.

Tabla 20

Estuco proyecto Edificio Verde

| ACTIVIDAD | MUESTRA | PORCENTAJE |
|---------------------------------------|----------------|--------------------------|
| ESTUCO | 1 | 67,50% |
| | 2 | 71,88% |
| | 3 | 70,63% |
| | 4 | 65,00% |
| PORCENTAJE PROMEDIO | | 68,75% |
| EFICIENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD | | NORMAL (PROMEDIO) |

Nota: La tabla muestra los porcentajes obtenidos en la evaluación de factores para el cálculo de la eficiencia en la productividad de estuco en el proyecto Edificio Verde. Fuente: Autor, 2019.

Tabla 21

Piso cerámica proyecto Edificio Verde

| ACTIVIDAD | MUESTRA | PORCENTAJE |
|---------------------------------------|----------------|-------------------|
| PISO CERÁMICA | 1 | 56,25% |
| | 2 | 55,00% |
| | 3 | 54,38% |
| | 4 | 53,75% |
| PORCENTAJE PROMEDIO | | 54,84% |
| EFICIENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD | | BAJA |

Nota: La tabla muestra los porcentajes obtenidos en la evaluación de factores para el cálculo de la eficiencia en la productividad de piso cerámica en el proyecto Edificio Verde. Fuente: Autor, 2019.

Finalmente se obtuvo un puntaje promedio global, teniendo en cuenta todas las actividades analizadas en la obra, como se muestra en la tabla 22.

Tabla 22

Porcentaje promedio global Edificio Verde

| | |
|---------------------------------------|--------------------------|
| PORCENTAJE PROMEDIO GLOBAL | 62,90% |
| EFICIENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD | NORMAL (PROMEDIO) |

Nota: La tabla muestra el porcentaje promedio global obtenido en el proyecto Edificio Verde. Fuente: Autor, 2019.

4.1.4 Proyecto Vivienda Montelago Urbano. En el proyecto Vivienda Montelago Urbano se identificó que la baja productividad se debe principalmente a que: hay ausencia de mano de obra calificada y de supervisores, lo anterior no permite llevar un direccionamiento de la obra; el tipo de contrato se realiza por día laborado, lo anterior no incentiva a los trabajadores como sí sucede cuando el pago se realiza por cantidad de obra ejecutada; además no se implementan programas de seguridad industrial que permitan disminuir los riesgos que afectan negativamente la productividad de la mano de obra. La discontinuidad se debe a las interferencias e interrupciones durante la realización de las actividades. La ausencia de elementos de protección dificulta la realización de las tareas. Además, la poca instrucción y supervisión no permite al personal tener las ideas claras acerca de la realización de sus labores. Finalmente, no se implementan sistemas de gestión de la calidad que permitan aumentar la productividad en obra.

En las tablas 23, 24, 25, 26 y 27 se puede observar el puntaje global obtenido por muestra en cada actividad en el proyecto Vivienda Montelago Urbano.

Tabla 23

Mampostería proyecto Vivienda Montelago Urbano

| ACTIVIDAD | MUESTRA | PORCENTAJE |
|---------------------------------------|----------------|-------------------|
| MURO EN BLOQUE H10 | 1 | 50,00% |
| | 2 | 51,25% |
| | 3 | 52,50% |
| | 4 | 50,63% |
| | 5 | 49,38% |
| PORCENTAJE PROMEDIO | | 50,75% |
| EFICIENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD | | BAJA |

Nota: La tabla muestra los porcentajes obtenidos en la evaluación de factores para el cálculo de la eficiencia en la productividad de muro en bloque h10 en el proyecto Vivienda Montelago Urbano. Fuente: Autor, 2019.

Tabla 24

Pañete proyecto Vivienda Montelago Urbano

| ACTIVIDAD | MUESTRA | PORCENTAJE |
|---------------------------------------|---------|---------------|
| PAÑETE | 1 | 55,00% |
| | 2 | 57,50% |
| | 3 | 64,38% |
| | 4 | 60,00% |
| PORCENTAJE PROMEDIO | | 59,22% |
| EFICIENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD | | BAJA |

Nota: La tabla muestra los porcentajes obtenidos en la evaluación de factores para el cálculo de la eficiencia en la productividad de pañete en el proyecto Vivienda Montelago Urbano. Fuente: Autor, 2019.

Tabla 25

Antepiso proyecto Vivienda Montelago Urbano

| ACTIVIDAD | MUESTRA | PORCENTAJE |
|---------------------------------------|---------|--------------------------|
| ANTEPISO | 1 | 71,60% |
| | 2 | 70,00% |
| | 3 | 72,50% |
| | 4 | 69,38% |
| PORCENTAJE PROMEDIO | | 70,87% |
| EFICIENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD | | NORMAL (PROMEDIO) |

Nota: La tabla muestra los porcentajes obtenidos en la evaluación de factores para el cálculo de la eficiencia en la productividad de antepiso en el proyecto Vivienda Montelago Urbano. Fuente: Autor, 2019.

Tabla 26

Estuco proyecto Vivienda Montelago Urbano

| ACTIVIDAD | MUESTRA | PORCENTAJE |
|---------------------------------------|---------|--------------------------|
| ESTUCO | 1 | 70,00% |
| | 2 | 71,25% |
| | 3 | 72,50% |
| | 4 | 73,13% |
| PORCENTAJE PROMEDIO | | 71,72% |
| EFICIENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD | | NORMAL (PROMEDIO) |

Nota: La tabla muestra los porcentajes obtenidos en la evaluación de factores para el cálculo de la eficiencia en la productividad de estuco en el proyecto Vivienda Montelago Urbano. Fuente: Autor, 2019.

Tabla 27

Piso cerámica proyecto Vivienda Montelago Urbano

| ACTIVIDAD | MUESTRA | PORCENTAJE |
|---------------------------------------|----------------|-------------------|
| PISO CERÁMICA | 1 | 53,75% |
| | 2 | 55,00% |
| | 3 | 52,50% |
| | 4 | 51,88% |
| PORCENTAJE PROMEDIO | | 53,28% |
| EFICIENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD | | BAJA |

Nota: La tabla muestra los porcentajes obtenidos en la evaluación de factores para el cálculo de la eficiencia en la productividad de piso cerámica en el proyecto Vivienda Montelago Urbano. Fuente: Autor, 2019.

Finalmente se obtuvo un puntaje promedio global, teniendo en cuenta todas las actividades analizadas en la obra, como se muestra en la tabla 28.

Tabla 28

Porcentaje promedio global Vivienda Montelago Urbano

| | |
|---------------------------------------|--------------------------|
| PORCENTAJE PROMEDIO GLOBAL | 61,17% |
| EFICIENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD | NORMAL (PROMEDIO) |

Nota: La tabla muestra el porcentaje promedio global obtenido en el proyecto Vivienda Montelago Urbano. Fuente: Autor, 2019.

4.2 Determinar los tiempos de trabajo: productivo, contributivo y no contributivo; empleados en la ejecución de los procesos constructivos de acabados a través de fichas técnicas con el fin de identificar las causas de mayor ocurrencia de pérdidas en la mano de obra.

Para la ejecución de esta fase se creó el formato F-001 como se indica en la Figura 7, con el fin de realizar mediciones directas en obra; de los tiempos productivos, contributivos y no contributivos empleados por la mano de obra. La recolección de datos se llevó a cabo tomando los tiempos correspondientes a las categorías en mención, desde el inicio de cada actividad hasta su finalización; utilizando cronómetro y cinta métrica, esta última con el fin de medir la cantidad de obra ejecutada para cada muestra. Todos los formatos se muestran en el Apéndice A.

Con el propósito de mostrar de manera más detallada los factores que generan pérdidas en la mano de obra se realizó la distribución de trabajo no contributivo y contributivo, mediante el diagrama de Pareto; en el cual se exponen la frecuencia y el porcentaje acumulado de dichas causas, permitiendo conocer cuál de estas tiene una mayor incidencia en la baja productividad en las obras.

En la distribución de trabajo contributivo se encuentra una categoría denominada otros, conformada por las siguientes actividades: instalación de formaletas, humedecimiento de la mezcla, corte de bloques y cerámica, retiro de excesos de mezcla, colocación de hilo guía y colocación de separadores para cerámica. De igual forma la categoría designada como transporte está conformada por el transporte de materiales, la preparación y transporte de la mezcla.

| UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA | | | LOGO | | |
|--|-------------|---|------|-----|--|
| Fecha | Código | Documento | | | |
| | F-001 | FORMATO DE MEDICIÓN DE TIEMPOS | | | |
| Proyecto en estudio | | Trabajo de grado | | | |
| Ubicación | | ANÁLISIS DE PÉRDIDAS DE MANO DE OBRA DURANTE LA EJECUCIÓN DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE ACABADOS EN OBRAS DE EDIFICACIÓN EN EL MUNICIPIO DE OCAÑA NORTE DE SANTANDER | | | |
| ACTIVIDAD: | | | UND: | | |
| N° | DESCRIPCIÓN | TIEMPO | | | |
| | | Hr | Min | Seg | |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 5 | | | | | |
| 6 | | | | | |
| 7 | | | | | |
| 8 | | | | | |
| 9 | | | | | |
| 10 | | | | | |
| 11 | | | | | |
| 12 | | | | | |
| 13 | | | | | |
| 14 | | | | | |
| 15 | | | | | |
| 16 | | | | | |
| 17 | | | | | |
| 18 | | | | | |
| 19 | | | | | |
| 20 | | | | | |

Figura 7. Formato de medición de los tiempos empleados por la mano de obra.

Fuente: Autor. (2019).

4.2.1 Proyecto Torre Isa. Durante la investigación se realizaron visitas semana a semana al proyecto Torre Isa, para la determinación de la distribución de categorías de trabajo de cada actividad.

La investigación realizada permitió obtener los resultados contemplados desde la Figura 8 hasta la Figura 22.



Figura 8. Distribución de categorías de trabajo en Muro Bloque h10 Torre Isa.

Fuente: Autor. (2019).

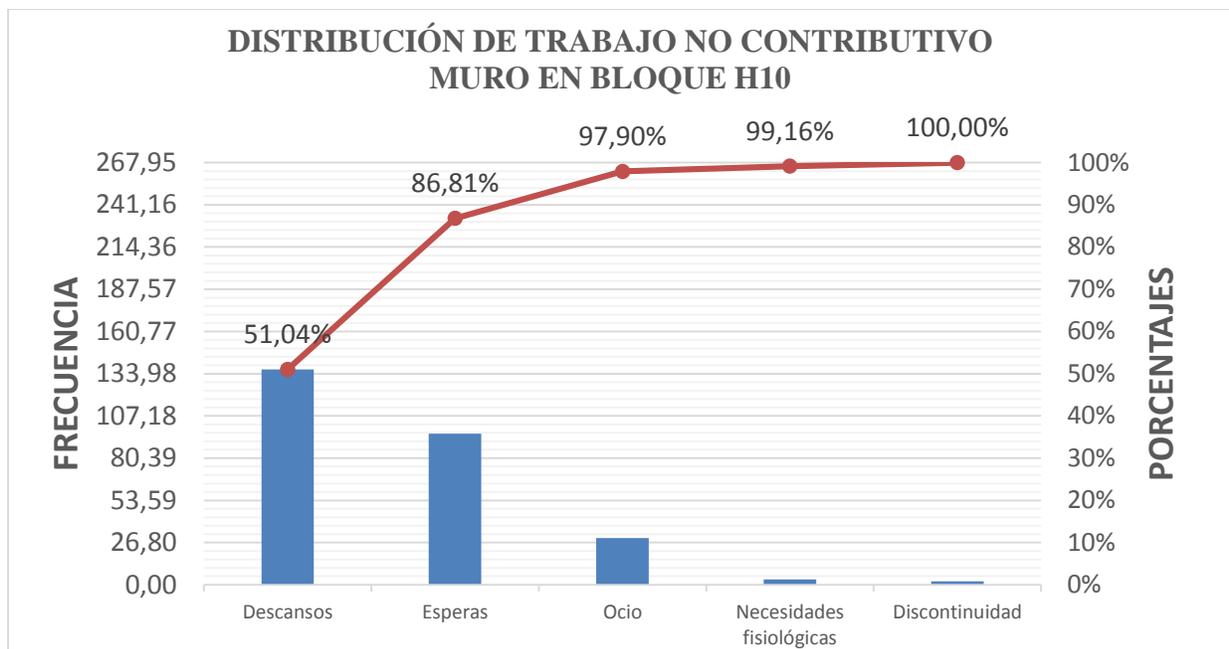


Figura 9. Distribución del trabajo no contributivo en Bloque h10 Torre Isa.

Fuente: Autor. (2019).

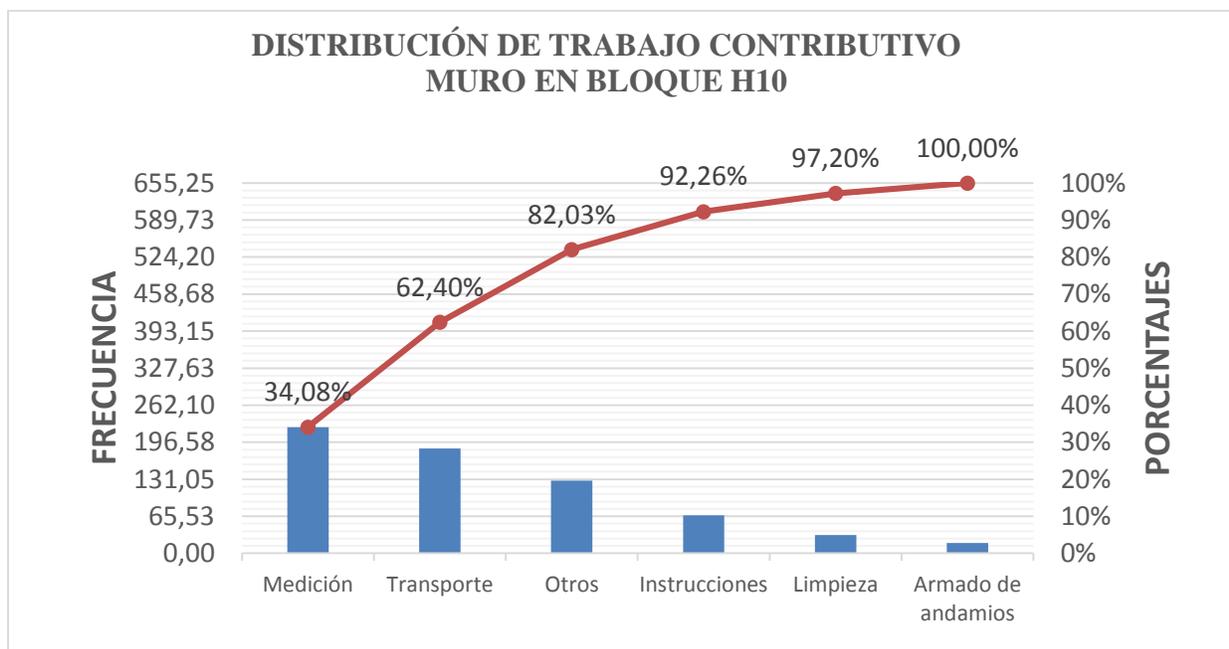


Figura 10. Distribución del trabajo contributivo en Bloque h10 Torre Isa.

Fuente: Autor. (2019).

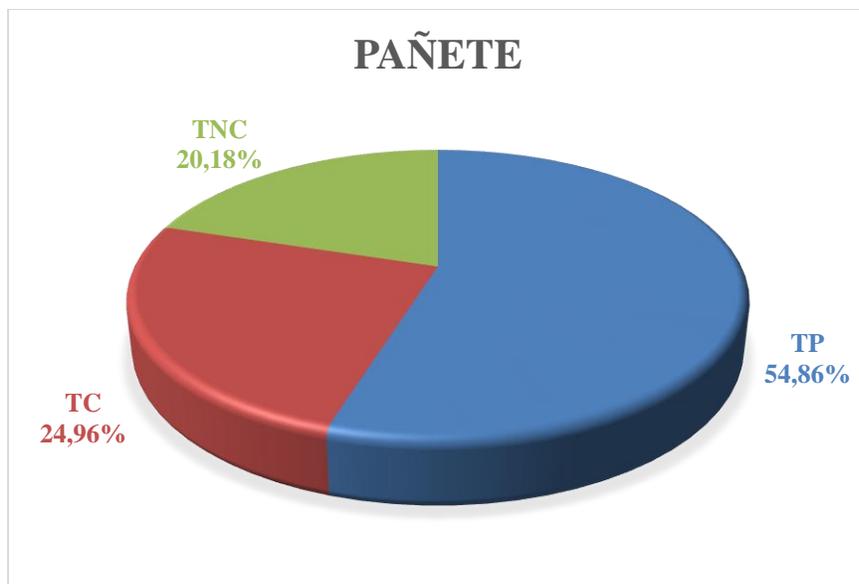


Figura 11. Distribución de categorías de trabajo en Pañete Torre Isa.

Fuente: Autor. (2019).

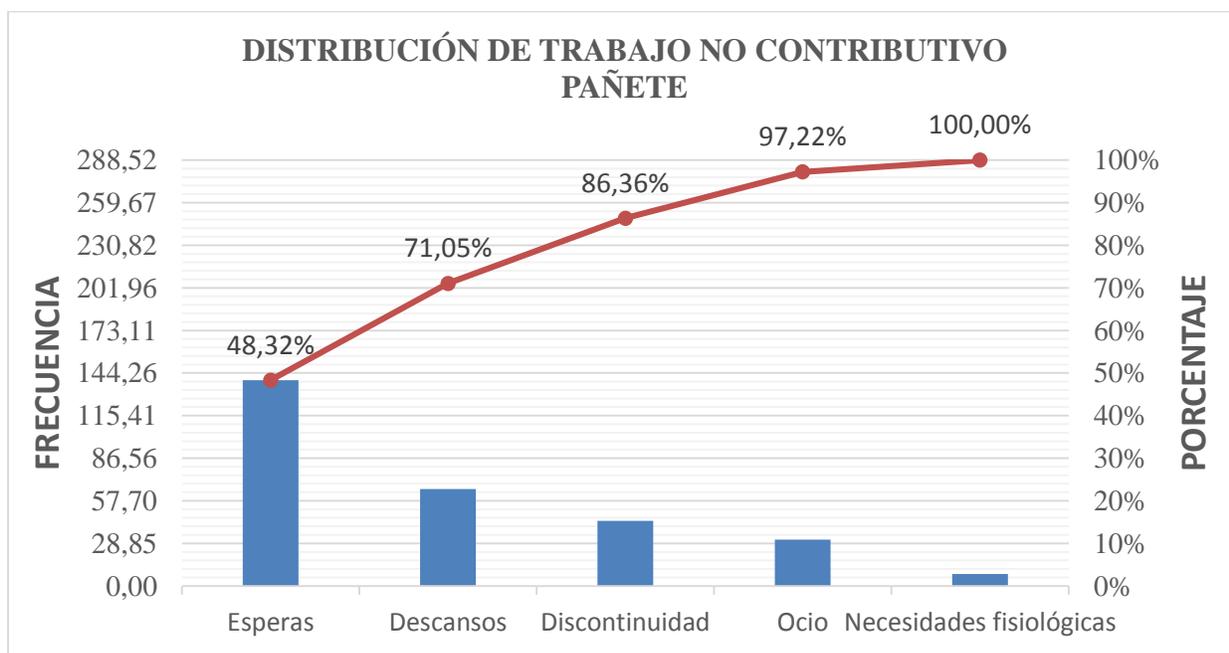


Figura 12. Distribución del trabajo no contributivo en Pañete Torre Isa.

Fuente: Autor. (2019).

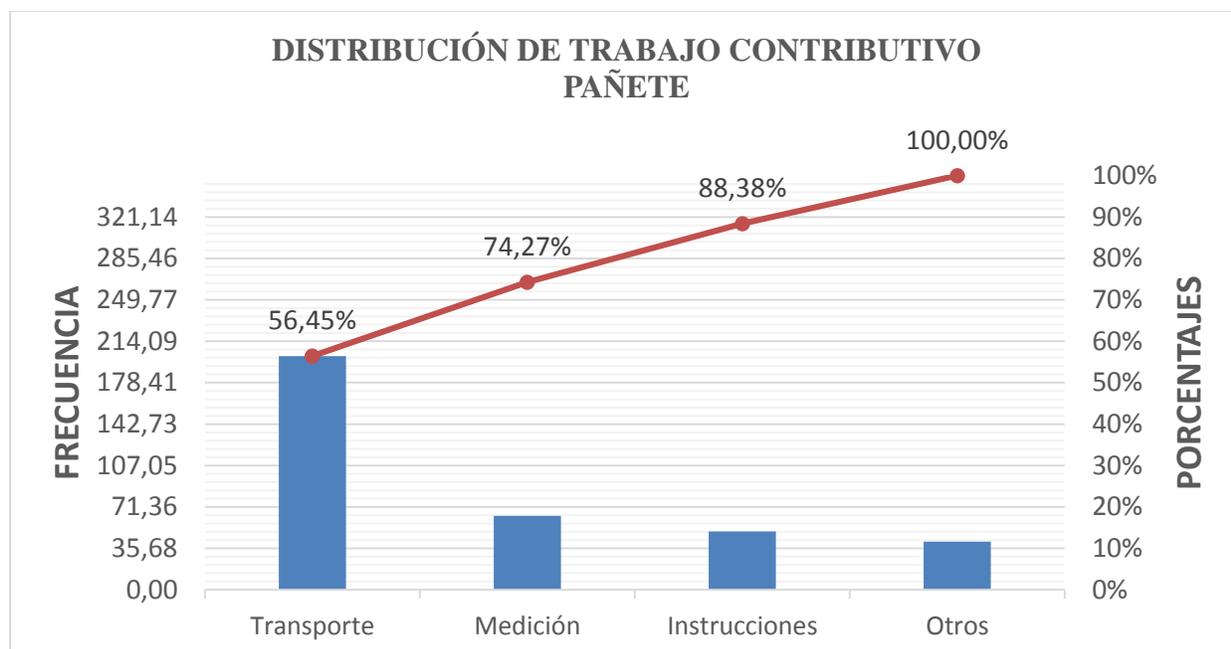


Figura 13. Distribución del trabajo contributivo en Pañete Torre Isa.

Fuente: Autor. (2019).

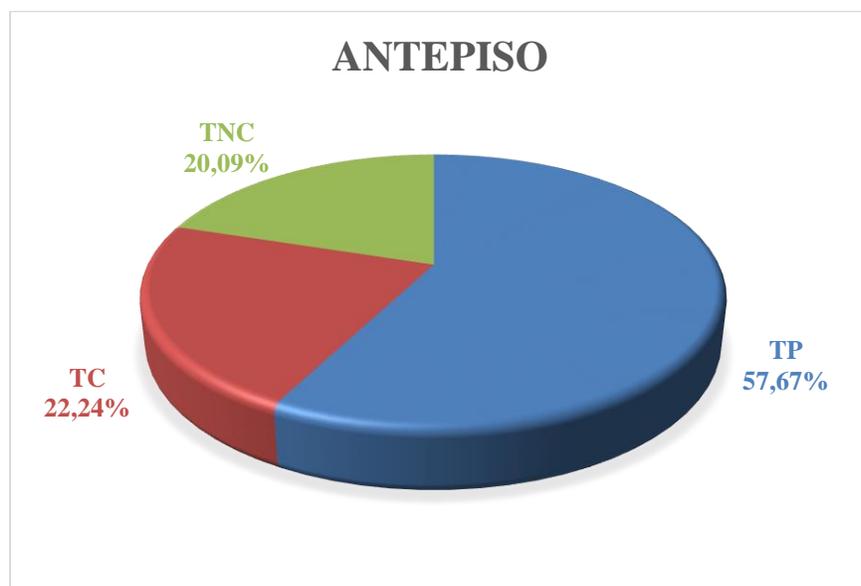


Figura 14. Distribución de categorías de trabajo en Antepiso Torre Isa.

Fuente: Autor. (2019).

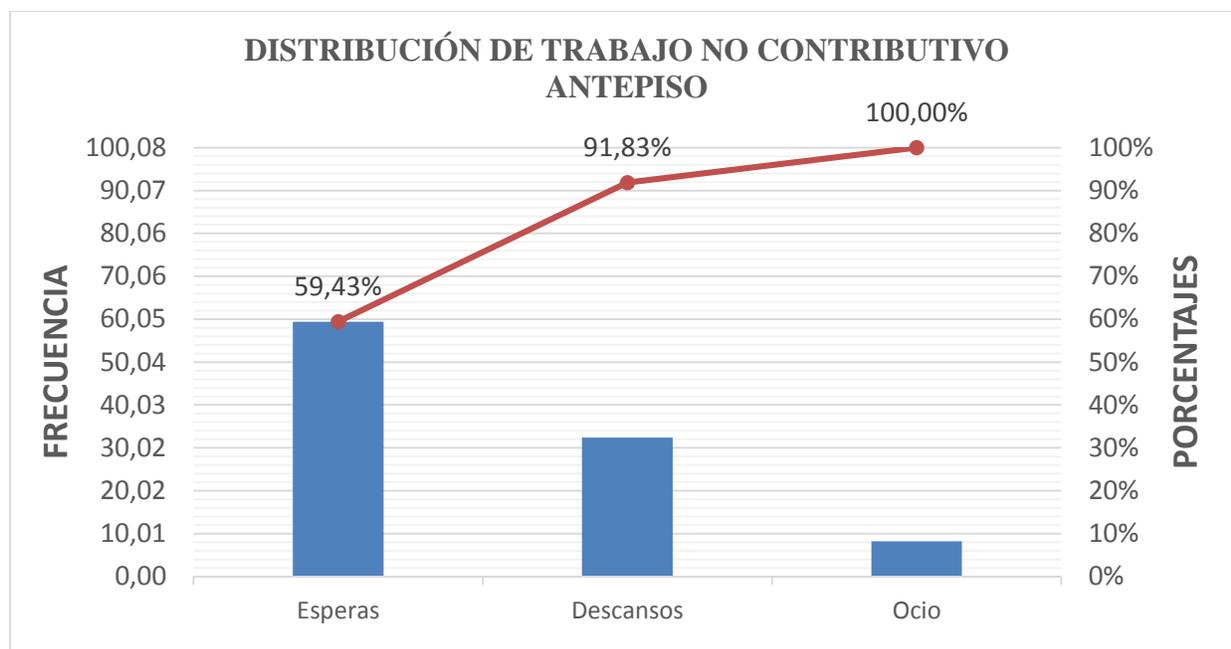


Figura 15. Distribución del trabajo no contributivo en Antepiso Torre Isa.

Fuente: Autor. (2019).

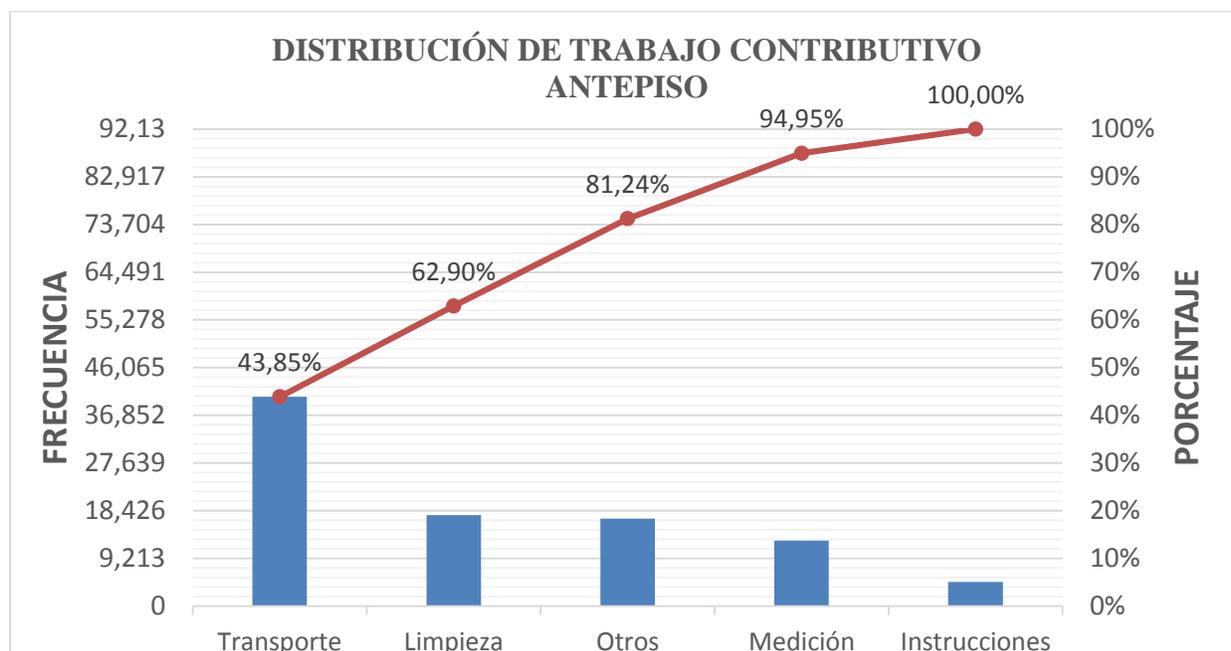


Figura 16. Distribución del trabajo contributivo en Antepiso Torre Isa.

Fuente: Autor. (2019).

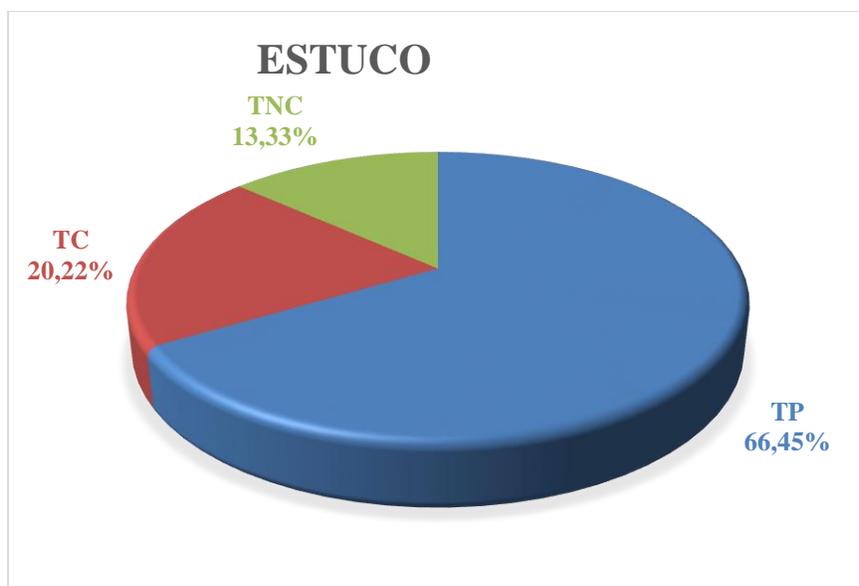


Figura 17. Distribución de categorías de trabajo en Estuco Torre Isa.

Fuente: Autor. (2019).

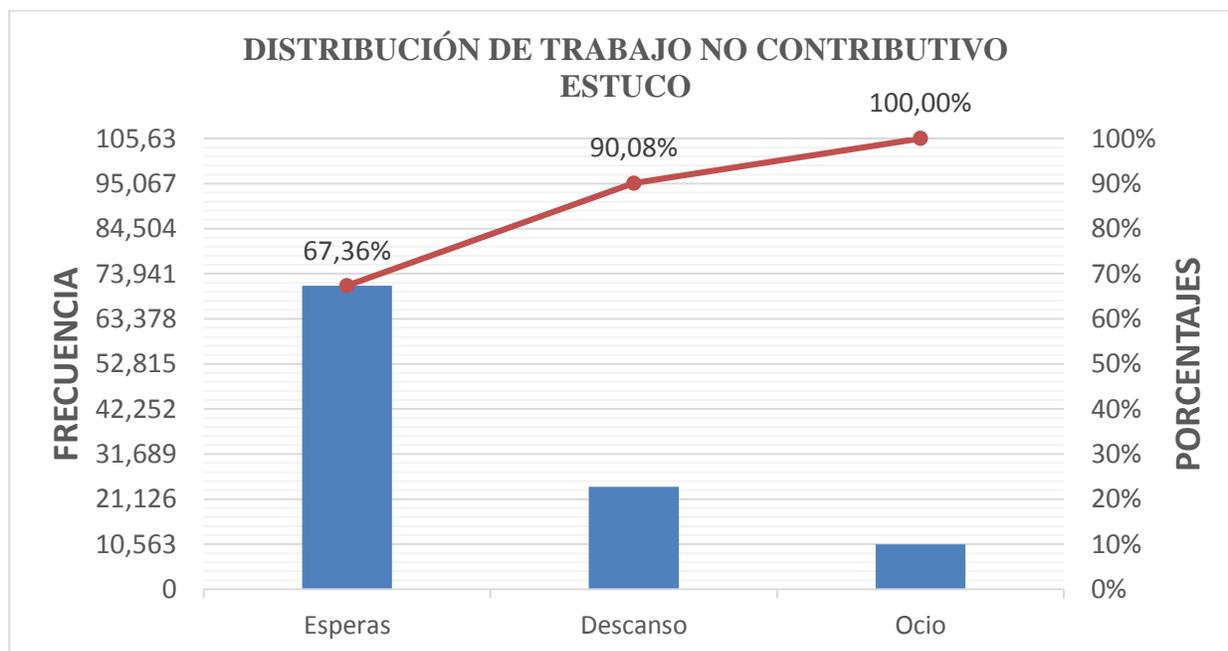


Figura 18. Distribución del trabajo no contributivo en Estuco Torre Isa.

Fuente: Autor. (2019).

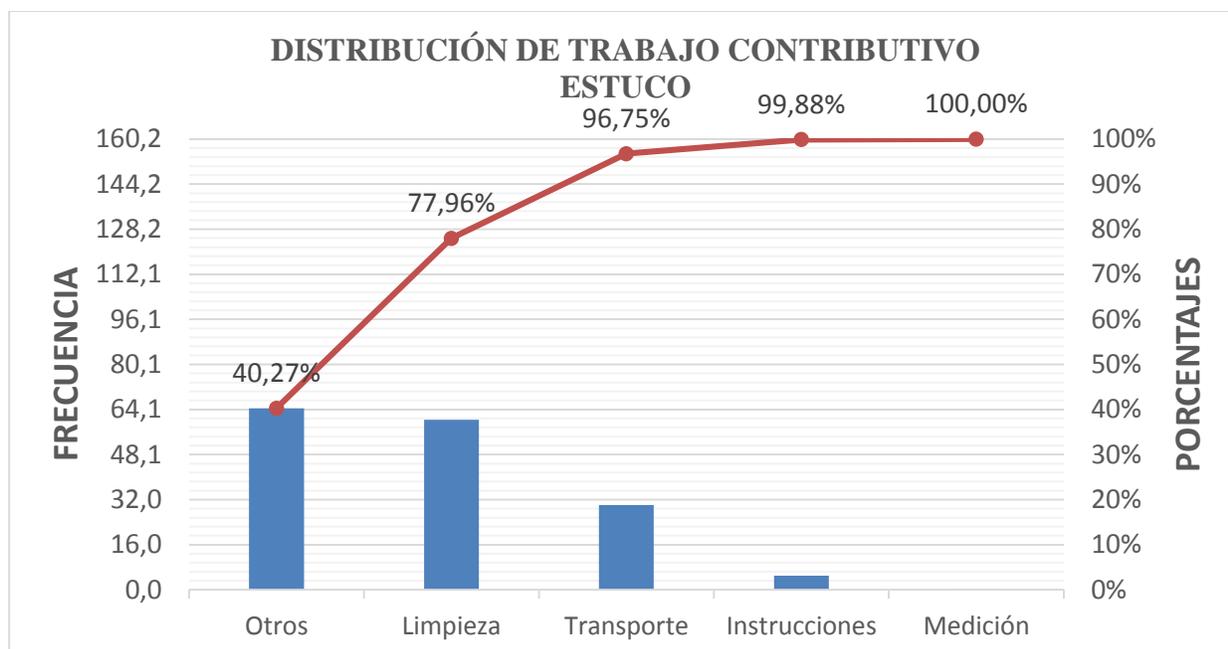


Figura 19. Distribución del trabajo contributivo en Estuco Torre Isa.

Fuente: Autor. (2019).

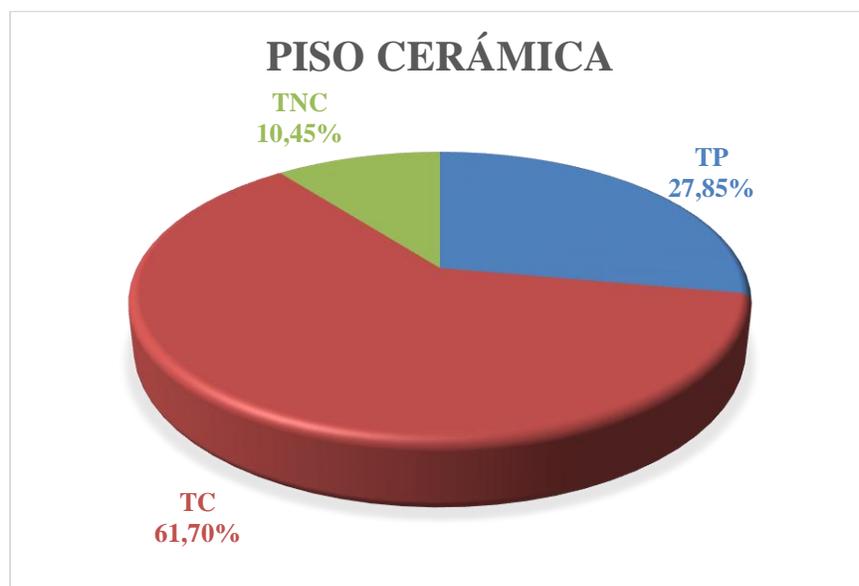


Figura 20. Distribución de categorías de trabajo en Piso Cerámica Torre Isa.

Fuente: Autor. (2019).

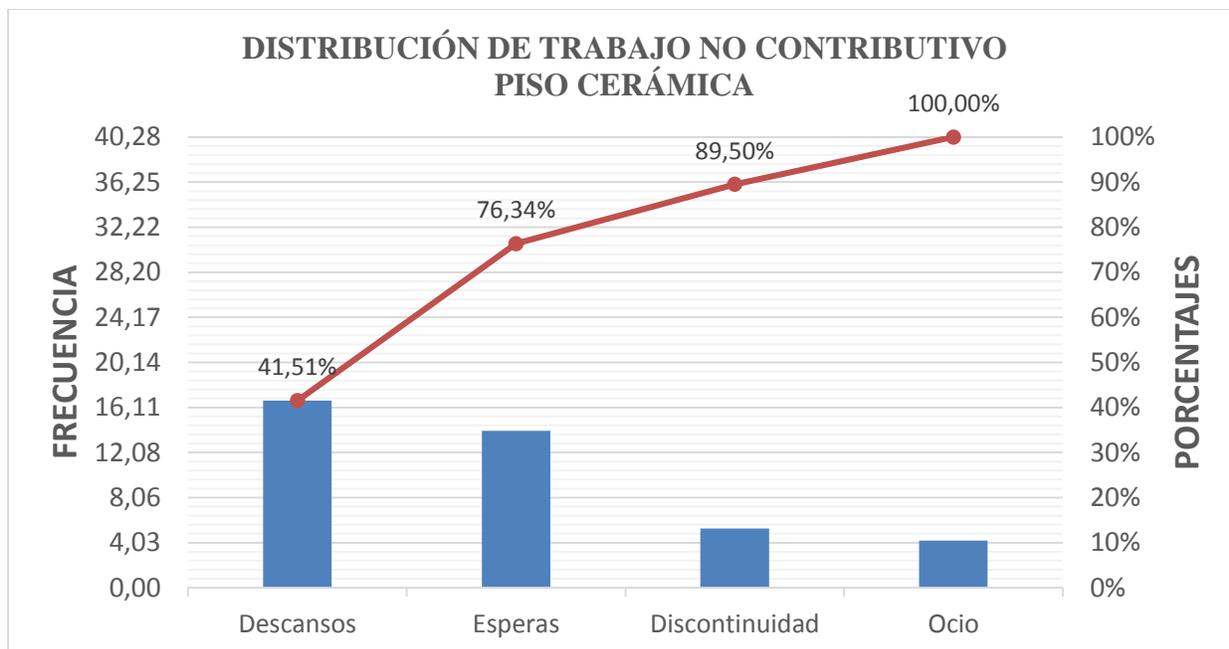


Figura 21. Distribución del trabajo no contributivo en Piso Cerámica Torre Isa.

Fuente: Autor. (2019).

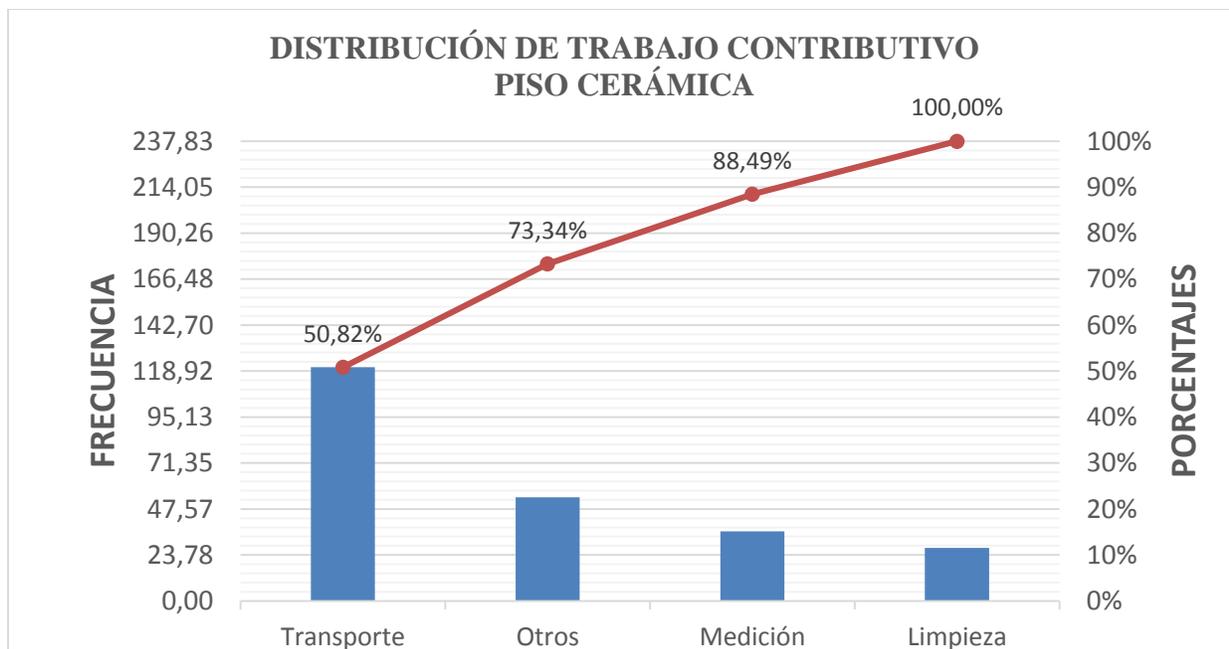


Figura 22. Distribución del trabajo contributivo en Piso Cerámica Torre Isa.

Fuente: Autor. (2019).

4.2.2 Proyecto Belo Horizonte. Durante la investigación se realizaron visitas semana a semana al proyecto Belo Horizonte, para la determinación de la distribución de categorías de trabajo de cada actividad.

La investigación realizada permitió obtener los resultados mostrados desde la Figura 23 hasta la Figura 37.

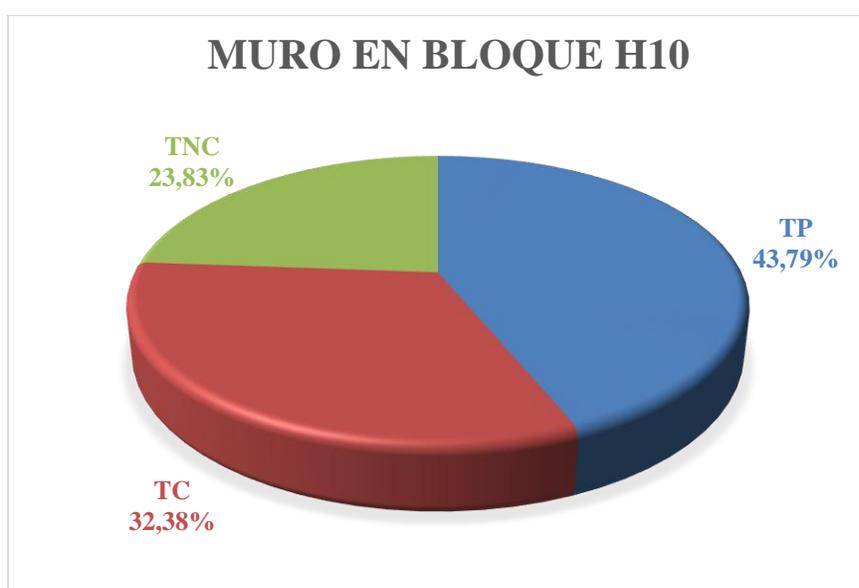


Figura 23. Distribución de categorías de trabajo en Muro Bloque h10 Belo Horizonte.

Fuente: Autor. (2019).

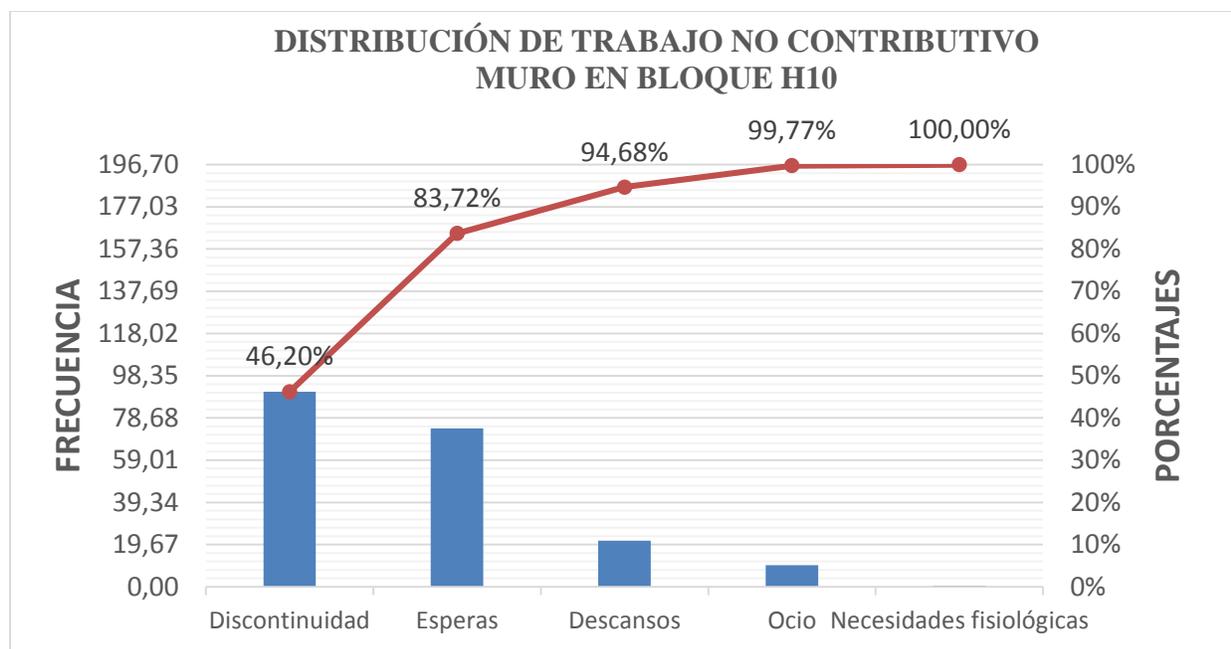


Figura 24. Distribución del trabajo no contributivo en Muro Bloque h10 Belo Horizonte.

Fuente: Autor. (2019).

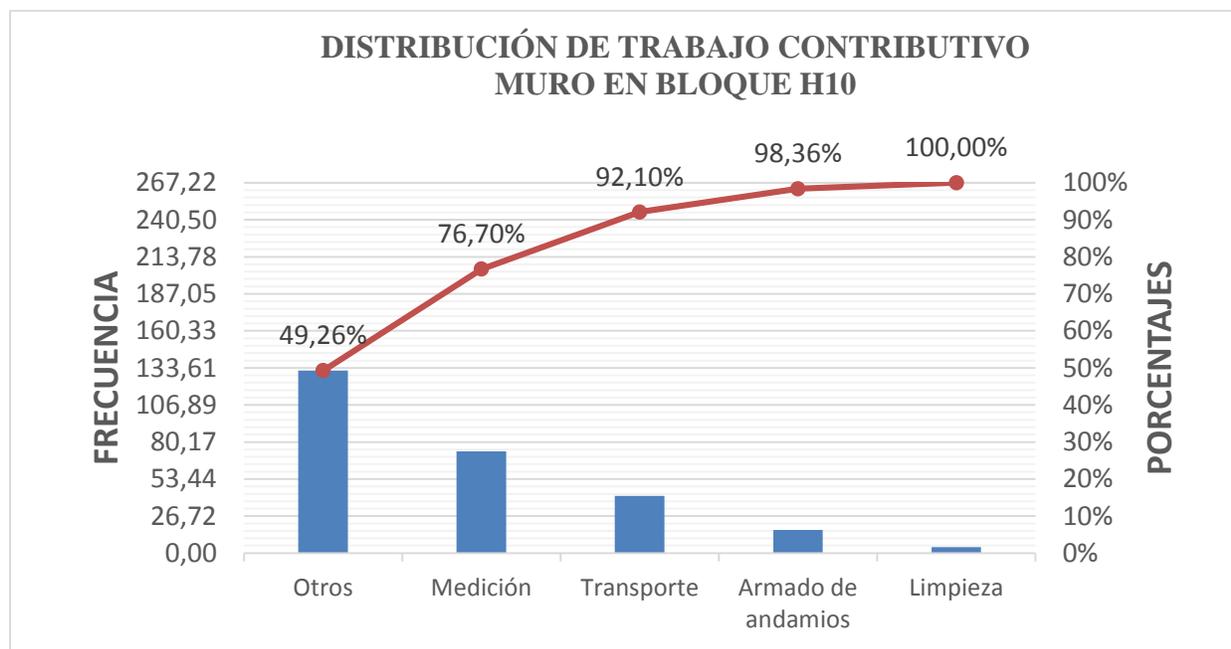


Figura 25. Distribución del trabajo contributivo en Muro Bloque h10 Belo Horizonte.

Fuente: Autor. (2019).

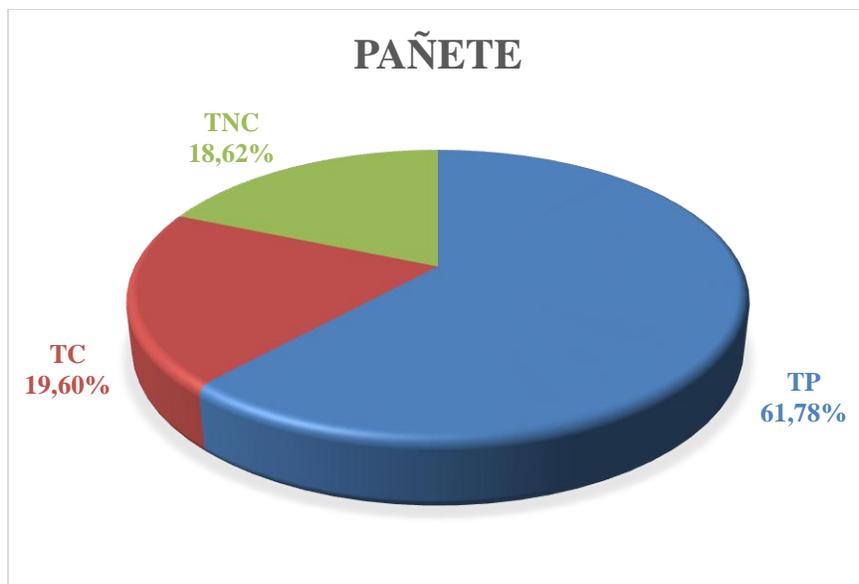


Figura 26. Distribución de categorías de trabajo en Pañete Belo Horizonte.

Fuente: Autor. (2019).

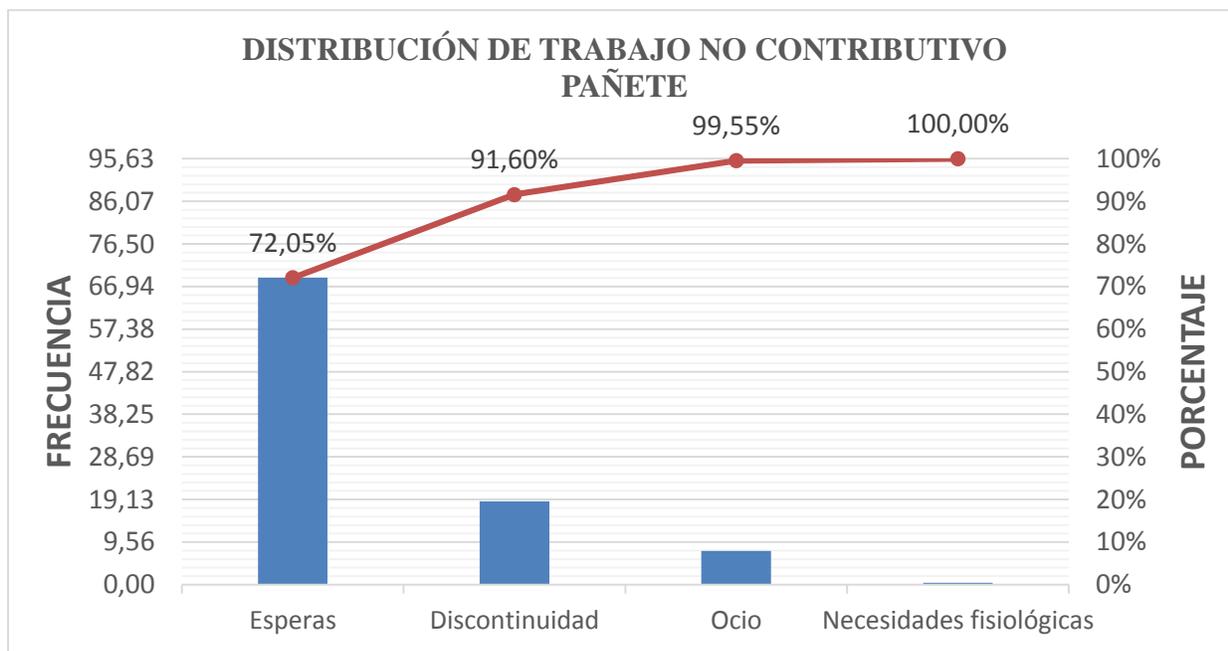


Figura 27. Distribución del trabajo no contributivo en Pañete Belo Horizonte.

Fuente: Autor. (2019).

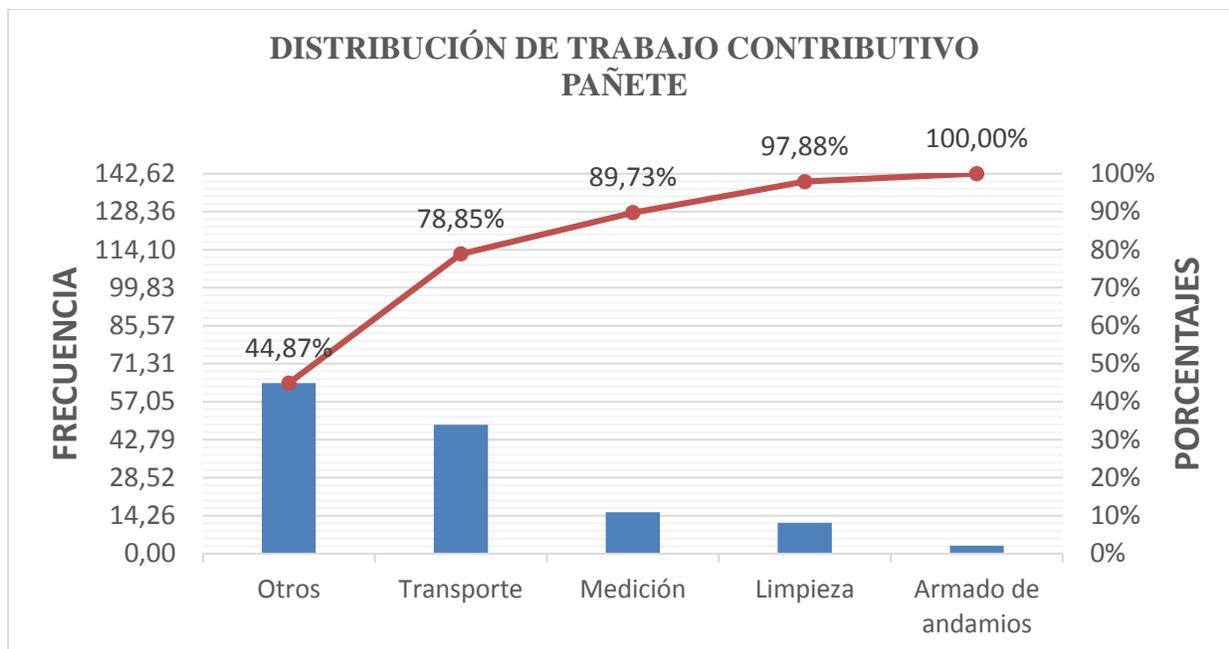


Figura 28. Distribución del trabajo contributivo en Pañete Belo Horizonte.

Fuente: Autor. (2019).

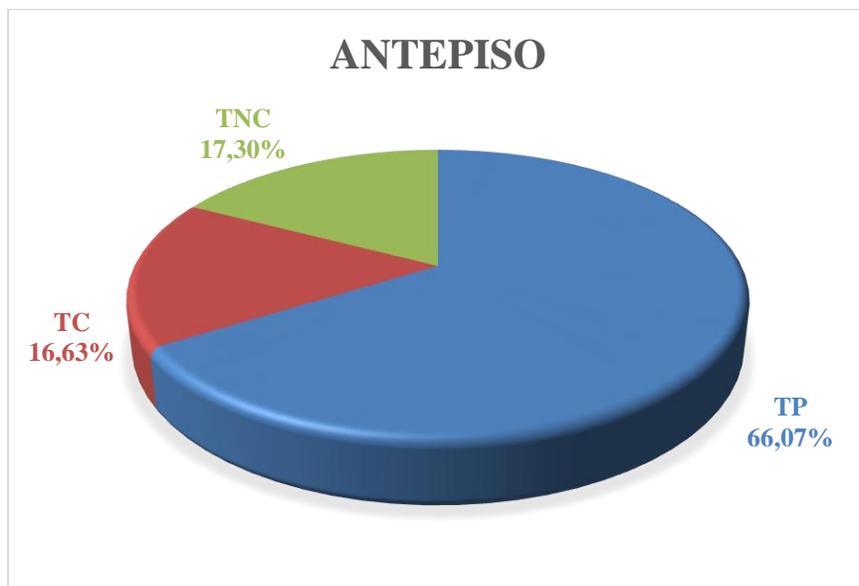


Figura 29. Distribución de categorías de trabajo en Antepiso Belo Horizonte.

Fuente: Autor. (2019).

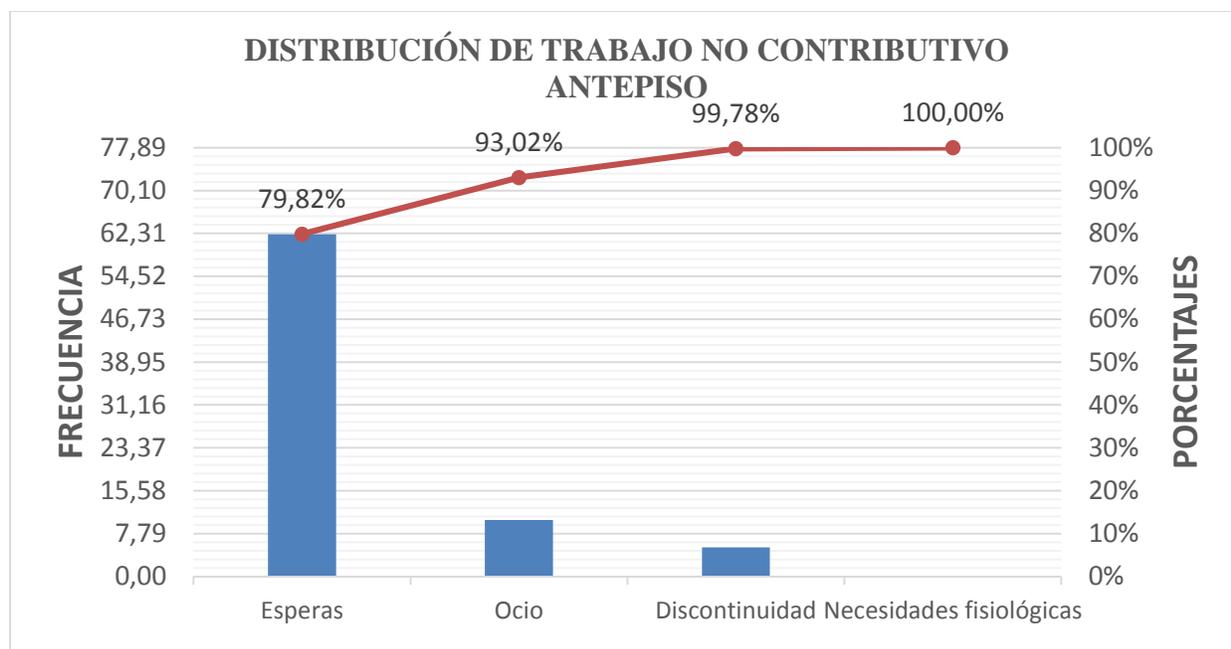


Figura 30. Distribución del trabajo no contributivo en Antepiso Belo Horizonte.

Fuente: Autor. (2019).

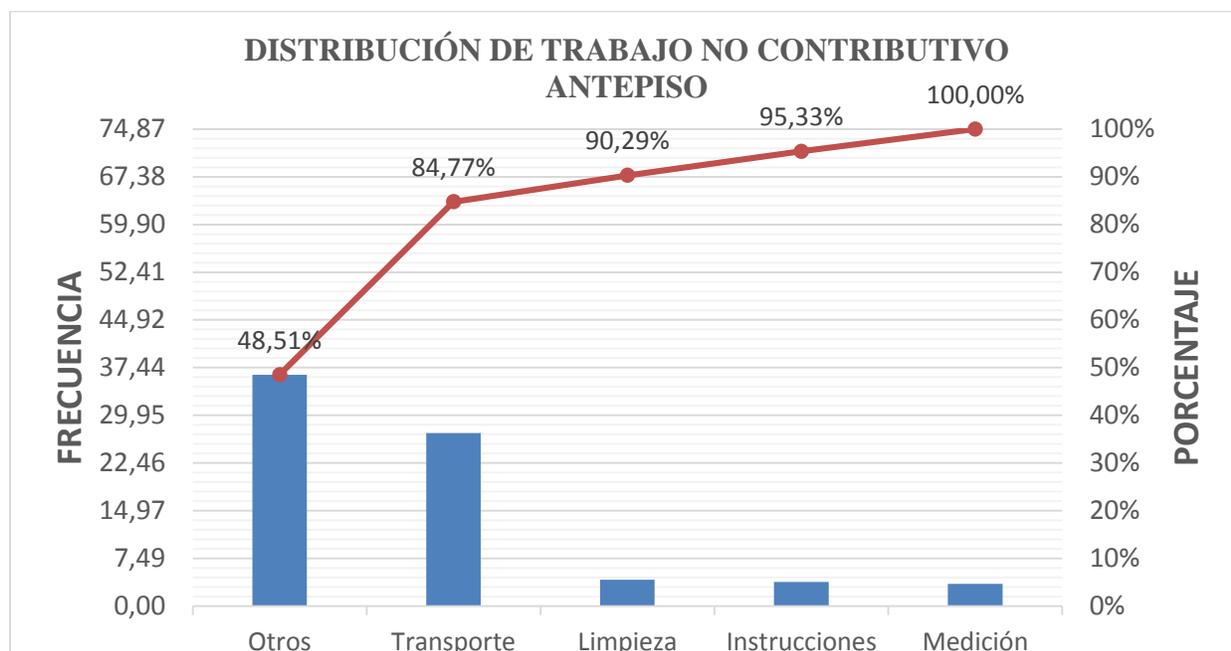


Figura 31. Distribución del trabajo no contributivo en Antepiso Belo Horizonte.

Fuente: Autor. (2019).

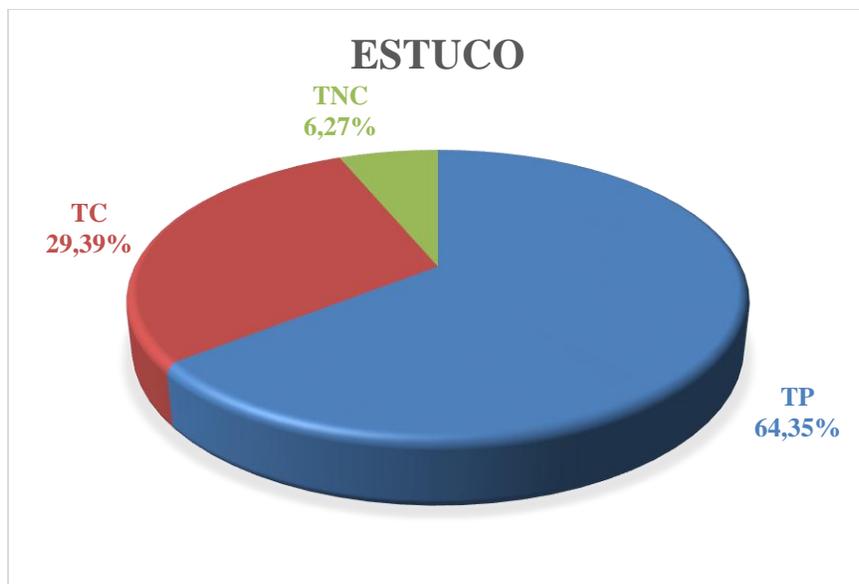


Figura 32. Distribución de categorías de trabajo en Estuco Belo Horizonte.

Fuente: Autor. (2019).



Figura 33. Distribución del trabajo no contributivo en Estuco Belo Horizonte.

Fuente: Autor. (2019).

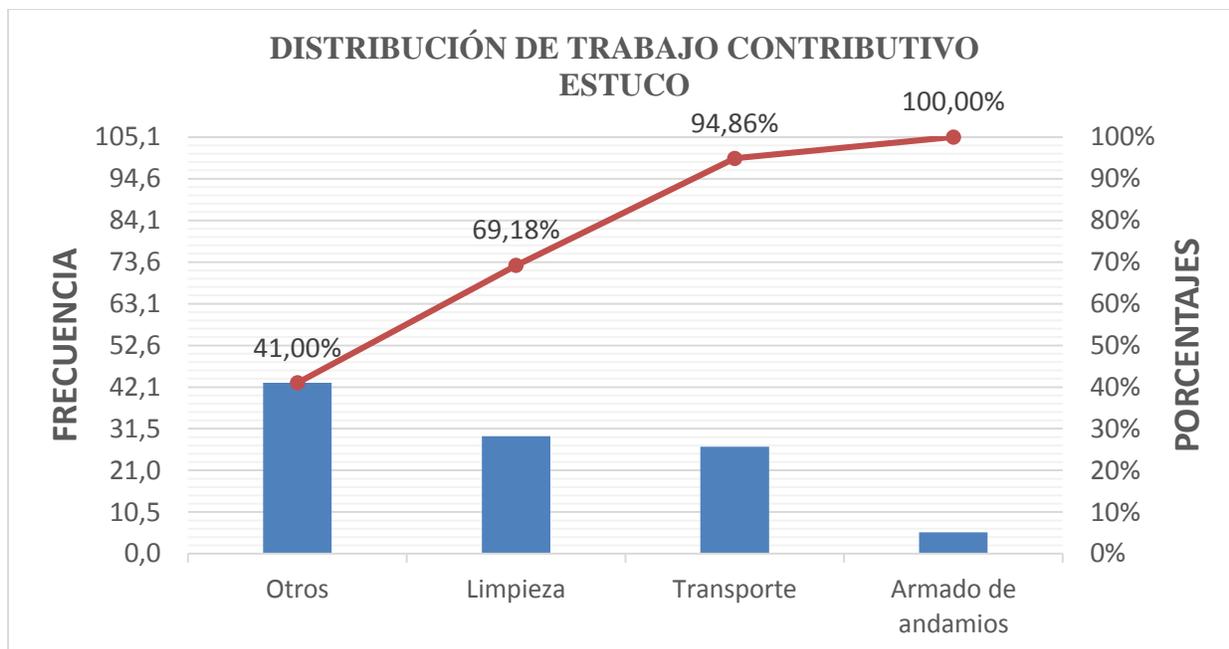


Figura 34. Distribución del trabajo contributivo en Estuco Belo Horizonte.

Fuente: Autor. (2019).

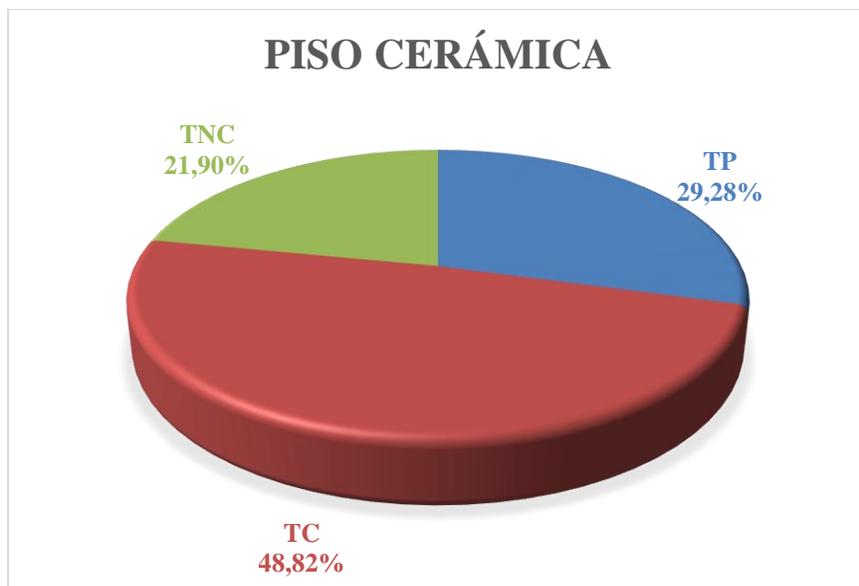


Figura 35. Distribución de categorías de trabajo en Piso Cerámica Belo Horizonte.

Fuente: Autor. (2019).

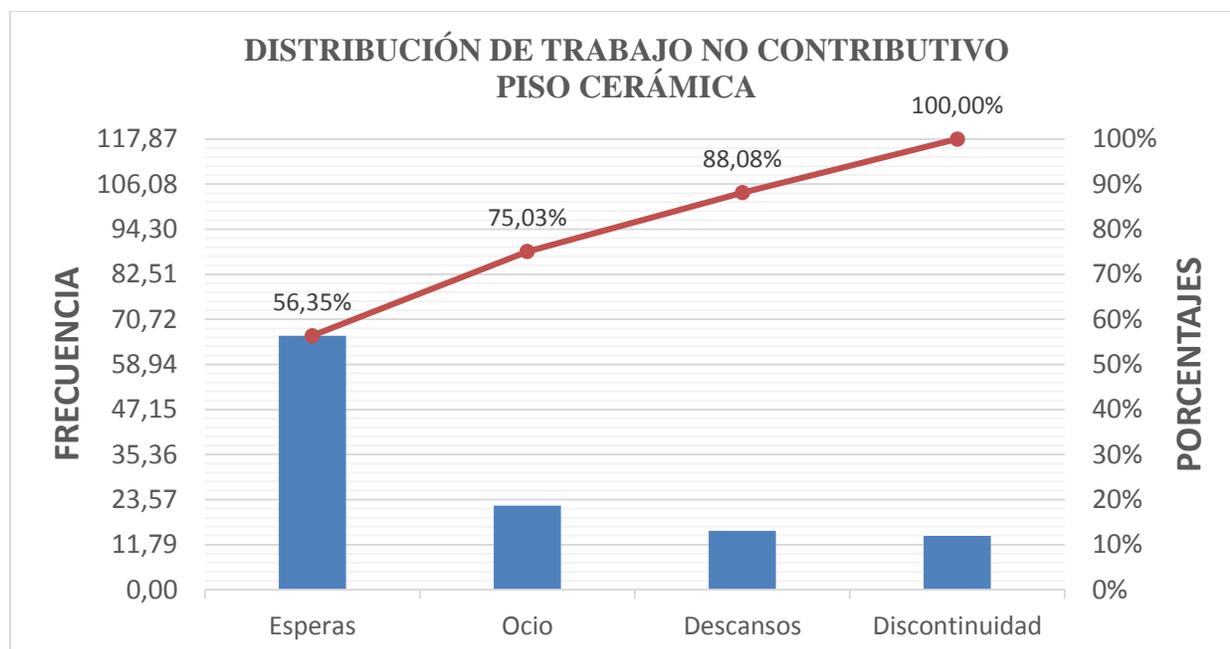


Figura 36. Distribución del trabajo no contributivo en Piso Cerámica Belo Horizonte.

Fuente: Autor. (2019).

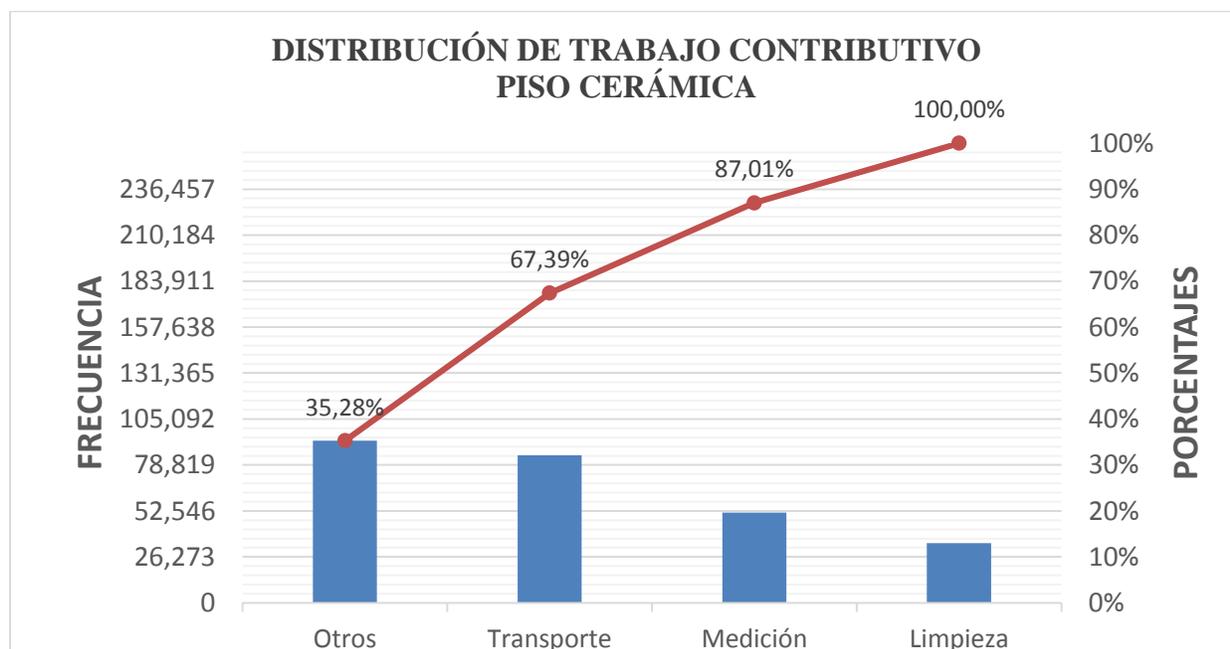


Figura 37. Distribución del trabajo contributivo en Piso Cerámica Belo Horizonte.

Fuente: Autor. (2019).

4.2.3 Proyecto Edificio Verde. De igual forma durante la investigación se realizaron visitas semana a semana al proyecto Edificio Verde, para la determinación de la distribución de categorías de trabajo de cada actividad.

La investigación realizada permitió obtener los resultados que se indican desde la Figura 38 hasta la Figura 52.

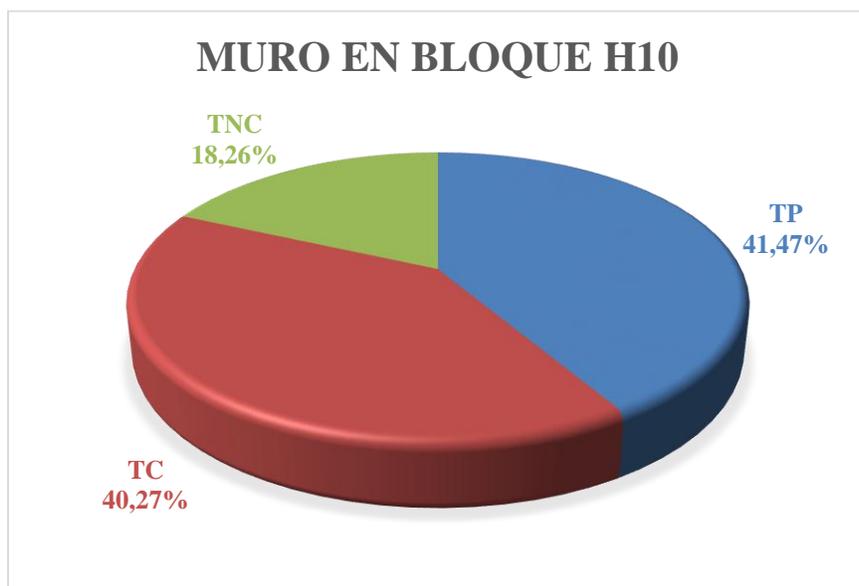


Figura 38. Distribución de categorías de trabajo en Muro Bloque h10 Edificio Verde.

Fuente: Autor. (2019).

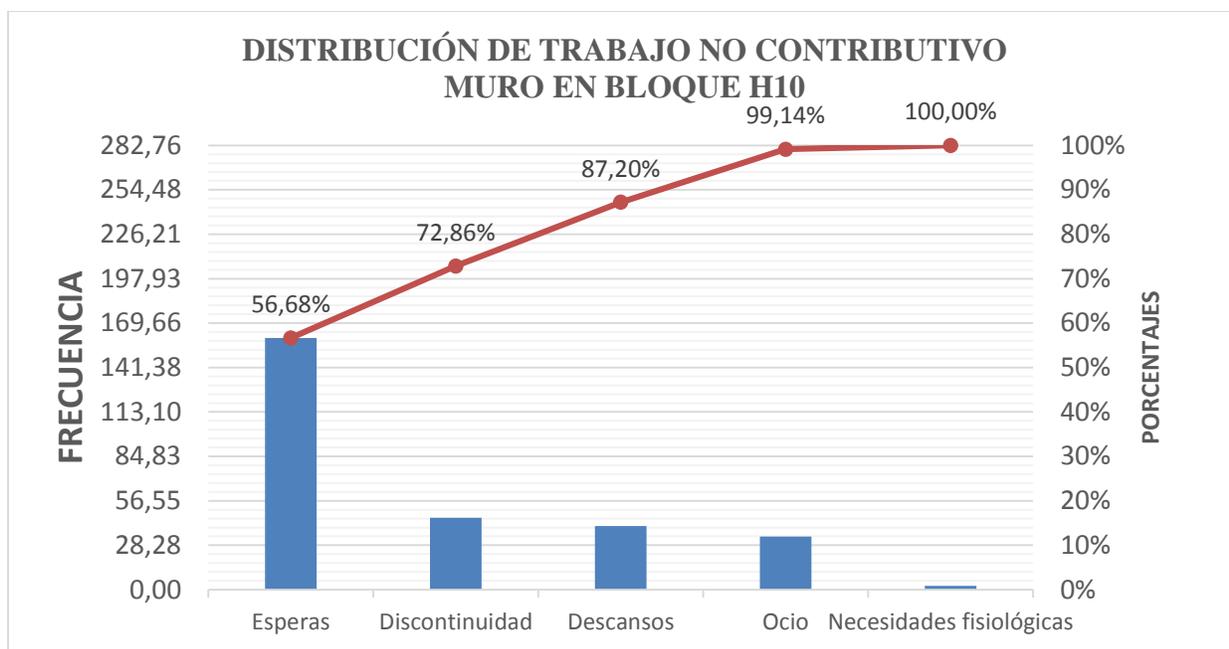


Figura 39. Distribución del trabajo no contributivo en Muro Bloque h10 Edificio Verde.

Fuente: Autor. (2019).

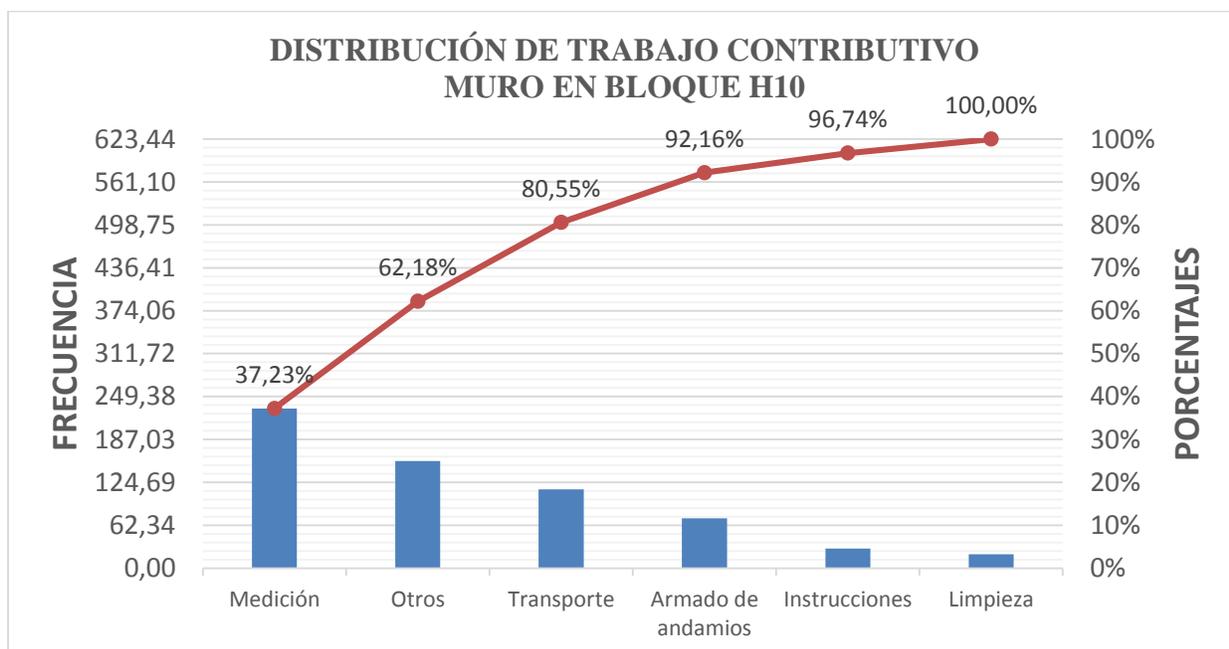


Figura 40. Distribución del trabajo contributivo en Muro Bloque h10 Edificio Verde.

Fuente: Autor. (2019).

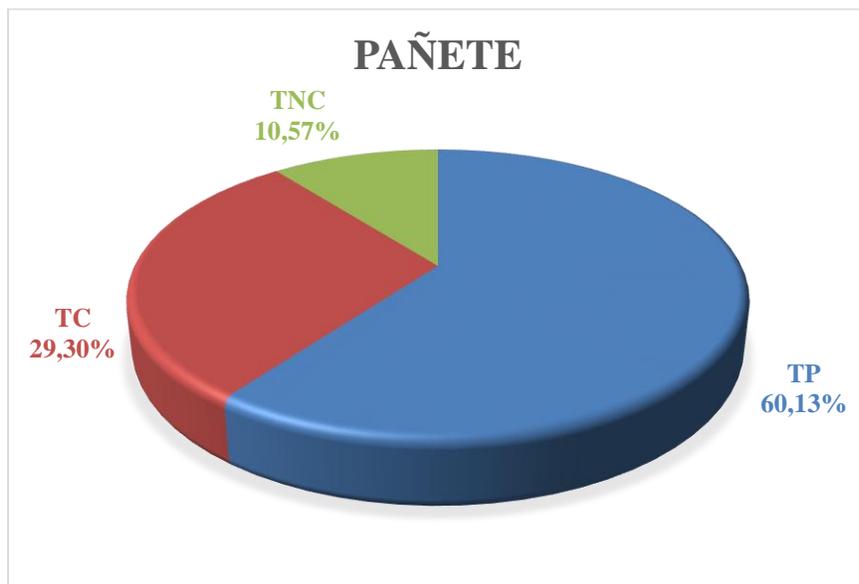


Figura 41. Distribución de categorías de trabajo en Pañete Edificio Verde.

Fuente: Autor. (2019).

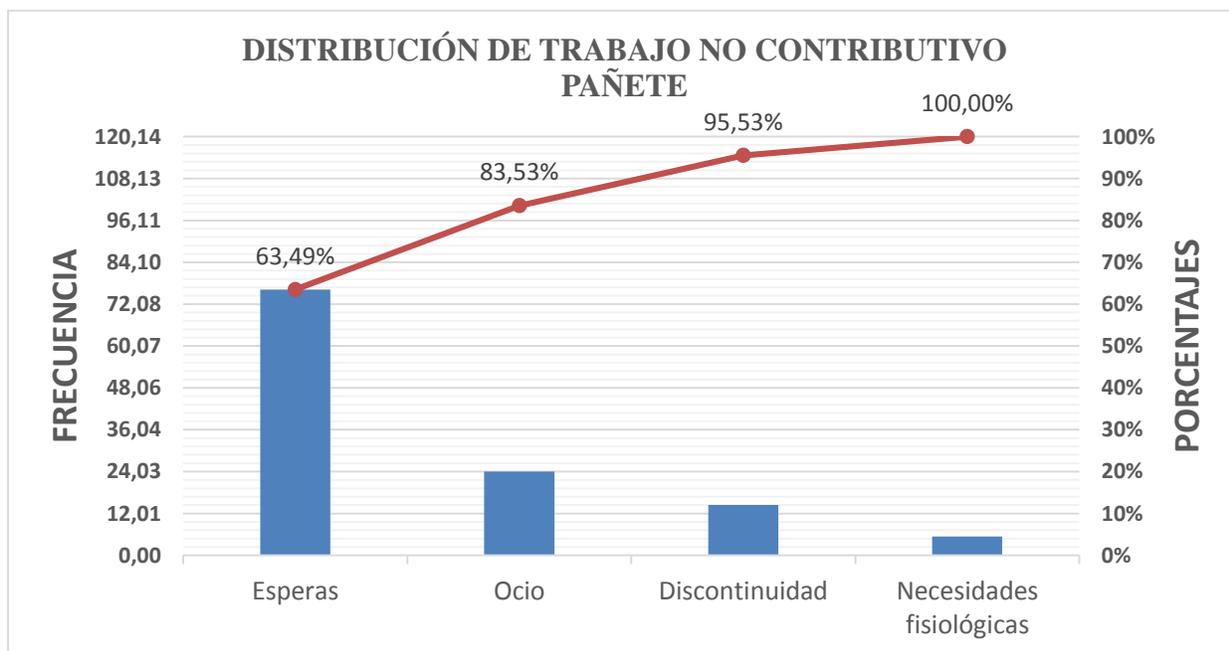


Figura 42. Distribución del trabajo no contributivo en Pañete Edificio Verde.

Fuente: Autor. (2019).

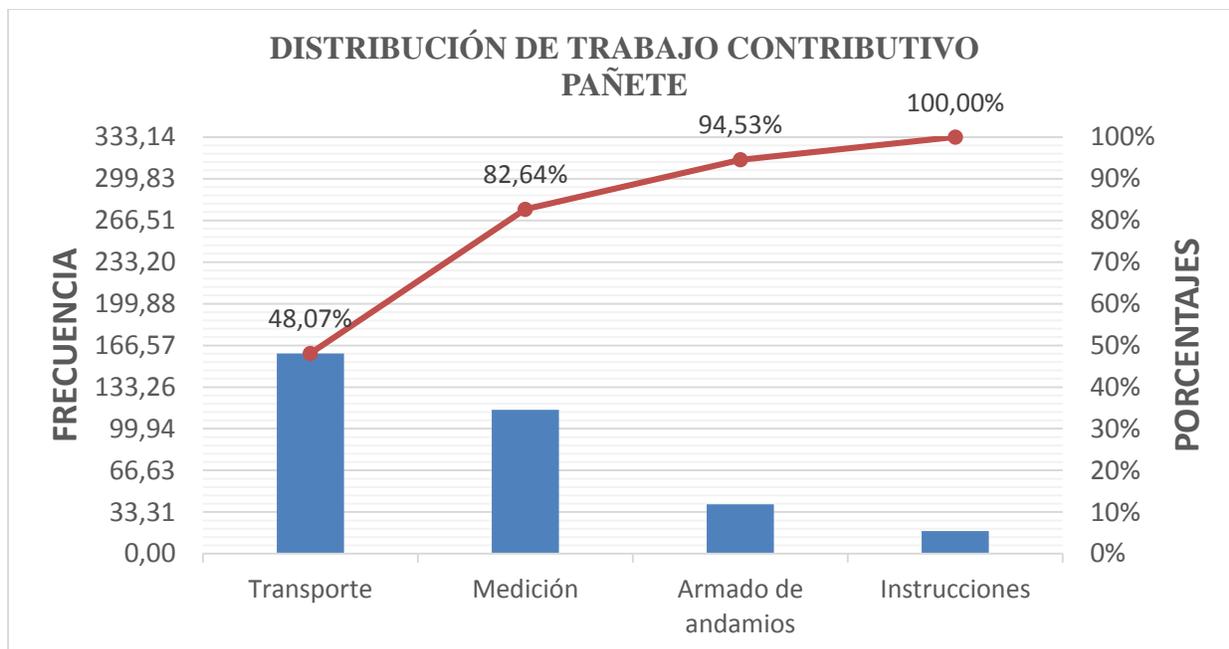


Figura 43. Distribución del trabajo contributivo en Pañete Edificio Verde.

Fuente: Autor. (2019).



Figura 44. Distribución de categorías de trabajo en Antepiso Edificio Verde.

Fuente: Autor. (2019).

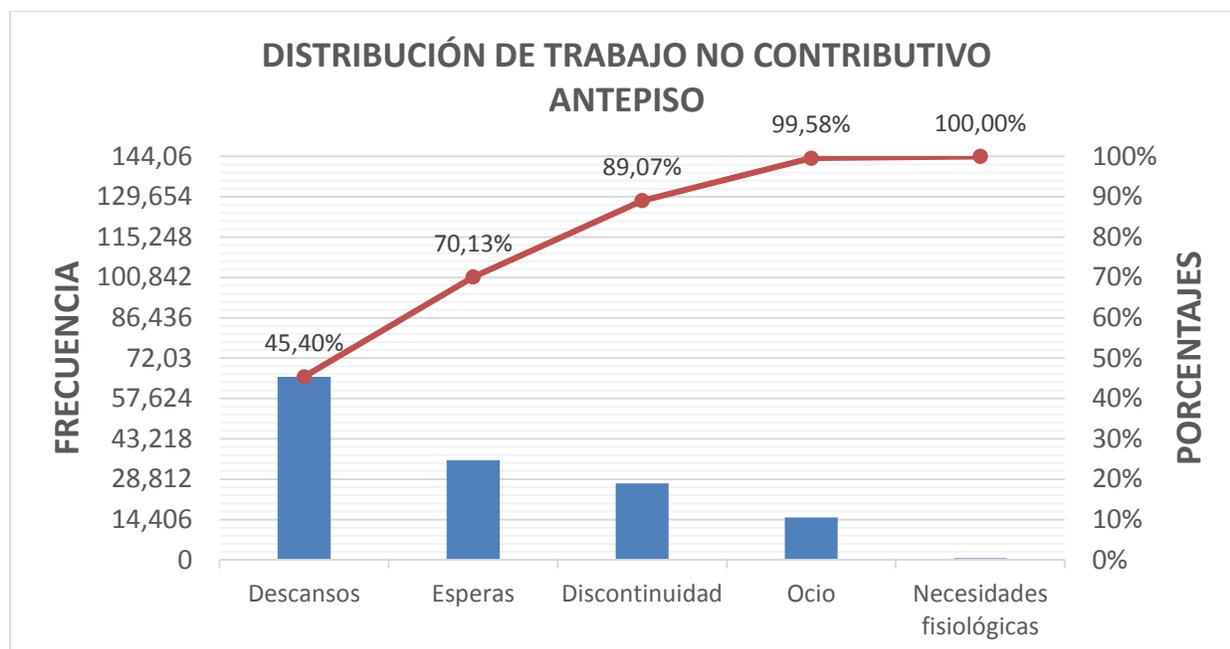


Figura 45. Distribución del trabajo no contributivo en Antepiso Edificio Verde.

Fuente: Autor. (2019).

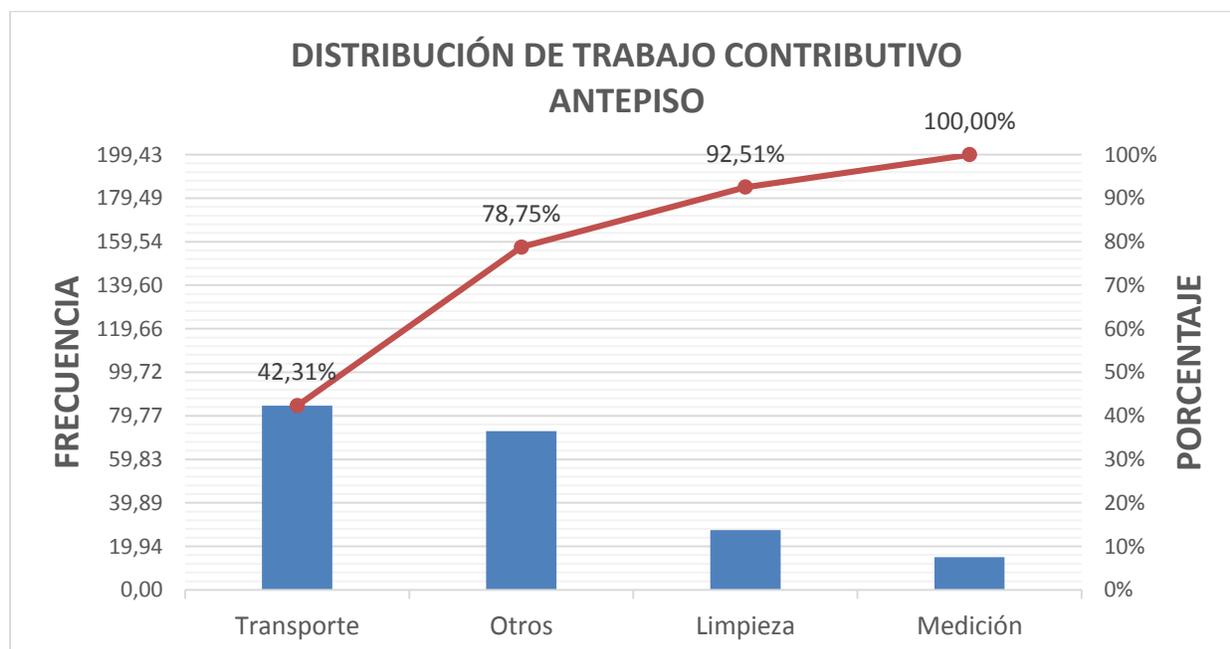


Figura 46. Distribución del trabajo contributivo en Antepiso Edificio Verde.

Fuente: Autor. (2019).

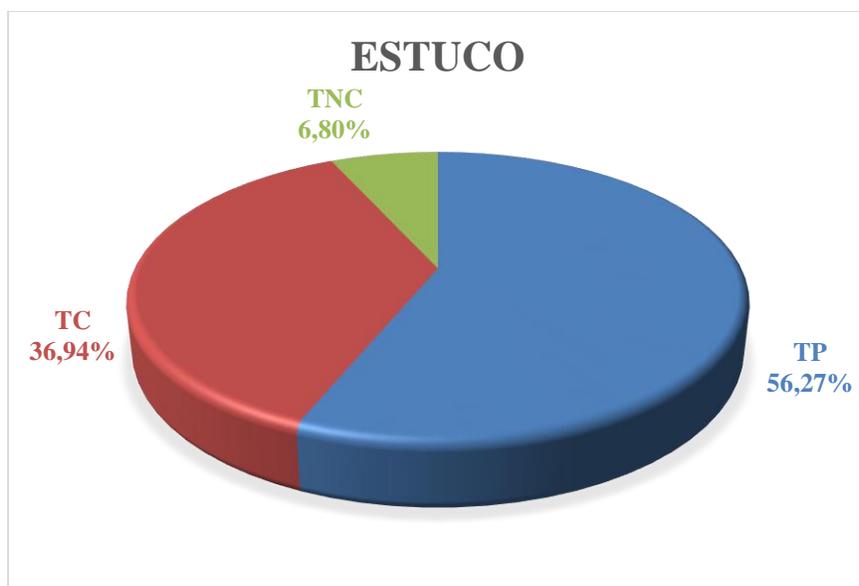


Figura 47. Distribución de categorías de trabajo en Estuco Edificio Verde.

Fuente: Autor. (2019).

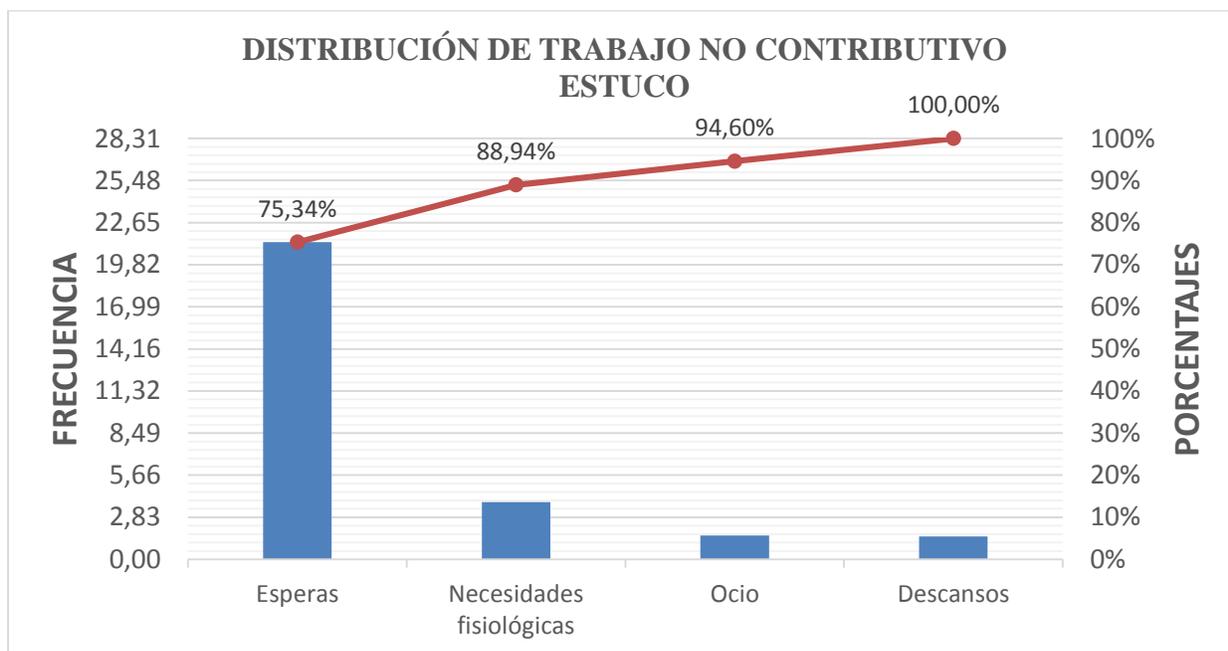


Figura 48. Distribución del trabajo no contributivo en Estuco Edificio Verde.

Fuente: Autor. (2019).

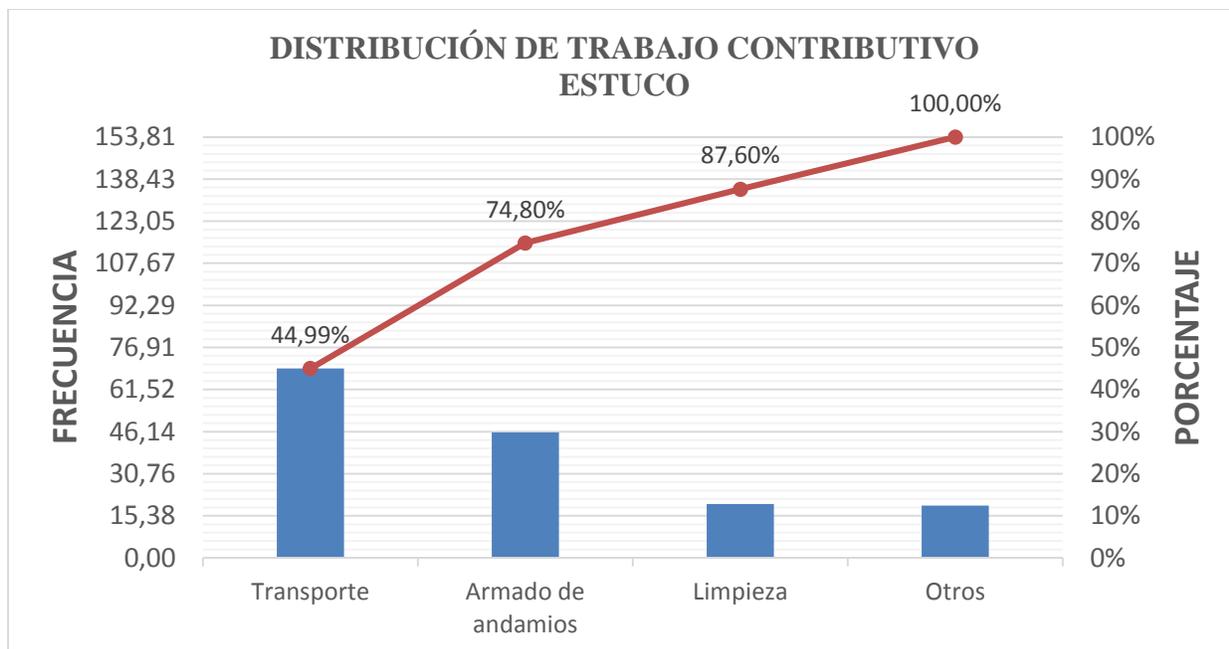


Figura 49. Distribución del trabajo contributivo en Estuco Edificio Verde.

Fuente: Autor. (2019).

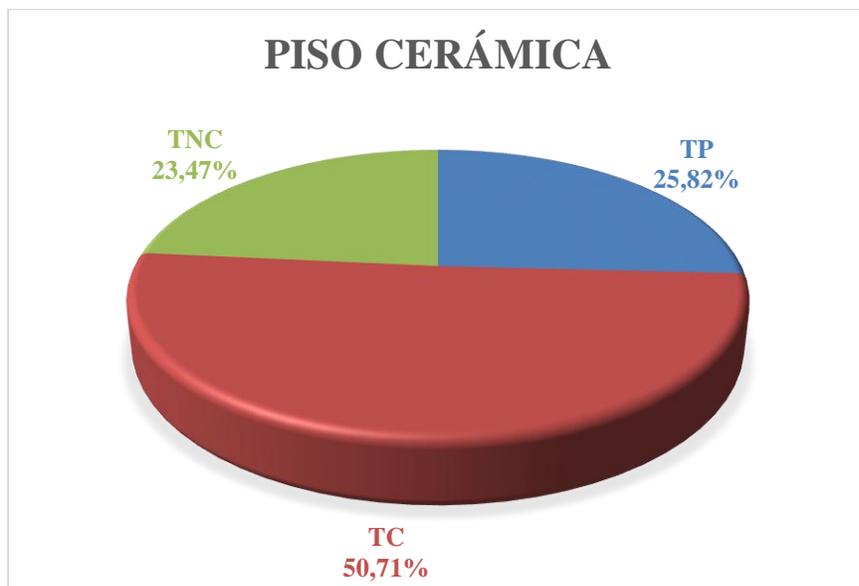


Figura 50. Distribución de categorías de trabajo en Piso Cerámica Edificio Verde.

Fuente: Autor. (2019).

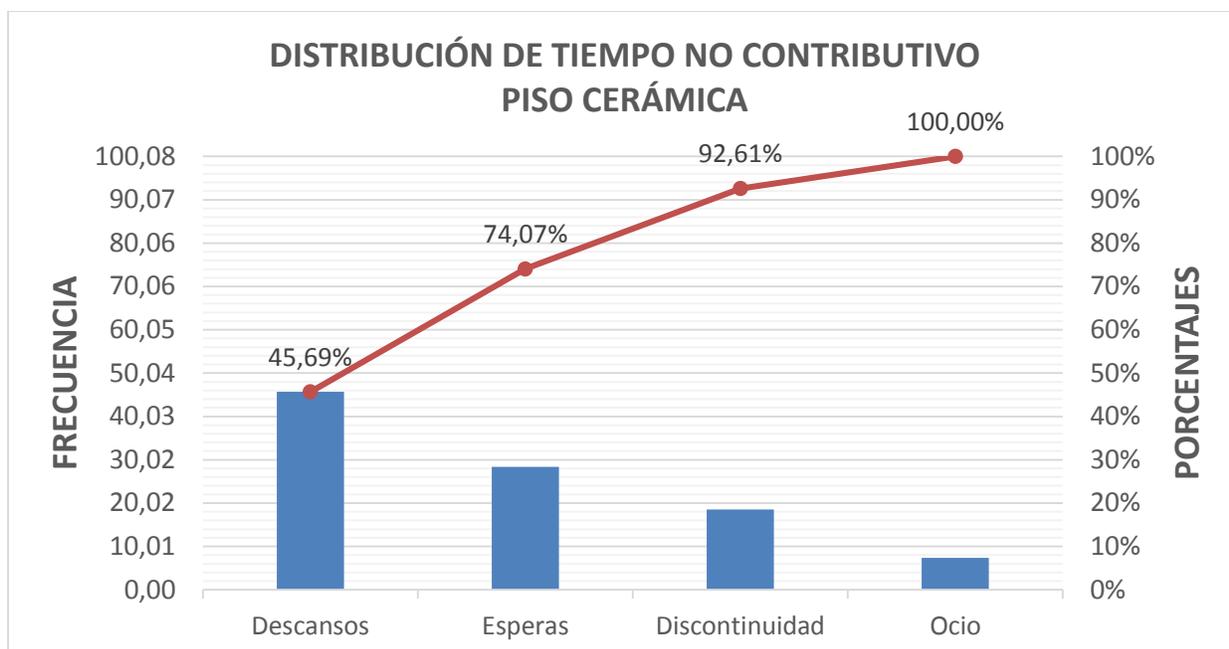


Figura 51. Distribución del trabajo no contributivo en Piso Cerámica Edificio Verde.

Fuente: Autor. (2019).

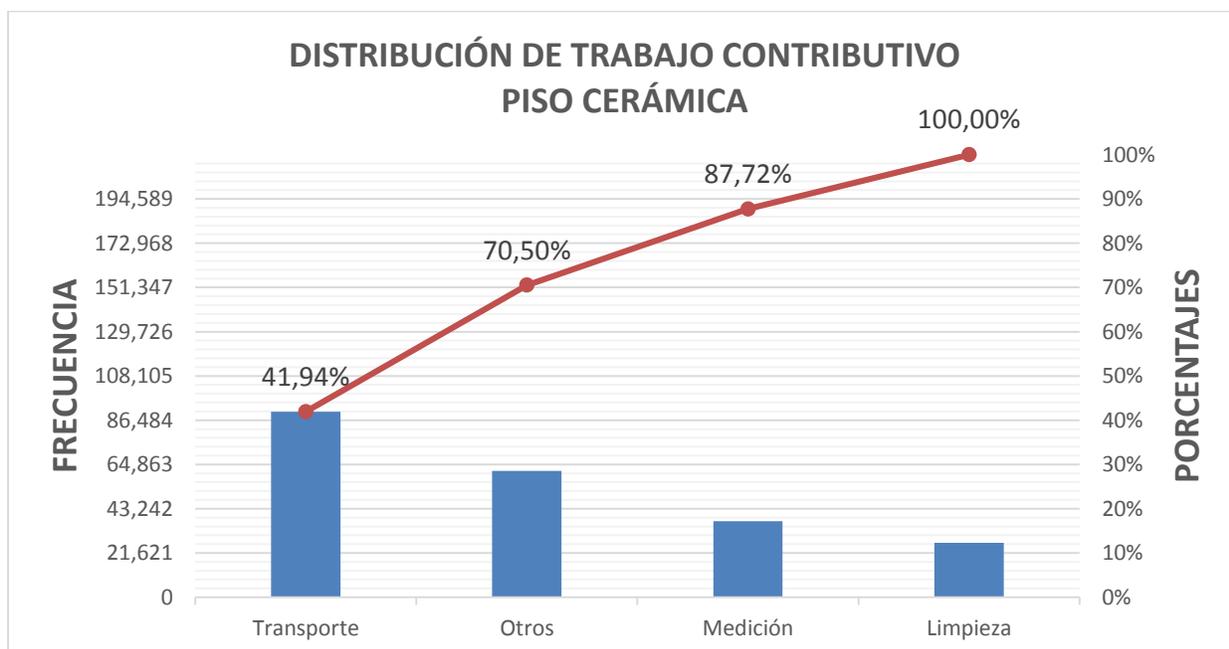


Figura 52. Distribución del trabajo contributivo en Piso Cerámica Edificio Verde.

Fuente: Autor. (2019).

4.2.4 Proyecto Vivienda Montelago Urbano. Durante la investigación se realizaron visitas semana a semana al proyecto Vivienda Montelago Urbano, para la que de igual forma se determinó la distribución de las categorías de trabajo de cada actividad.

La investigación realizada permitió obtener los resultados contemplados desde la Figura 53 hasta la Figura 67.

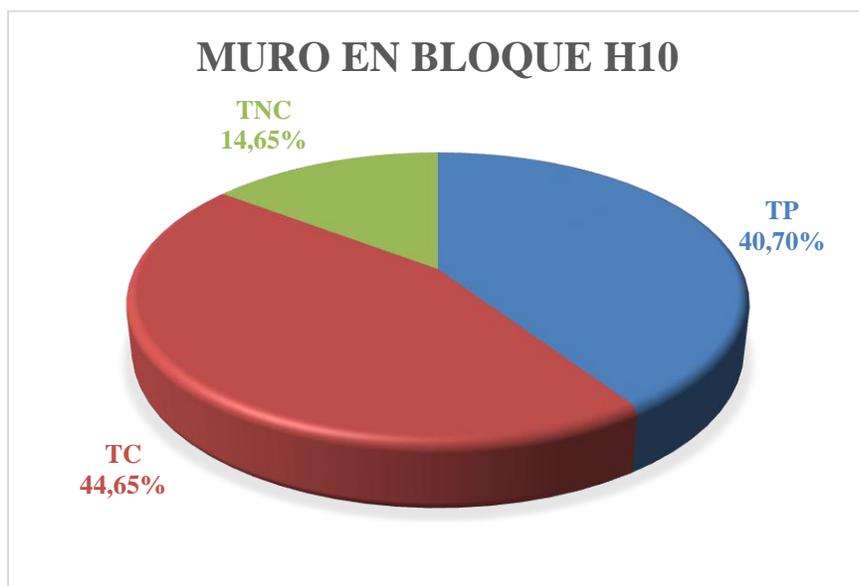


Figura 53. Distribución de categorías de trabajo en Muro Bloque h10 Montelago Urbano.

Fuente: Autor. (2019).

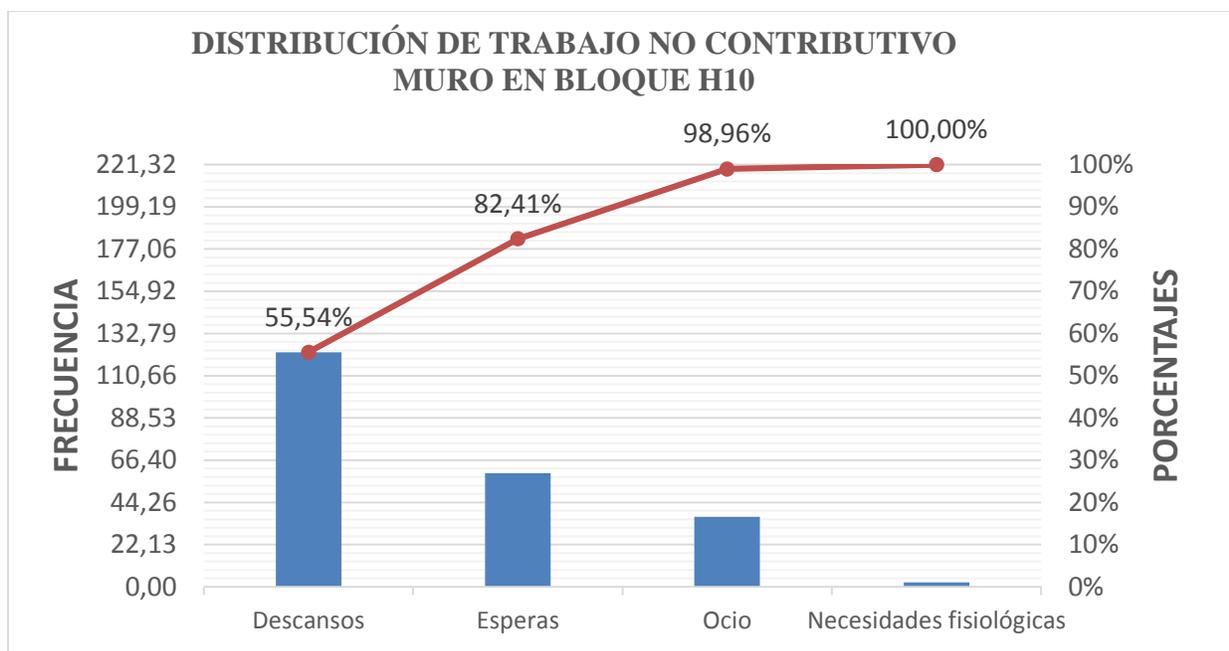


Figura 54. Distribución del trabajo no contributivo en Muro Bloque h10 Montelago Urbano.

Fuente: Autor. (2019).

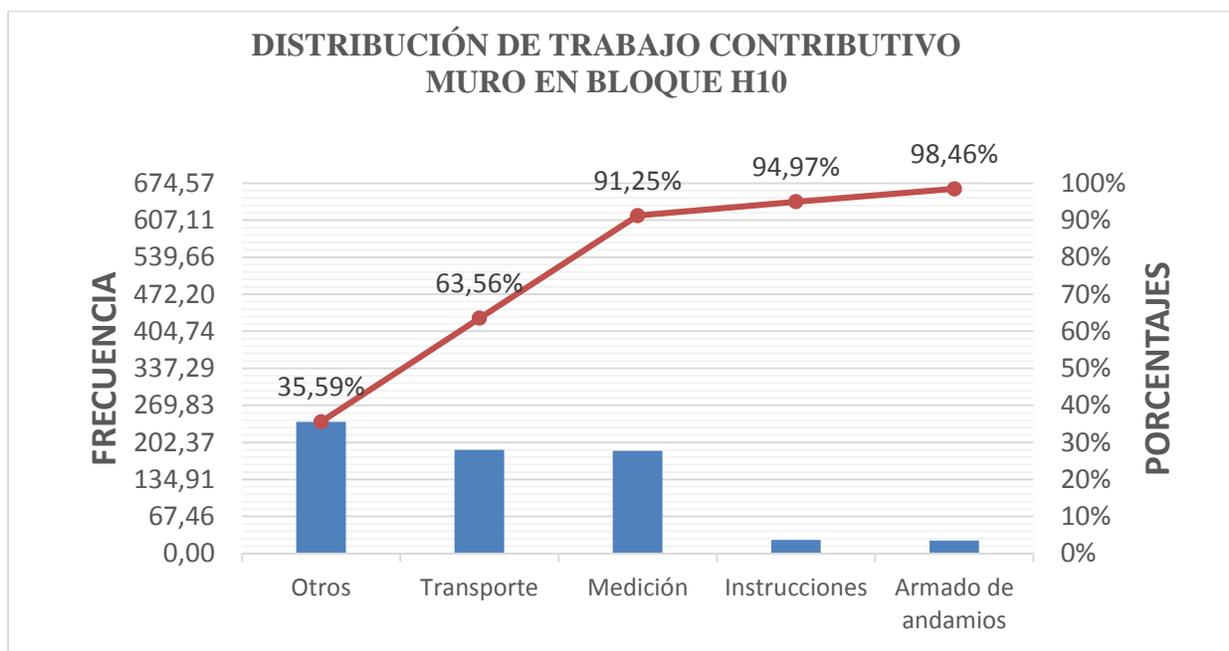


Figura 55. Distribución del trabajo contributivo en Muro Bloque h10 Montelago Urbano.

Fuente: Autor. (2019).

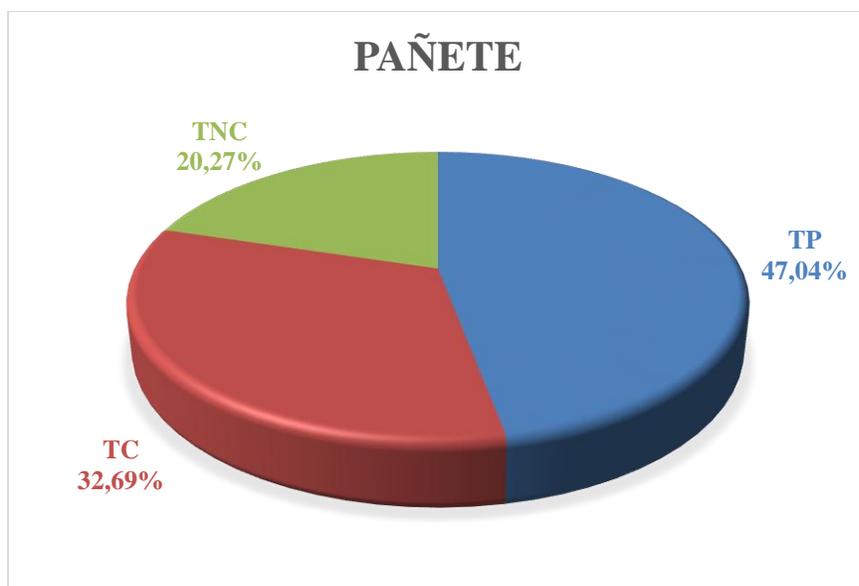


Figura 56. Distribución de categorías de trabajo en Pañete Montelago Urbano.

Fuente: Autor. (2019).

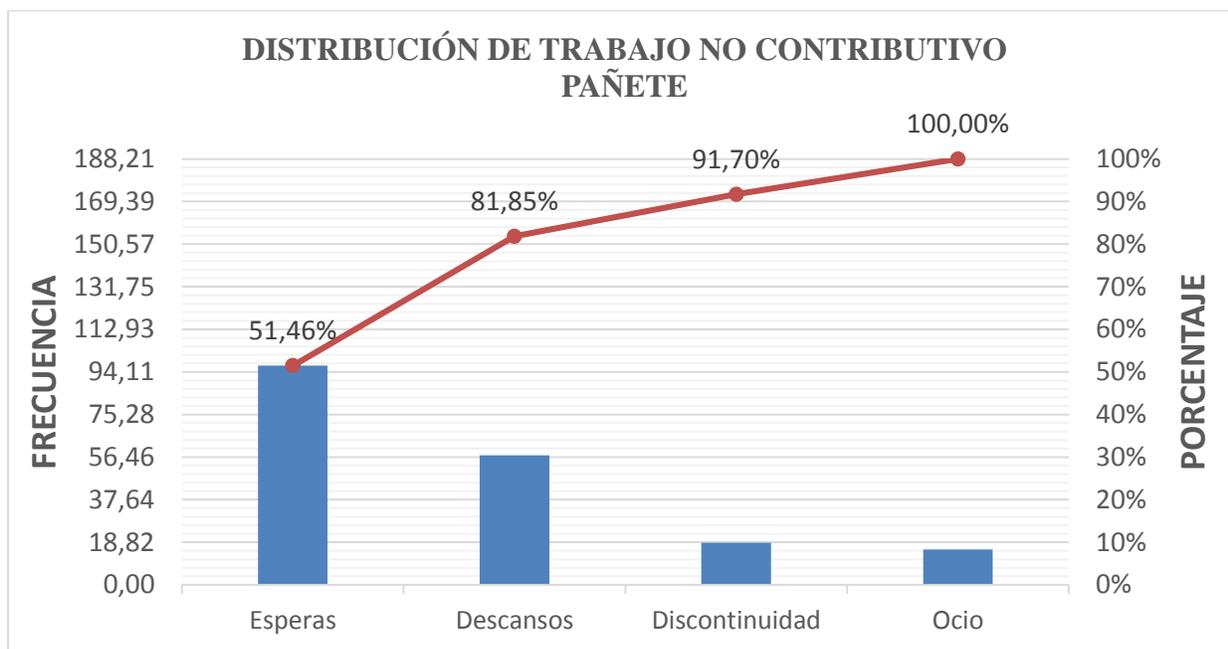


Figura 57. Distribución del trabajo no contributivo en Pañete Montelago Urbano.

Fuente: Autor. (2019).

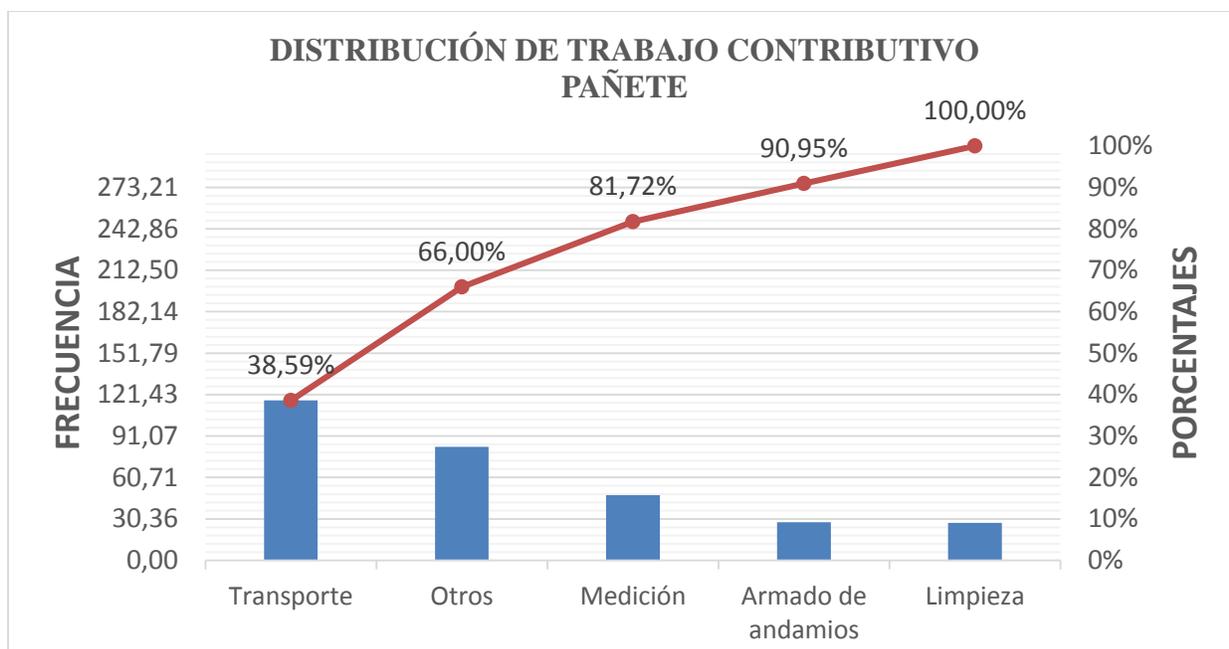


Figura 58. Distribución del trabajo contributivo en Pañete Montelago Urbano.

Fuente: Autor. (2019).

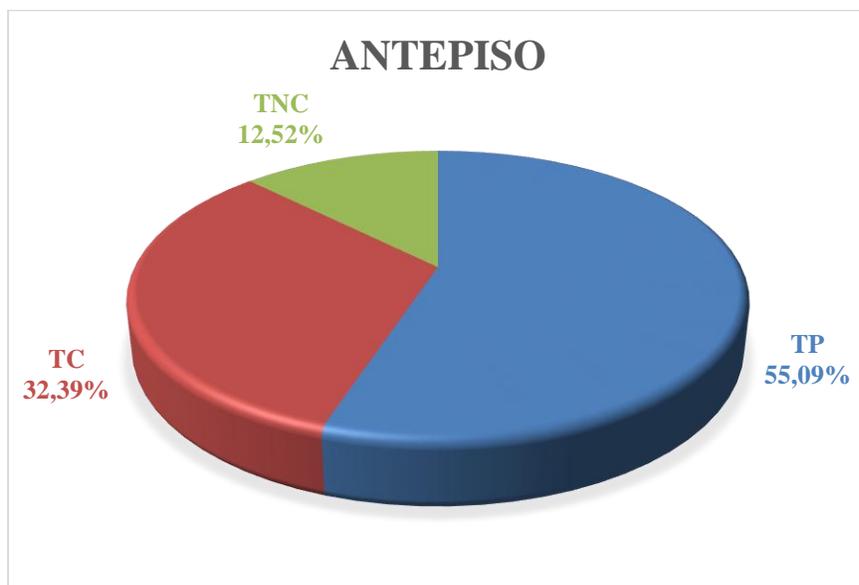


Figura 59. Distribución de categorías de trabajo en Antepiso Montelago Urbano.

Fuente: Autor. (2019).

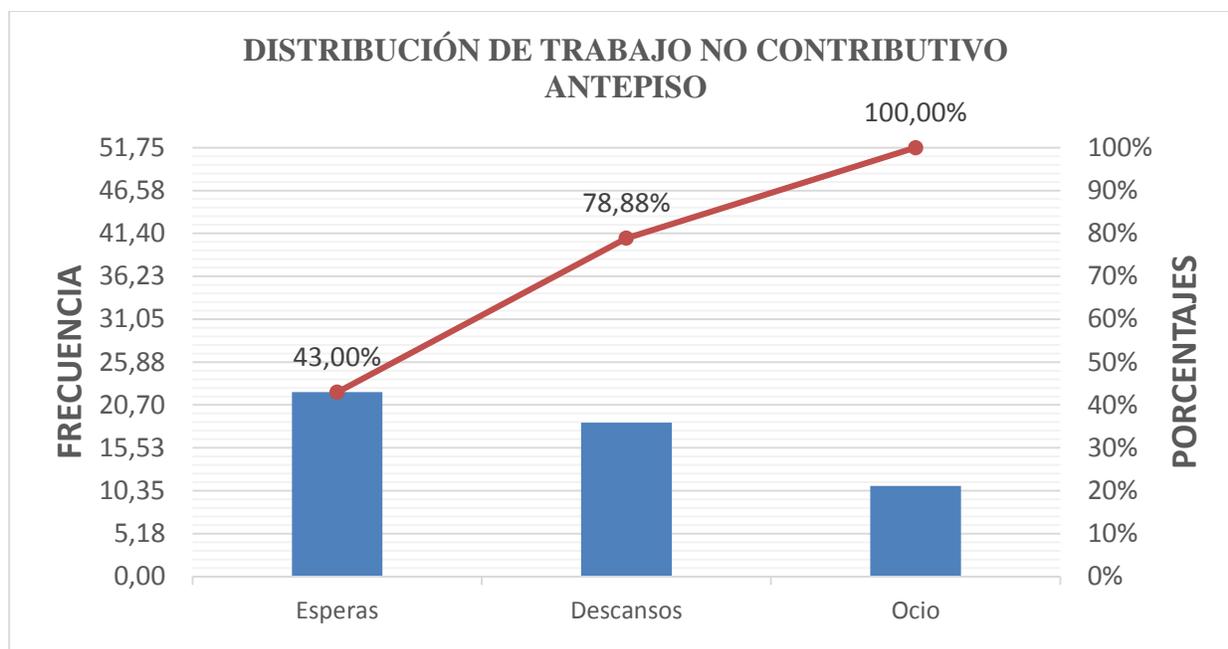


Figura 60. Distribución del trabajo no contributivo en Antepiso Montelago Urbano.

Fuente: Autor. (2019).

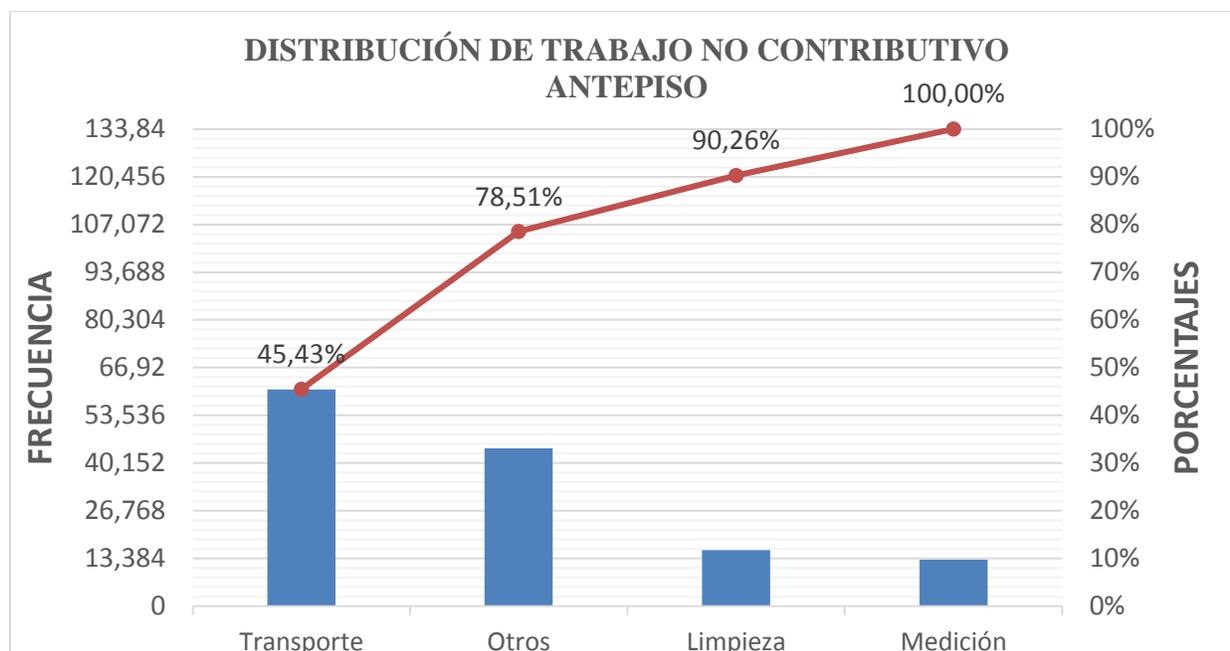


Figura 61. Distribución del trabajo contributivo en Antepiso Montelago Urbano.

Fuente: Autor. (2019).

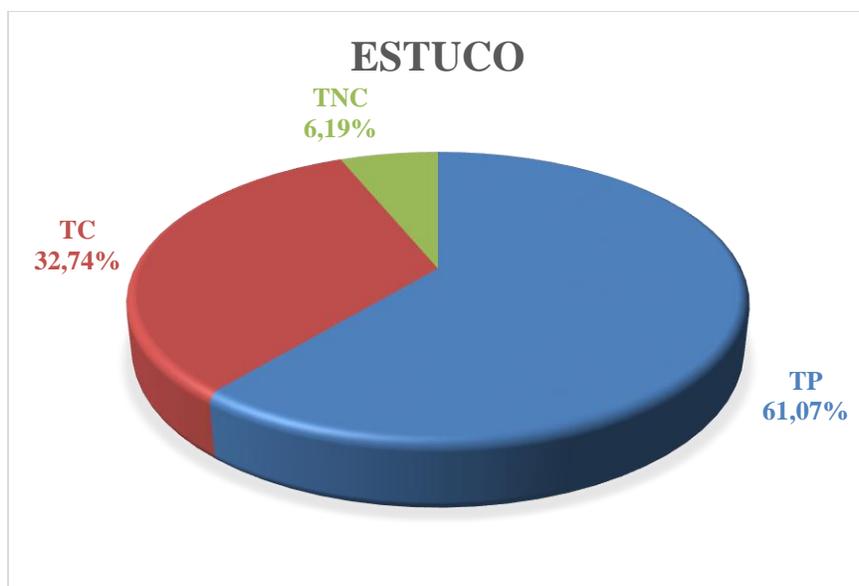


Figura 62. Distribución de categorías de trabajo en Estuco Montelago Urbano.

Fuente: Autor. (2019).

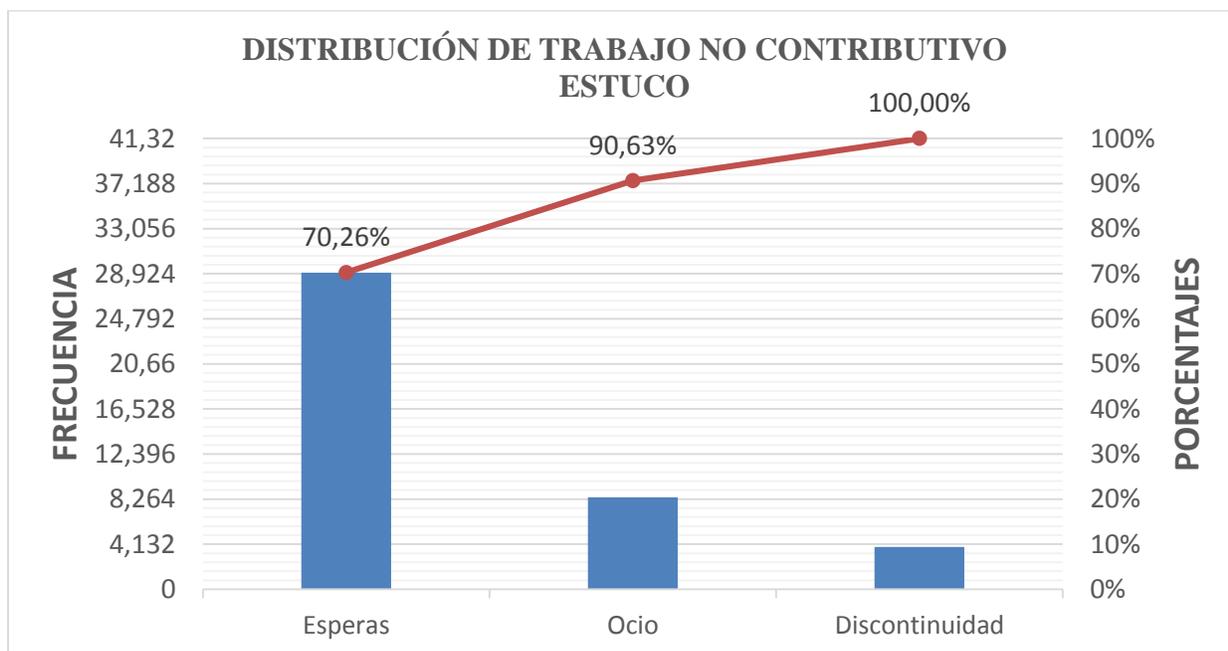


Figura 63. Distribución del trabajo no contributivo en Estuco Montelago Urbano.

Fuente: Autor. (2019).

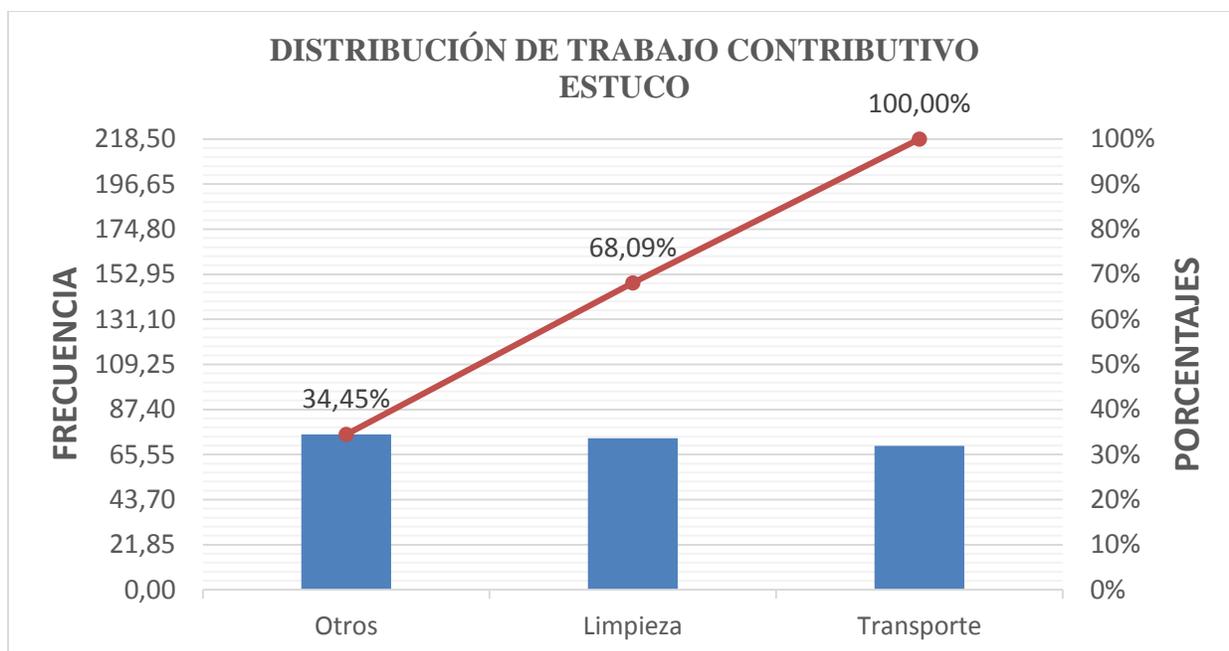


Figura 64. Distribución del trabajo contributivo en Estuco Montelago Urbano.

Fuente: Autor. (2019).

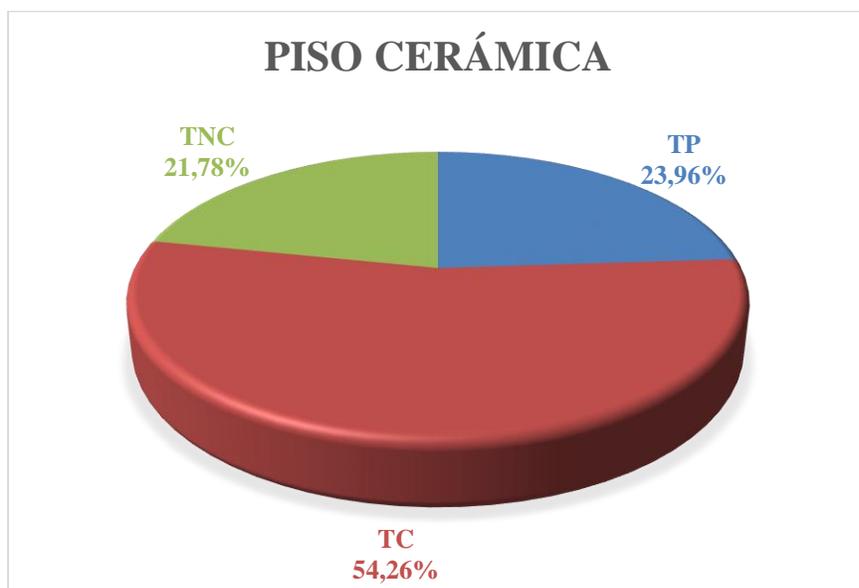


Figura 65. Distribución de categorías de trabajo en Piso Cerámica Montelago Urbano.

Fuente: Autor. (2019).

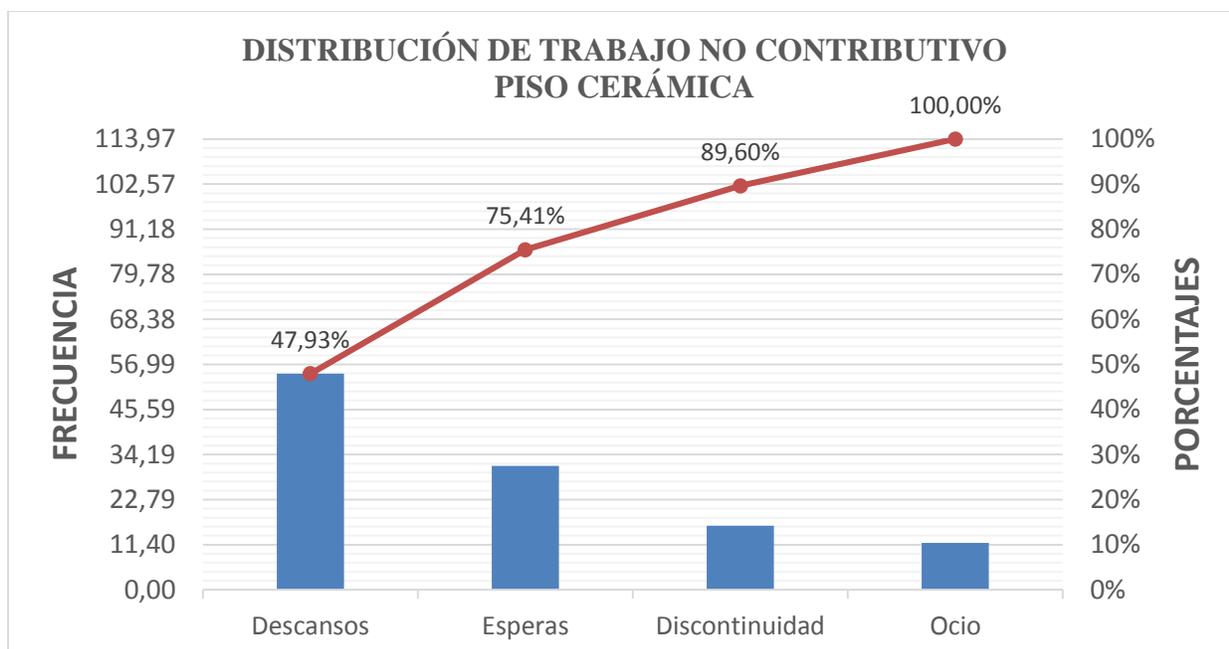


Figura 66. Distribución del trabajo no contributivo en Piso Cerámica Montelago Urbano.

Fuente: Autor. (2019).

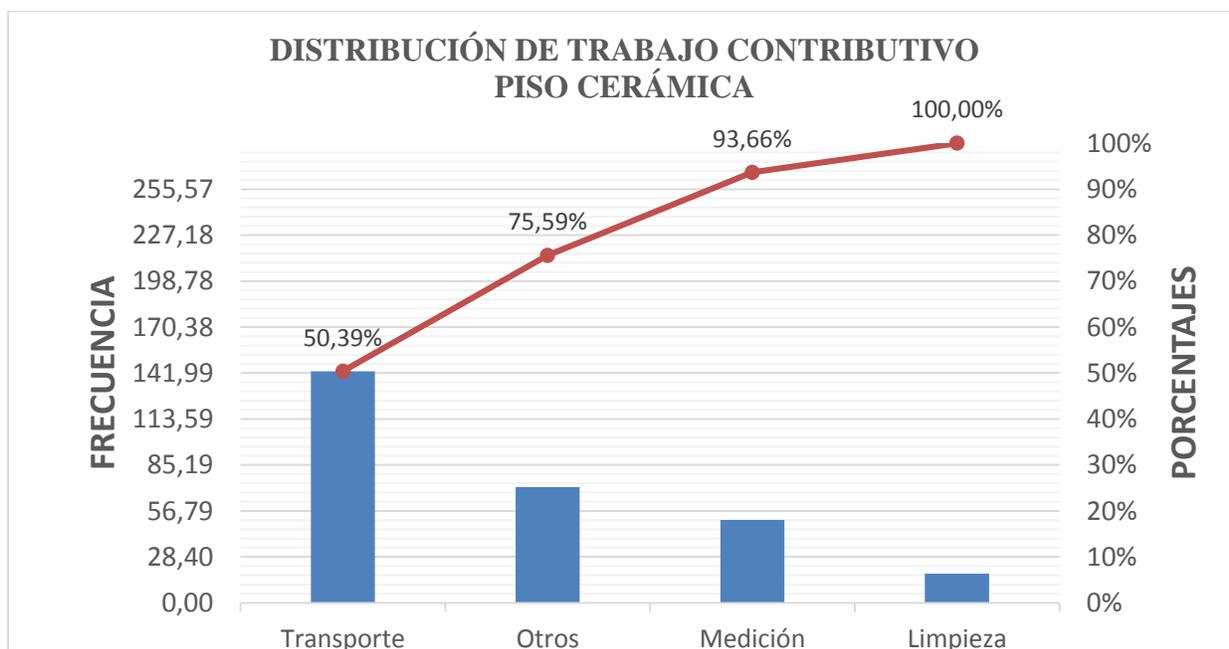


Figura 67. Distribución del trabajo contributivo en Piso Cerámica Montelago Urbano.

Fuente: Autor. (2019).

4.2.5 Distribución general de categorías de trabajo. En la Figura 68 se muestra la distribución porcentual de las categorías de trabajo.



Figura 68. Distribución general de categorías de trabajo Torre Isa.

Fuente: Autor. (2019).

De acuerdo a la figura 68 se concluye que solamente el 54,02% del tiempo trabajado es dedicado a actividades productivas mientras que el 45,98% restante es dedicado a actividades no productivas; de los cuales el 30,19% corresponde a tiempo que, aunque no desarrollan directamente las actividades, sirve de apoyo a éstas. Por otro lado, el 15,79% corresponde a tiempo que no aporta en lo absoluto al desarrollo de las actividades.



Figura 69. Distribución general de categorías de trabajo Belo Horizonte.

Fuente: Autor. (2019).

De acuerdo a la figura 69 se concluye que solamente el 51,17% del tiempo laborado es dedicado a actividades productivas mientras que el 48,83% restante es dedicado a actividades no productivas; de los cuales el 29,83% corresponde a tiempo que, aunque no desarrolla directamente las actividades, sirve de apoyo a la realización de éstas; además se puede evidenciar que gran parte del tiempo (19%) corresponde a tiempo que no aporta en lo absoluto al desarrollo de las actividades.



Figura 70. Distribución general de categorías de trabajo Edificio Verde.

Fuente: Autor. (2019).

Similar a los resultados obtenidos en las obras anteriores, en la gráfica 70 se puede observar que gran parte del tiempo laborado es dedicado a labores no productivas (51,61%); de los cuales el 35,78% corresponde a tiempo en el que los trabajadores realizan labores de apoyo para el desarrollo de las actividades y el 15,83% corresponde a tiempo muerto en obra.

Teniendo en cuenta la teoría Lean Construction, se concluye que los tiempos obtenidos en el proyecto Edificio Verde no tienen un comportamiento aceptable; ya que los porcentajes de los trabajos contributivo y no contributivo superan el del trabajo productivo.

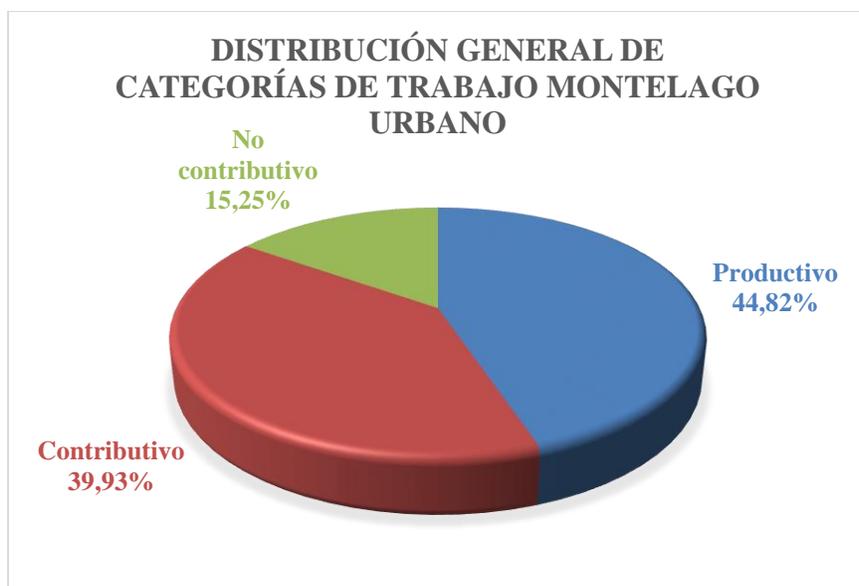


Figura 71. Distribución general de categorías de trabajo Montelago Urbano.

Fuente: Autor. (2019).

De acuerdo a la gráfica 71 se concluye que solamente el 44,82% del tiempo es dedicado a actividades productivas mientras que el 55,18% restante es dedicado a actividades no productivas; de los cuales el 39,93% corresponde a tiempo en el que los trabajadores realizan labores de apoyo para la correcta ejecución de las actividades pero que en últimas no se considera como tiempo productivo; además el 15,25% corresponde a tiempo que no aporta al desarrollo de las actividades.

Cabe resaltar que bajo la teoría Lean Construction, el proyecto Vivienda Montelago Urbano no tiene un comportamiento aceptable; ya que las series de los tiempos contributivo y no contributivo superan la del productivo.

4.2.6 Distribución general de trabajo no contributivo. De la Figura 72 a la Figura 75 se muestran los resultados obtenidos para cada proyecto.

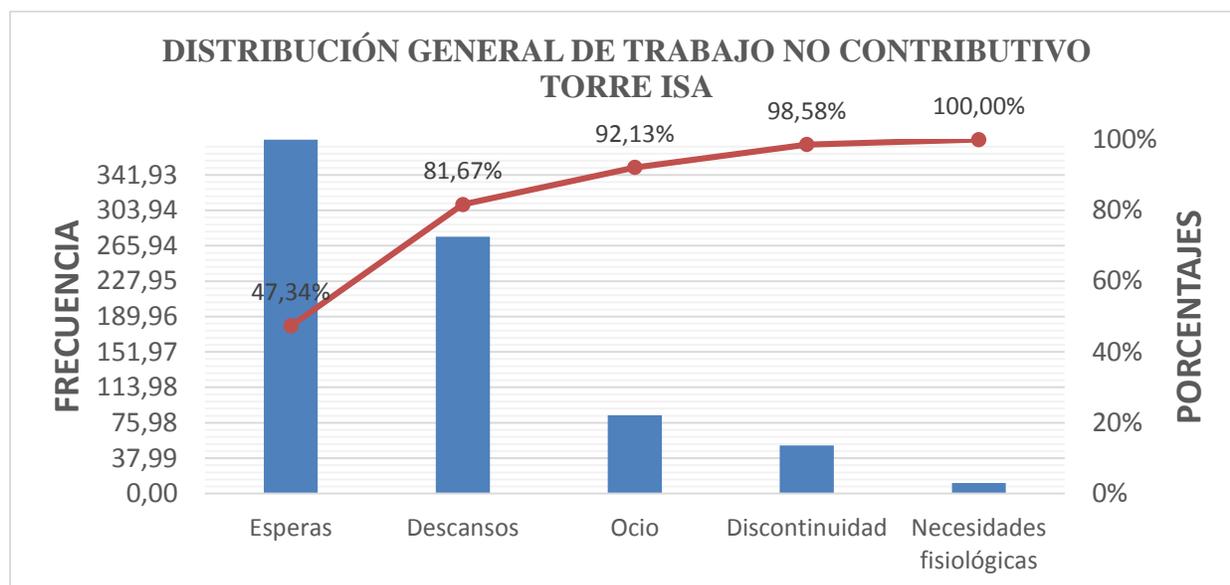


Figura 72. Distribución general de trabajo no contributivo Torre Isa.

Fuente: Autor. (2019).

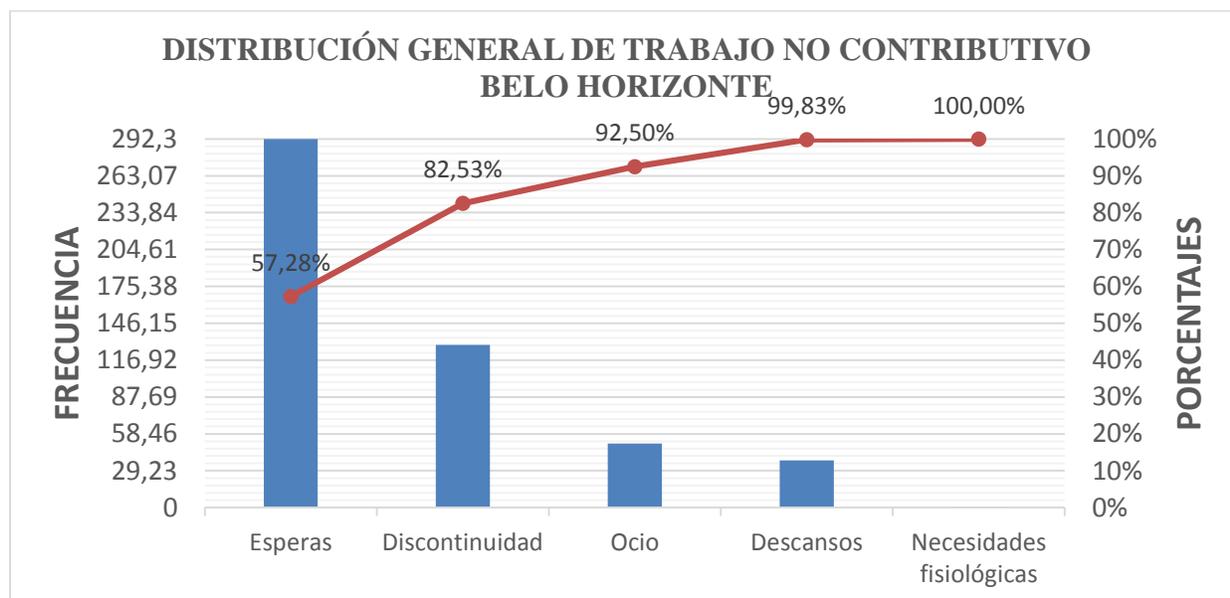


Figura 73. Distribución general de trabajo no contributivo Belo Horizonte.

Fuente: Autor. (2019).

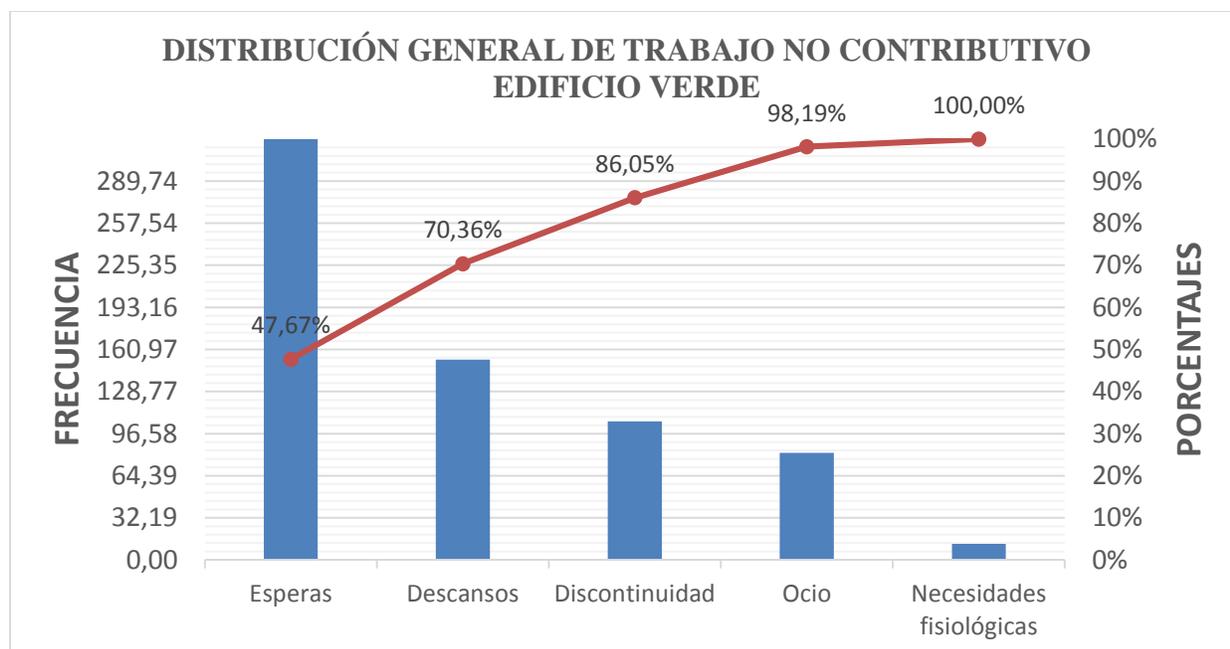


Figura 74. Distribución general de trabajo no contributivo Edificio Verde.

Fuente: Autor. (2019).

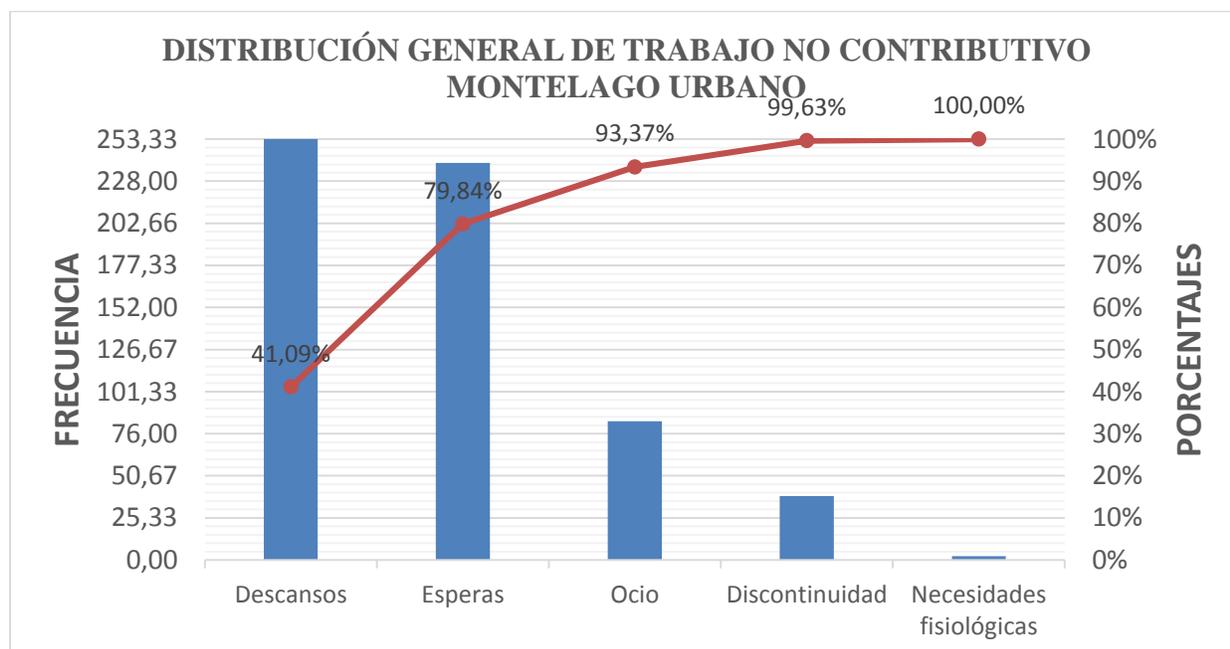


Figura 75. Distribución general de trabajo no contributivo Montelago Urbano.

Fuente: Autor. (2019).

4.3 Realizar un análisis causal de las pérdidas más relevantes a través del diagrama Ishikawa para el desarrollo de mejoras en obra.

Para el cumplimiento de este objetivo se realizó una recopilación de las causas de pérdida más representativas en todas las obras y se creó el diagrama de Ishikawa como se observa a continuación, en la figura 76.

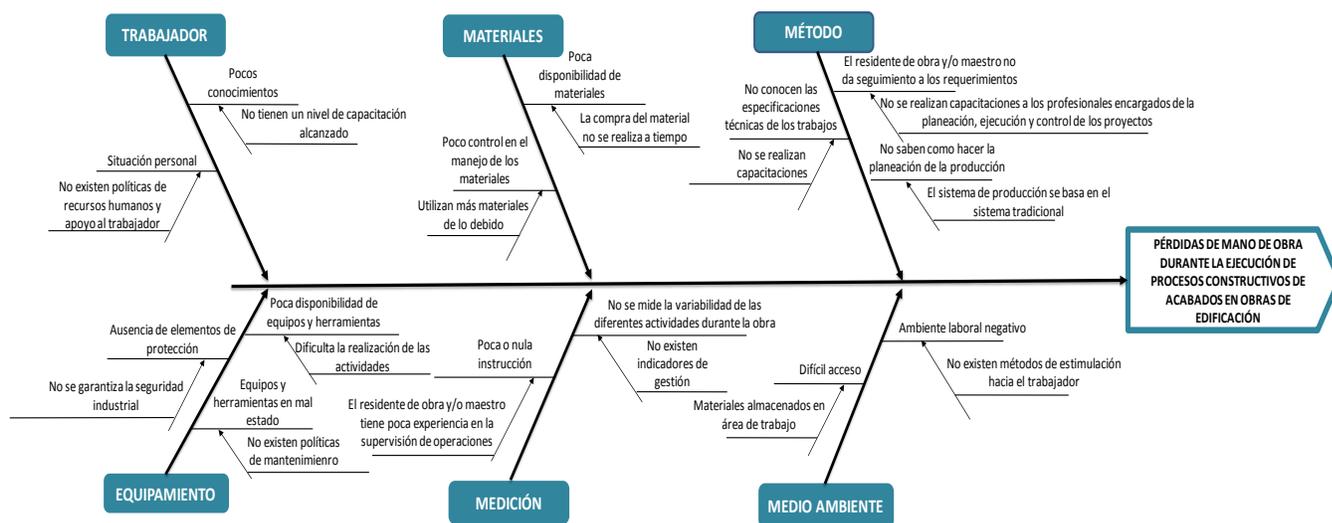


Figura 76. Diagrama de Ishikawa de pérdidas de mano de obra en procesos constructivos de acabados.

Fuente: Autor. (2019).

Para lograr tener un mejor manejo de la información se creó la tabla 29 en la cual se realizó una evaluación teniendo en cuenta seis criterios: factor, causa directa/indirecta, solución, factibilidad, medición y costo; éstos se calificaron con una puntuación de 1 a 3, donde 1 corresponde a un factor poco determinante, una causa indirecta del problema, la solución no eliminaría en su totalidad el problema, la aplicación de la solución es poco factible, es de difícil medición y su costo es elevado. Donde 2 corresponde a un factor medianamente determinante, una causa medianamente directa del problema, la solución ayudaría parcialmente a resolver

problema, la aplicación de la solución es medianamente factible, es de clara medición y su costo es medianamente elevado. Finalmente, 3 corresponde a un factor muy determinante, una causa directa del problema, la solución eliminaría en su totalidad el problema, la aplicación de la solución es muy factible, es de fácil y clara medición y su costo es relativamente bajo.

Tabla 29

Evaluación de factores Diagrama Ishikawa

| CAUSAS | | SOLUCIONES | | CRITERIOS | | | | TOTALES |
|--|--|------------|---------------|-----------|----------|---------|------------|---------|
| MÉTODO | SOLUCIÓN | FACTOR | CAUSA DIRECTA | SOLUCIÓN | FACTIBLE | MEDIBLE | BAJO COSTO | TOTAL |
| No saben cómo hacer la planeación de la producción | Capacitación en control y gestión de operaciones | 3 | 3 | 1 | 3 | 3 | 1 | 14 |
| No conocen las especificaciones técnicas de los trabajos | Plan de capacitación/ Mecanismos de seguimiento y control/ Evaluación de desempeño | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 16 |
| El supervisor no da seguimiento a los requerimientos | Capacitación en el manejo de herramientas de gestión para la supervisión | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 16 |
| MEDIO AMBIENTE | SOLUCIÓN | FACTOR | CAUSA DIRECTA | SOLUCIÓN | FACTIBLE | MEDIBLE | BAJO COSTO | TOTAL |
| Ambiente laboral negativo | Reconocimiento a la labor realizada mediante bonificaciones salariales | 3 | 3 | 1 | 3 | 2 | 1 | 13 |
| Difícil acceso | Implementar plan y disposición de la obra | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 | 3 | 11 |
| MATERIALES | SOLUCIÓN | FACTOR | CAUSA DIRECTA | SOLUCIÓN | FACTIBLE | MEDIBLE | BAJO COSTO | TOTAL |
| Poca disponibilidad de materiales | Capacitación en gestión de inventarios | 2 | 2 | 1 | 3 | 3 | 3 | 14 |
| Poco control en el manejo de los materiales | Plan de capacitación/ Mecanismos de seguimiento y control/ Evaluación de desempeño | 2 | 2 | 1 | 3 | 3 | 2 | 13 |

Continuación Tabla 29

| MEDICIÓN | SOLUCIÓN | FACTOR | CAUSA DIRECTA | SOLUCIÓN | FACTIBLE | MEDIBLE | BAJO COSTO | TOTAL |
|--|--|--------|---------------|----------|----------|---------|------------|-------|
| No se mide la variabilidad de las diferentes actividades durante la obra | Implementar nuevos sistemas de medición utilizando herramientas estadísticas básicas | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 16 |
| Poca o nula instrucción | Capacitación en control y gestión de operaciones | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 1 | 15 |
| TRABAJADOR | SOLUCIÓN | FACTOR | CAUSA DIRECTA | SOLUCIÓN | FACTIBLE | MEDIBLE | BAJO COSTO | TOTAL |
| Situación personal | Implementar políticas de recursos humanos | 2 | 2 | 1 | 3 | 1 | 3 | 12 |
| Pocos conocimientos | Plan de capacitación/ Mecanismos de seguimiento y control/ Evaluación de desempeño | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 16 |
| EQUIPAMIENTO | SOLUCIÓN | FACTOR | CAUSA DIRECTA | SOLUCIÓN | FACTIBLE | MEDIBLE | BAJO COSTO | TOTAL |
| Poca disponibilidad de equipos y herramientas | Proveer equipos y herramientas | 2 | 1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 11 |
| Equipos y herramientas en mal estado | Reemplazar equipos y herramientas | 2 | 1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 11 |
| Ausencia de elementos de protección | Proveer elementos de protección | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 1 | 9 |

Nota: La tabla muestra la evaluación de los factores más representativos en las obras, obtenidos del Diagrama Ishikawa. Fuente: Autor, 2019.

Los factores con mayor puntuación permiten encontrar la raíz del problema de pérdidas en la mano de obra para los proyectos que se contemplan en esta investigación y que muy seguramente servirán como referencia para estudios posteriores. Tal como se puede evidenciar el problema radica inicialmente en el poco conocimiento que poseen los trabajadores en cuanto a los procesos constructivos; esto trae consigo que las actividades se realicen en un periodo de tiempo más prolongado, que algunos trabajos tengan que rehacerse, que exista un indebido uso de materiales e insumos ya que se desconocen las dosificaciones; entre un sinnúmero de causas que influyen en el bajo rendimiento de la mano de obra en la ejecución de las actividades.

Por otro lado, la falta de supervisión por parte de los profesionales encargados de las obras influye negativamente en la realización de las tareas, pues la poca instrucción, la falta de criterios de aceptación y de seguimiento dan lugar de igual forma a la incorrecta ejecución de las labores en las obras, y terminan convirtiéndose al final en un indicador de improductividad y aumento de pérdida de la mano de obra.

Finalmente, pero no menos importante, la falta de medición de la variabilidad de las diferentes actividades durante la obra, no permite identificar ni cuantificar las pérdidas; desaprovechando oportunidades de mejora en el desempeño de los proyectos de construcción.

Teniendo en cuenta lo anterior se plantean las siguientes soluciones:

Implementar un plan de capacitación dirigido a los trabajadores, que les permita contar con los fundamentos técnicos, teóricos y prácticos para la realización de las actividades. Establecer mecanismos de seguimiento y control a los trabajadores para garantizar la correcta ejecución y cumplimiento de los procesos constructivos; y asimismo efectuar evaluaciones de desempeño para la estimación del rendimiento de la mano de obra.

Realizar capacitaciones a los supervisores en el manejo de herramientas de gestión para la planificación y programación de obra, realización de seguimiento, control y optimización de los recursos relacionados con la misma.

Establecer sistemas de medición mediante el uso de herramientas estadísticas básicas que permitan medir la variabilidad de las actividades en la obra y la aplicación de nuevas técnicas de planificación y control del proceso productivo.

Las soluciones anteriores hacen parte del conjunto de medidas que propone la metodología Lean Construction (LC) o Construcción sin pérdidas para mejorar la productividad en los proyectos de edificación; por ende, su implementación en la industria de la construcción resultaría oportuna, ya que permitiría adoptar sistemas de gestión de la producción desde la fase de planificación y programación de la obra hasta la ejecución de los procesos constructivos, con el único fin de generar valor a las tareas, fases y etapas de los proyectos; entendiendo valor como la reducción o eliminación de todo aquello que genere pérdidas en la realización de las mismas.

4.4 Realizar un análisis comparativo entre los rendimientos de la mano de obra obtenidos en cada proyecto y lo planteado por expertos.

Para el desarrollo de este objetivo se realizó el análisis comparativo con la base de datos proporcionada por la revista Construprecios 2019. Esta base de datos contiene información acerca de los rendimientos en las ciudades de Cúcuta y Bucaramanga. Cabe resaltar que se eligió esta revista teniendo en cuenta que los rendimientos y datos son obtenidos de un extenso trabajo que se encuentra siempre en constante actualización.

De la Tabla 30 a la Tabla 33 se muestran los consumos promedio obtenidos en cada obra expresados en hH/m² (Hora-Hombre por metro cuadrado), los consumos proporcionados por Construprecios y la diferencia de rendimiento.

4.4.1 Proyecto Torre Isa. La información para esta obra se muestra a continuación.

Tabla 30

Comparación de rendimientos entre el Proyecto Torre Isa y Construprecios

| ACTIVIDAD | OBRA | CONSTRUPRECIOS | DIFERENCIA DE RENDIMIENTO |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------|
| MURO EN BLOQUE H10 | 0,980 hH/m ² | 0,600 hH/m ² | Menor rendimiento en la obra |
| PAÑETE LISO MUROS 1:5 | 0,726 hH/m ² | 0,470 hH/m ² | Menor rendimiento en la obra |
| ANTEPISO E=0,05M | 0,442 hH/m ² | 0,280 hH/m ² | Menor rendimiento en la obra |
| ESTUCO | 0,111 hH/m ² | 0,250 hH/m ² | Mayor rendimiento en la obra |
| PISO CERÁMICA 55X55 | 0,675 hH/m ² | 1,000 hH/m ² | Mayor rendimiento en la obra |

Nota: La tabla muestra la comparación de los rendimientos obtenidos en cada actividad en el Proyecto Torre Isa con los rendimientos contemplados en Construprecios. Fuente: Autor, 2019.

4.4.2 Proyecto Belo Horizonte. La información para esta obra se muestra a continuación.

Tabla 31

Comparación de rendimientos entre el Proyecto Belo Horizonte y Construprecios

| ACTIVIDAD | OBRA | CONSTRUPRECIOS | DIFERENCIA DE RENDIMIENTO |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------|
| MURO EN BLOQUE H10 | 1,023 hH/m ² | 0,600 hH/m ² | Menor rendimiento en la obra |
| PAÑETE LISO MUROS 1:5 | 0,601 hH/m ² | 0,470 hH/m ² | Menor rendimiento en la obra |
| ANTEPISO E=0,05M | 0,303 hH/m ² | 0,280 hH/m ² | Menor rendimiento en la obra |
| ESTUCO | 0,119 hH/m ² | 0,250 hH/m ² | Mayor rendimiento en la obra |
| PISO CERÁMICA 55X55 | 0,685 hH/m ² | 1,000 hH/m ² | Mayor rendimiento en la obra |

Nota: La tabla muestra la comparación de los rendimientos obtenidos en cada actividad en el Proyecto Belo Horizonte con los rendimientos contemplados en Construprecios. Fuente: Autor, 2019.

4.4.3 Proyecto Edificio Verde. La información para esta obra se muestra a continuación.

Tabla 32

Comparación de rendimientos entre el Proyecto Edificio verde y Construprecios

| ACTIVIDAD | OBRA | CONSTRUPRECIOS | DIFERENCIA DE RENDIMIENTO |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------|
| MURO EN BLOQUE H10 | 1,183 hH/m ² | 0,600 hH/m ² | Menor rendimiento en la obra |
| PAÑETE LISO MUROS 1:5 | 0,628 hH/m ² | 0,470 hH/m ² | Menor rendimiento en la obra |
| ANTEPISO E=0,05M | 0,490 hH/m ² | 0,280 hH/m ² | Menor rendimiento en la obra |
| ESTUCO | 0,149 hH/m ² | 0,250 hH/m ² | Mayor rendimiento en la obra |
| PISO CERÁMICA 55X55 | 0,720 hH/m ² | 1,000 hH/m ² | Mayor rendimiento en la obra |

Nota: La tabla muestra la comparación de los rendimientos obtenidos en cada actividad en el Proyecto Edificio Verde con los rendimientos contemplados en Construprecios. Fuente: Autor, 2019.

4.4.4 Proyecto Montelago Urbano. La información para esta obra se muestra a continuación.

Tabla 33

Comparación de rendimientos entre el Proyecto Montelago Urbano y Construprecios

| ACTIVIDAD | OBRA | CONSTRUPRECIOS | DIFERENCIA DE RENDIMIENTO |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| MURO EN BLOQUE H10 | 1,472 hH/m ² | 0,600 hH/m ² | Menor rendimiento en la obra |
| PAÑETE LISO MUROS 1:5 | 0,778 hH/m ² | 0,470 hH/m ² | Menor rendimiento en la obra |
| ANTEPISO E=0,05M | 0,458 hH/m ² | 0,280 hH/m ² | Menor rendimiento en la obra |
| ESTUCO | 0,133 hH/m ² | 0,250 hH/m ² | Mayor rendimiento en la obra |
| PISO CERÁMICA 55X55 | 0,757 hH/m ² | 1,000 hH/m ² | Mayor rendimiento en la obra |

Nota: La tabla muestra la comparación de los rendimientos obtenidos en cada actividad en el Proyecto Montelago Urbano con los rendimientos contemplados en Construprecios. Fuente: Autor, 2019.

Capítulo 5. Conclusiones

A través del análisis del estudio de las categorías de trabajo y la evaluación de factores en la ejecución de procesos constructivos de acabados, se logró identificar y cuantificar las pérdidas generadas por la mano de obra en los proyectos de edificación.

Conforme al estudio de tiempos se pudo evidenciar que la baja productividad obedece en su mayoría a tiempos no contributivos dedicados a esperas, descansos y discontinuidad; asimismo los datos obtenidos permiten concluir que en todas las obras el porcentaje acumulado correspondiente a las causas en mención superan el 70%.

De acuerdo a lo anterior, los factores que generaron mayor porcentaje de pérdida en los proyectos Torre Isa y Edificio verde, corresponden a esperas con porcentajes de 47,34% y 47,67%, descansos con porcentajes de 34,33% y 22,69% respectivamente. En el proyecto Montelago Urbano corresponden a descansos (41,09%) y esperas (38,75%) y finalmente, en el proyecto Belo Horizonte corresponden a esperas (57,28%) y a discontinuidad (25,26%) en la realización de las actividades.

Las esperas se originaron principalmente por la falta de instrucción, por retraso en la entrega de herramientas, materiales y equipos, por efectos del clima, por detenciones y trabajo rehecho; por otra parte, los descansos fueron causados por la satisfacción de las necesidades básicas y agotamiento físico de los trabajadores. La discontinuidad resultó debido a la mala

planificación y programación de las tareas, en muchas oportunidades los trabajadores detenían la realización de las actividades para el desarrollo de otras distintas.

La evaluación de factores permitió conocer las causas que tienen mayor incidencia en el rendimiento de los trabajadores, estos son: poca disponibilidad de mano de obra calificada, tipo de contrato, baja seguridad industrial, discontinuidad, ausencia de elementos de protección o en mal estado, falta de instrucción, baja gestión de la calidad y poca habilidad.

Al realizar la comparación de los rendimientos obtenidos en las obras de esta investigación y los comprendidos en Construprecios se pudo corroborar que en la región existe un menor rendimiento en la mayoría de las actividades, lo que genera un mayor costo de ejecución de las obras y un mayor tiempo de entrega de las mismas; convirtiéndose en un reto para las empresas constructoras y personas que trabajen en el sector de la construcción en mejorar la productividad de sus proyectos.

Finalmente la realización del diagrama Ishikawa permitió encontrar las causas potenciales que contribuyen a la pérdida de la mano de obra en los proyectos de edificación, mostrando que el verdadero problema radica en que las empresas o personas que ejecutan estas obras no implementan modelos de gestión que permitan mejorar la productividad a partir de la identificación de pérdidas, pues su producción se basa únicamente en actividades de conversión que agregan valor al producto final y se ignora el flujo que se presenta en la ejecución de las actividades, donde realmente se puede analizar, identificar y reducir o eliminar todo aquello que genere desperdicios o pérdidas en los proyectos de construcción.

Capítulo 6. Recomendaciones

Para posteriores investigaciones se propone realizar el análisis de pérdidas en otras actividades de construcción, así como también en otros proyectos de edificación, con el fin de brindar un modelo de referencia a empresas que ejecuten este tipo de obras y a todo aquel que desee mejorar la productividad en sus proyectos.

Resultaría oportuno realizar un estudio donde se analice la incidencia que tienen los factores de afectación de la mano de obra en el costo total de los proyectos, verificando si las pérdidas ocasionadas por ésta generan una mayor inversión de costo y de tiempo.

Implementar metodologías de gestión de la producción como Lean Construction en una obra de edificación que permita comparar su productividad con otra obra donde no se implemente este tipo de técnicas y comprobar si el porcentaje de pérdidas disminuye al implementarlas y por ende si la productividad aumenta.

Es imprescindible cambiar el paradigma actual de ver la construcción sólo como un medio de transformación de recursos en una unidad determinada y empezar a implementar metodologías que permitan centrar la atención en aquellos flujos o actividades que no agregan valor, reduciéndolos o eliminándolos; con el fin de optimizar los procesos constructivos y garantizar una alta productividad y éxito en los proyectos de construcción.

Referencias

- Alarcón, L. (1997). *Herramientas para identificar y reducir pérdidas en proyectos de construcción*. Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Alarcón, L., & Pelliécer, E. (2009). *Un nuevo enfoque en la gestión: la construcción sin pérdidas*. Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Añazco, G., & Sánchez, J. (2016). *Pérdidas operacionales generadas en la construcción de una urbanización: análisis de sus causas y soluciones mediante la filosofía de lean construction*. Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Botero, L. (2002). Análisis de Rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción. *Revista Universidad de EAFIT N°128*, 20-25.
- Botero, L., & Álvarez, M. (Medellín). Identificación de pérdidas en el proceso productivo de la construcción. *Revista Universidad de EAFIT N°130.*, 40-43.
- Cano, A., & Duque, G. (2000). *Rendimientos y consumos de mano de obra*. Medellín: SENA - CAMACOL.
- Hernández, T. (2007). *Apoyo en el estudio sobre la medición de productividad y rendimientos, consumo de materiales, mano de obra y equipos utilizados para la ejecución de actividades, basado en el análisis por precios unitarios*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Page, J. S. (1997). *Estimator's general construction man - hour*. Houston: Gulf Publishing Company. Ohio.

- Pinzón, J., & Galvis, A. (2011). *Implementación de las herramientas de medición de pérdidas en la etapa de estructura bajo la metodología de construcción sin pérdidas*. Floridablanca: Universidad Pontificia Bolivariana.
- Porras, H., & Sánchez, O. G. (2014). *Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual*. Universidad Industrial de Santander: Bucaramanga.
- Puin, N. (2016). *Adaptación de estrategias para reducir pérdidas en obra mediante el diseño de formatos ligados a un sistema de gestión de calidad y productividad para la empresa ingeniería & proyectos civiles y arquitectónicos pinar s.a.s*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- Serpell, A. (1999). *Productividad en la construcción*. Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.

Apéndices

Apéndice A. Formatos F-001 empleados durante la investigación.

Ver archivo adjunto.

Apéndice B. Formatos F-002 empleados durante la investigación.

Ver archivo adjunto.

Apéndice C. Registro fotográfico.

Ver archivo adjunto.