

**FACTORES DETERMINANTES EN RENDIMIENTOS DE MANO DE  
OBRAS DE CONSTRUCCION DE EDIFICACIONES EN BUCARAMANGA  
Y SU ÁREA METROPOLITANA: MUROS Y ACABADOS.**

**MARGARITA ROSA CABALLERO VELASCO  
HÉCTOR ENRIQUE VARGAS PORRAS**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL  
BUCARAMANGA  
ESCUELA DE INGENIERÍAS Y ADMINISTRACIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
COMITÉ DE TRABAJOS DE GRADO  
BUCARAMANGA  
2013**

**FACTORES DETERMINANTES EN RENDIMIENTOS DE MANO DE  
OBRAS DE CONSTRUCCION DE EDIFICACIONES EN BUCARAMANGA  
Y SU ÁREA METROPOLITANA: MUROS Y ACABADOS.**

**MARGARITA ROSA CABALLERO VELASCO  
HÉCTOR ENRIQUE VARGAS PORRAS**

**Tesis de grado como requisito para optar  
al título de Ingenieros Civiles**

**DIRECTORA  
MARGARETH VIECCO MARQUEZ  
INGENIERA CIVIL  
MsC. GERENCIA DE PROYECTOS EN LA CONSTRUCCIÓN**

**VISTO BUENO DIRECTOR \_\_\_\_\_**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL  
BUCARAMANGA  
ESCUELA DE INGENIERÍAS Y ADMINISTRACIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
COMITÉ DE TRABAJOS DE GRADO  
BUCARAMANGA  
2013**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

**Presidente del jurado**

---

**Jurado**

---

**Jurado**

**Bucaramanga, 2013**

## TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA .....	6
AGRADECIMIENTOS .....	7
LISTA DE FIGURAS .....	8
LISTA DE TABLAS .....	9
FICHAS TECNICAS.....	10
LISTA DE ANEXOS .....	11
RESUMEN GENERAL DEL TRABAJO DE GRADO.....	12
GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE .....	13
1. CAPITULO INTRODUCTORIO .....	14
1.1. OBJETIVOS.....	16
1.1.1. Objetivo General.....	16
1.1.2. Objetivos Específicos .....	16
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	17
1.3. ALCANCE .....	18
2. CONSUMO DE LA MANO DE OBRA: ANTECEDENTES Y CONCEPTOS GENERALES.....	20
2.1. ANTECEDENTES LOCALES: .....	22
2.2. CONCEPTOS BÁSICOS ASOCIADOS A LA MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN:.....	23
2.2.1. Rendimiento de Mano de Obra .....	23
2.2.2. Factores de Afectación.....	24
2.2.3. Productividad .....	26
2.2.4. Cuadrilla.....	26
2.2.5. Actividad .....	27
2.2.6. Eficiencia .....	27
2.2.7. Eficacia.....	27
2.3. NORMATIVIDAD EN LA RELACIÓN EMPLEADOR-EMPLEADO EN LA CONSTRUCCIÓN.....	27

2.3.1.	Relación Contractual.....	28
2.3.2.	Esquemas Contractuales:.....	29
2.3.2.	Salario, Prestaciones y Aportes Parafiscales: .....	30
3.	ESTRUCTURA METODOLÓGICA .....	32
3.1.	REVISIÓN BIBLIOGRAFICA .....	32
3.2.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	32
3.2.1.	Población Objetivo y Muestra Representativa.....	34
3.2.2.	Proyectos estudiados Área Metropolitana de Bucaramanga .....	40
3.3.	Instrumento de Recolección de Información.....	44
3.3.1.	Descripción de la escala usada para medir factores, fuente.....	47
3.4.	PRUEBA PILOTO:.....	48
3.5.	VISITAS Y MEDICIONES EN OBRA.....	48
3.6.	REGISTRO DE LA INFORMACIÓN .....	50
3.7.	DETERMINACIÓN DE ÍTEM'S.....	50
4.	RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS .....	76
4.2.	BASE DE DATOS.....	80
4.3.	REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE.....	82
4.4.	VALORACIÓN COSTOS.....	88
5.	CONCLUSIONES .....	91
6.	RECOMENDACIONES.....	94
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	95

## DEDICATORIA

*Quiero dedicar este gran logro de mi vida a Dios, por darme la fortaleza y dirección para realizar este proyecto, el cual se convierte en mi primer contribución al servicio de la sociedad. A mi mamá, Luz Stella Velasco Contreras, que aunque no se encuentra conmigo, desde lo alto siempre me inspiró a continuar esta etapa profesional. A mi papá, Héctor Gonzalo Caballero Camacho, fuente de perseverancia y constancia, mentor de mi vida. A mis hermanos Gonzalo y Daniel, porque son el motor que me impulsa a desarrollar grandes proyectos. A Gabriel, Felipe y Victoria López por apoyarme incondicionalmente y darme la oportunidad de desarrollarme como profesional. A toda mi familia, a mil gracias por su inmenso amor.*

*Margarita Rosa Caballero Velasco*

*Le dedico este logro con inmenso amor a mi familia en el transcurso de esta etapa de mi vida, a mi padre Héctor Vargas Rodríguez, quién gracias a sus consejos, su experiencia, su espíritu de lucha y sacrificio pude llevar a cabo el presente proyecto. A mi madre Yolanda Porras Rueda, quién con su entrega, esmero y dedicación, fue motivo de inspiración. A mi hermano Fabián Andrés Vargas Porras, principal motivo de superación. A Nubia Porras Rueda, quién fue un gran apoyo a lo largo de mi carrera.*

*Héctor Enrique Vargas Porras*

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por bendecirnos con la salud, la sabiduría y el entendimiento necesario para culminar satisfactoriamente esta etapa académica.

A nuestras familias, por su apoyo incondicional y constante en todo lo que abarcó la realización de la presente investigación.

A Margareth Viecco, por su paciencia, entrega y dedicación en la asesoría de este proyecto de grado.

A las empresas MARVAL S.A, CONSTRUCTORA MARDEL, CONSTRUCTORA INACAR S.A., y demás empresas que nos colaboraron en el ingreso a las obras y contribuyeron en el desarrollo del proyecto.

A todas aquellas personas que de una u otra forma aportaron a que este proyecto de grado fuera una realidad.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura No. 1:</b> Factores que inciden en la productividad.....	25
<b>Figura No.2:</b> Ubicación geográfica del Área metropolitana de Bucaramanga.....	33
<b>Figura No. 3:</b> Distribución Normal.....	37
<b>Figura No. 4:</b> Coeficiente de Confianza $z (\alpha / 2)$ .....	39
<b>FiguraNo.5:</b> Gráfico Comparativo del crecimiento de la industria de la construcción en la 5 ciudades más importantes de Colombia según el DANE.....	40
<b>Figura No. 6:</b> Localización de proyectos en el plano del Área Metropolitana de Bucaramanga.....	43
<b>Figura No. 7:</b> Incidencia de factores de afectación.....	47



## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla No. 1:</b> Costo real de un trabajador. Salario mínimo mensual legal vigente 2013.....	31
<b>Tabla No. 2:</b> Nomenclatura de Ubicación de Proyectos estudiados en el AMB.....	42
<b>Tabla No. 3:</b> Formato de Recolección.....	46
<b>Tabla No. 4:</b> factores de Afectación.....	47
<b>Tabla No. 5:</b> Actividades de Construcción Estudiadas.....	51
<b>Tabla No. 6:</b> Análisis Estadístico Descriptivo de las Actividades.....	79
<b>Tabla No. 7:</b> Base de Datos de Actividades de Construcción.....	81
<b>Tabla No. 8:</b> Matriz Correlación Rendimiento vs Factores de Afectación..	83
<b>Tabla No. 9:</b> Formulas para Calcular el Rendimiento.....	85
<b>Tabla No. 10:</b> Costo real de Mano de Obra, Cuadrilla Unificada.....	89

## FICHAS TECNICAS

<b>Ficha técnica No. 1:</b> Muro en mampostería Ladrillo E-9.....	53
<b>Ficha técnica No. 2:</b> Muro en mampostería Ladrillo E-9.....	54
<b>Ficha técnica No. 3:</b> Muro en mampostería a la vista ladrillo Estucblock...	55
<b>Ficha técnica No. 4:</b> Muro en mampostería ladrillo H-7.....	56
<b>Ficha técnica No. 5:</b> Muro en mampostería ladrillo H-10.....	57
<b>Ficha técnica No. 6:</b> Mortero de piso espesor 4,5 cm.....	58
<b>Ficha técnica No. 7:</b> Pintura de paredes y placa con Rodillo.....	59
<b>Ficha técnica No. 8:</b> Friso de Fachada.....	60
<b>Ficha técnica No. 9:</b> Friso o Pañete.....	61
<b>Ficha técnica No. 10:</b> Estuco Plástico o Acrílico.....	62
<b>Ficha técnica No. 11:</b> Estuco Tradicional.....	63
<b>Ficha técnica No. 12:</b> Cielos Rasos en Drywall.....	64
<b>Ficha técnica No. 13:</b> Guarda Escobas.....	65
<b>Ficha técnica No. 14:</b> Instalación de ventanería Metálica.....	66
<b>Ficha técnica No. 15:</b> Enchape de Pisos.....	67
<b>Ficha técnica No. 16:</b> Enchape de Pared.....	68
<b>Ficha técnica No. 17:</b> Instalación de puertas de Madera.....	69
<b>Ficha técnica No. 18:</b> Instalación de Puertas Metálicas.....	70
<b>Ficha técnica No. 19:</b> Dilataciones en Friso.....	71
<b>Ficha técnica No. 20:</b> Embone de Puertas Metálicas.....	72
<b>Ficha técnica No. 21:</b> Filos.....	73
<b>Ficha técnica No. 22:</b> Graniplast sobre fachada.....	74
<b>Ficha técnica No. 23:</b> Emboquillado.....	75

## LISTA DE ANEXOS

**Anexo No.1:** Formato de recolección de la prueba Piloto.....96

**Anexo No.2:** Formato de Recolección.....97

## RESUMEN GENERAL DEL TRABAJO DE GRADO

<b>TÍTULO</b>	FACTORES DETERMINANTES EN RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRAS DE CONSTRUCCION DE EDIFICACIONES EN BUCARAMANGA Y SU ÁREA METROPOLITANA: MUROS Y ACABADOS.
<b>AUTORES</b>	Margarita Rosa Caballero Velasco Héctor Enrique Vargas Porras
<b>DIRECTORA</b>	Margareth Indira Viecco Márquez
<b>FACULTAD</b>	Ingeniería Civil

### RESUMEN

En los proyectos de construcción la mano de obra juega un papel muy importante al momento de programar y presupuestar, lo cual hace necesario que los profesionales de este sector se referencien en información expuesta en bases de datos fiables, sin embargo, estas bases de datos sólo contienen información de otras ciudades, y para aplicarla a Bucaramanga, la incertidumbre es alta al no tener las características propias de la región. Por esto, en este estudio se generó una base de datos, para la cual se registraron tiempos y costos de producción de la mano de obra en las diferentes actividades de obra, específicamente en muros y acabados de la construcción. Se tuvo en cuenta algunos de los factores que impactan la productividad, tales como: condiciones climáticas de la región en que se encuentre la construcción, horario del día en que se realiza la actividad, altura al cual se ejecuta la actividad, supervisión sobre la cuadrilla de mano de obra, esquema contractual de los trabajadores, y experiencia de quienes ejecutan la actividad; con el propósito de acercar a tiempos más exactos y realizar una modelación de diferentes escenarios que sean más certeros. El fin principal es disminuir la incertidumbre que existe en la toma de decisiones en el momento de determinar la programación en tiempos y costos de la mano de obra de un proyecto de construcción.

**PALABRAS CLAVES:** Mano de obra, rendimiento, productividad, factores de afectación, Construcción, Base de Datos

## **GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE**

<b>TÍTULO</b>	YIELD FACTORS IN LABOR IN CONSTRUCTION OF BUILDINGS OF BUCAMANGA AND ITS METROPOLITAN AREA: WALLS AND FINISHES.
<b>AUTORS</b>	Margarita Rosa Caballero Velasco Héctor Enrique Vargas Porras
<b>DIRECTOR</b>	Margareth Indira Viecco Márquez
<b>FACULTY</b>	Civil Engineering

### **ABSTRACT**

In construction projects the labor plays an important role when programming and budgeting, which makes it necessary for professionals in this sector are referenced in reliable databases, however, these databases only contain information from other cities, and also applied to Bucaramanga, uncertainty is high by not having the characteristics of the region. Therefore, this study was generated in a database, to which were recorded times and production costs of the Labor in the various work activities in walls and building finishes. It took into account some of the factors that impact productivity, such as climatic conditions of the region in which you are building, time of day when the activity is performed, height at which the activity is performed, gang supervision over Labor, contractual scheme for workers, and experience of those implementing the activity, with the aim of bringing more accurate times and perform a different modeling scenarios that are more accurate. The main purpose is to reduce the uncertainty in decision making when determining the programming time and cost of labor of a construction project.

**KEYWORDS:** Labor, performance, productivity, involvement factors, Construction, Database

## 1. CAPITULO INTRODUCTORIO

En Bucaramanga y su Área Metropolitana se ha evidenciado una alta demanda de la mano de obra debido a que el sector de la construcción de edificaciones ha venido aumentando en los últimos 2 años, en el artículo en línea de BBVA<sup>1</sup> “Colombia Situación Inmobiliaria” se evidencia esta situación, en él se menciona el crecimiento en las licencias de construcción desde el primer trimestres del 2011. Sin embargo, existe una alta incertidumbre en las proyecciones de tiempo y costos en edificaciones, específicamente en mano de obra (MO) debido a la falta de documentación o bases de datos que sirvan como referencia para la toma de decisiones en la planeación de un proyecto de construcción.

Lo anterior ha llevado a que los constructores y/o los planeadores de proyectos, consulten diversas bases de datos de otras regiones o documentación comercial a fin de tener un punto de referencia, por todo esto, se genera inexactitud, ya que las características y condiciones de las obras son particulares y varían de ciudad a ciudad, aumentando así los márgenes de error al momento de la programación y presupuesto de MO en un proyecto de construcción, como lo expuesto en el trabajo de investigación de Luis Fernando Botero Botero<sup>2</sup>.

Botero plantea que muchos profesionales del sector de la construcción se apoyan en sus propias experiencias para modificar los datos de acuerdo con

---

<sup>1</sup> Banco Bilbao Vizcaya Argentaria, BBVA. Situación Inmobiliaria en Colombia: Análisis Económico [en línea] (2011). [consultado 26 agosto 2012]. Disponible en <[http://serviciodeestudios.bbva.com/KETD/fbin/mult/1106\\_SitInmobiliariaColombia\\_tcm346-261416.pdf?ts=842013](http://serviciodeestudios.bbva.com/KETD/fbin/mult/1106_SitInmobiliariaColombia_tcm346-261416.pdf?ts=842013)>

<sup>2</sup> BOTERO BOTERO, Luis Fernando. Análisis de rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción en proyectos de vivienda de interés social: Proyecto de investigación, Universidad EAFIT, Medellín Colombia. 2001. p.7.

sus necesidades, con intención de lograr una productividad en sus proyectos; debido a esto, caen en un error al ignorar las condiciones óptimas para lograr rendimientos más cercanos a la realidad particular de la obra en ejecución. A esto se le añade la sobreutilización y/o subutilización de la MO, ya que se ejecutan actividades de construcción con más personal del que se requiere o por el contrario, escatiman MO en actividades complejas que requieren mayor número de recursos asignados, y todo esto influye en gran parte a que se generen retrasos en las obras.

Se reconoce, en cambio que *“los rendimientos y consumos utilizados en la programación y presupuesto en obras deben estar fundamentados en múltiples observaciones y análisis estadísticos”*<sup>3</sup>,y como en la región no se encuentra una documentación cien por ciento certera para ser utilizada en éstas planeaciones se hace necesario que se tenga en cuenta las condiciones y características particulares del sector de Bucaramanga y su área metropolitana donde se realizan las actividades de construcción.

Con base en lo anterior se plantean los siguientes interrogantes ¿existe en Bucaramanga y su área Metropolitana una base de datos de consulta acertada y ajustada a aspectos tales como: hora del día en la que ejecutará la actividad, condiciones climáticas, esquema contractual, experiencia de la mano de obra, control, trabajo en alturas, aspectos característicos de la región? ¿En la proyección de tiempos y costos de MO de actividades como muros divisorios, fachadas; y acabados de paredes, del piso, enchapes, carpinterías en madera, carpinterías metálica, todo ellos de proyectos realizados en la región se tendrán en cuenta factores determinantes de la productividad?..¿Se podrían medir los factores que impactan la productividad?¿Su incidencia será positiva o negativa?

---

<sup>3</sup>Ibid, p.4

Para resolver dichos interrogantes se realizó esta investigación sobre soportes de documentación generando una base de datos de la consulta de tiempos de actividades y costos de la mano de obra, en labores tales como muros y diferentes acabados, donde se incluye una serie de factores como distancias de ubicación de materiales, estado de ánimo del obrero, condiciones climáticas de la región donde se encuentra la construcción, horario del día en que se realiza la actividad, entre otros; y de esta manera obtener tiempos más exactos y certeros, logrando disminuir la incertidumbre que existe en la toma de decisiones en el momento de determinar la programación de un proyecto de construcción.

## **1.1.OBJETIVOS**

### **1.1.1. Objetivo General**

Realizar un análisis de los factores de afectación determinantes en los rendimientos de mano de obra en la construcción de edificaciones en Bucaramanga y su área metropolitana, específicamente en las actividades de muros y acabados.

### **1.1.2. Objetivos Específicos**

- Realizar una revisión bibliográfica respecto a los factores de afectación determinantes en los rendimientos de mano de obra en la construcción de edificaciones
- Generar una base de datos de rendimientos de mano de obra en la construcción de muros y acabados de edificaciones de Bucaramanga



y su área metropolitana, que sirva para consulta de profesionales y estudiantes de últimos semestres afines a la industria de la construcción.

- Evaluar los factores que impactan los rendimientos y consumos de mano de obra en la construcción de muros y acabados de edificaciones de Bucaramanga y su área metropolitana, con fines de identificar su incidencia.
- Realizar un análisis comparativo de costos y tiempos de planeación de MO en edificaciones ubicadas en el AMB, en relación con las actividades mencionadas, con información ajustada a los factores de impacto estudiados.

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

Atendiendo a las necesidades que se están presentando en el sector de la construcción en cuanto a productividad y/o rendimientos, se puede señalar la importancia que tiene hoy en día estos aspectos en un proyecto de obra civil, por lo cual se hace necesario tener control detallado de la WBS y todas las actividades que corresponden a ésta.

Con base en lo anterior, en una obra, independientemente del lugar de ejecución, los constructores requieren de una adecuada planeación de tiempos y costos de recursos en general, con información verídica que se acerque a la realidad. A pesar que se ha investigado acerca del tema, aún se presenta frente a esto un alto grado de incertidumbre, generando consecuencias como mayores costos no presupuestados y afectando negativamente la calidad del proyecto.

A fin de generar un soporte de consulta para los profesionales y estudiantes de ésta rama de la ingeniería civil, se planteó este estudio que involucra los **FACTORES DETERMINANTES EN RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA DE CONSTRUCCION DE EDIFICACIONES EN BUCARAMANGA Y SU ÁREA METROPOLITANA: MUROS Y ACABADOS**, con el que se obtuvo una base de datos ajustada al alcance del estudio. Se espera que ésta sea consultada por estudiantes Universitarios, y profesionales afines en el sector y, que sirva como referencia para las necesidades de los futuros proyectos de construcción de Bucaramanga y su área metropolitana, contribuyendo así positivamente en la planeación, programación y presupuesto de cada obra en particular.

El estudio contribuyó al desarrollo y alimentación de una completa base de datos de costos y tiempos de la mano de obra en la construcción de edificaciones en Bucaramanga y su Área Metropolitana.

### **1.3. ALCANCE**

El estudio incluye la creación de una base de datos de consulta de tiempos y costos de mano de obra en la construcción de edificaciones, ajustada a las condiciones propias de Bucaramanga y su Área Metropolitana, específicamente en actividades de muros y acabados, con el fin de contemplar todas los factores posibles que puedan afectar de una u otra forma el rendimiento de estas y así hacer un estudio más certero que sirva de soporte y/o de base de consulta a los constructores de la región.

Los factores a analizar serán específicamente:

- Hora del día en la que ejecutará la actividad.

- Condiciones climáticas.
- Esquema contractual
- Experiencia de la mano de obra
- Control
- Trabajo en alturas

Las actividades analizadas serán específicamente las relacionadas con:

## **MUROS**

- Divisorios
- Fachadas
- Traslúcidos
- Opacos

## **ACABADOS**

- Paredes
- Acabados del piso
- Enchapes
- Carpinterías en Madera
- Carpinterías Metálica

Además, se desarrollará un análisis comparativo de costos y tiempos de planeación de MO en una edificación ubicada en el AMB, en relación con las actividades mencionadas, con costos y tiempos ajustados a los factores de impacto estudiados, con el uso de herramientas estadísticas.

## **2. CONSUMO DE LA MANO DE OBRA: ANTECEDENTES Y CONCEPTOS GENERALES**

A nivel nacional e internacional se han desarrollado diferentes investigaciones en relación con consumo y productividad de la mano de obra en distintas industrias. En el caso de la construcción, a nivel nacional se han adelantado estudios, tesis de grado, publicaciones y demás textos dónde se comenta y profundiza acerca de los rendimientos y consumos de mano de obra.

En la publicación: “Análisis de rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción” de la Revista Universidad EAFIT, No.128, Medellín, Colombia., el Arquitecto Luis Fernando Botero Botero comenta la importancia de los rendimientos de mano de obra en los presupuestos y la programación de la misma, para que ésta se lleve a cabo de la manera más eficiente y efectiva posible. Esta publicación se logra después de una investigación realizada por el mismo autor, sobre “Análisis de rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción en proyectos de vivienda de interés social,” en el año 2001, apoyado por estudiantes de la Universidad EAFIT; dicho proyecto de investigación analiza los rendimientos y consumos de mano de obra en construcción de vivienda en interés social en el Área metropolitana de Medellín, y recopila datos suficientes para el análisis y cuantificación de factores de incidencia que afectan los rendimientos y consumos de mano de obra en diferentes actividades de construcción.

La anterior investigación fue un punto de partida para el presente estudio, si bien sirve de referencia, los datos, análisis y bases de datos obtenidas por la universidad EAFIT, son específicos para las características de Medellín y su

Área Metropolitana, y para ser aplicados en otra ciudad, se debe ajustar teniendo en cuenta las características particulares de la zona en investigación.

Así mismo, se encontraron tesis o investigaciones encaminadas al mismo objetivo que plantea el Arq. Botero<sup>4</sup> pero aplicadas a zonas específicas, como se puede apreciar en la tesis de grado: “Análisis de la productividad y/o rendimiento de la mano de obra en la construcción de edificaciones de uso residencial en concreto reforzado en el municipio de Sincelejo – Sucre”, en la cual David Francisco Martínez Padilla y Carlos Andrés Valeta Revollo, de la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad de Sucre, junto con la directora Margareth Viecco Márquez, proponen en el año 2009 un proyecto de investigación para recopilar datos significativos sobre rendimientos y consumos de mano de obra teniendo en cuenta las características propias de la región. Como producto del estudio se logra una base de datos de tiempos y costos de la mano de obra ajustada a la ciudad de Sincelejo.

Así mismo, se tuvo en cuenta el proyecto de investigación del Ing. Rodrigo Cardona Magne como candidato a título de magister en Ingeniería Civil-Gerencia de Proyectos de Construcción de la Universidad de los Andes. Su investigación “Gestión del conocimiento enfocado en Identificación y difusión de mejores prácticas en obra” apoyada en Diego Echeverry Campos, PhD; resalta, mediante la metodología de la Gestión del conocimiento, que “el desarrollo de un proyecto de construcción es la repetición de procesos que involucra la eficiencia y competitividad que sólo se puede adquirir por medio de la retroalimentación, garantizando que cada proceso se realice lo mejor posible cada vez que se haga”.<sup>5</sup>

---

<sup>4</sup> Ibid, p.4

<sup>5</sup> CARDONA MAGNE, Rodrigo, Gestión del Conocimiento enfocado en identificación y difusión de mejores prácticas en obra, Colombia: Bogotá. p. 4.

Adicional a esto, la revista CONSTRUDATA, desde el año 1996 publica informes trimestrales de tiempos y costos asociados a la construcción en general, para las cuatro ciudades principales, el caso de Bogotá, Barranquilla, Medellín. Sin embargo, esta información solo podría ser utilizada en las zonas de estudio, para el resto del país, no existen datos de uso público. La mayor parte de los constructores utilizan información generada en sus propias bases de datos y toman la revista CONSTRUDATA como bases de comparación.

## **2.1. ANTECEDENTES LOCALES**

El ingeniero Sergio Andrés Suárez Puentes, en el año 2006, en la Universidad Pontificia Bolivariana en Bucaramanga, asesorado por el Ing. Ernesto Puyana Sanmiguel, desarrolló su trabajado de grado titulado “Elaboración de base de datos de rendimientos para la programación y presupuesto de edificaciones de Bucaramanga y su Área Metropolitana”, en el cual, junto con la empresa INRALE Ltda., propuso un sistema de gestión de calidad, la compilación de datos que permitiera el cálculo de rendimientos de mano de obra, teniendo en cuenta los registros diarios de las diversas actividades que se ejecutaban en los proyectos: Condado Campestre, y Santa María de Cañaveral.

También se tuvo en cuenta la tesis de grado de Lina Polanco Sánchez<sup>6</sup>, Análisis de rendimientos de mano de obra por actividades de construcción, Estudio Caso Edificio J Universidad Pontificia Bolivariana Bucaramanga, Universidad Pontificia Bolivariana, Seccional Bucaramanga, en el año 2009, con asesoría del Director Aldemar Remolina Millán. En dicho proyecto de grado se aborda el análisis de tiempos de MO con el fin de encontrar un

---

<sup>6</sup> POLANCO SÁNCHEZ, Lina Marithza, Ingeniera Civil de Universidad Pontificia Bolivariana, Seccional Bucaramanga, Seccional Bucaramanga.

rendimiento estándar, que sirva de referencia para futuros proyectos similares, enfocándose en las actividades de estructuras y mampostería, el estudio se realizó únicamente en esta construcción en particular.

Recientemente, se adelantó un trabajo de grado en la UPB, como opción de grado, por los estudiantes Cristian Páez y Paola Molina, titulada: “Análisis de rendimiento y/o productividad de la mano de obra en la construcción de edificaciones en la ciudad de Bucaramanga y su Área Metropolitana: etapa de estructuras”, como aporte a una investigación principal liderada por la Ingeniera Margareth Viecco en la división de investigaciones de la Universidad Pontificia Bolivariana. Con los resultados obtenidos, se planteó una herramienta computacional que permite modelar escenarios de tiempos y costos de mano de obra en las actividades estudiadas.<sup>7</sup>

## **2.2. CONCEPTOS BÁSICOS ASOCIADOS A LA MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN**

Teniendo en cuenta la temática principal del estudio se plantean algunas definiciones asociadas, fundamentadas en los planteamientos propuestos por el Arq. Botero<sup>8</sup>:

### **2.2.1. Rendimiento de Mano de Obra**

La construcción de edificaciones se caracteriza por la ejecución de procesos constructivos en donde la mano de obra aparece como uno de sus principales componentes, jugando un papel importante y determinante en su duración y costos. En términos matemáticos es el tiempo gastado en

---

<sup>7</sup> MOLINA, Paola y PAEZ, Cristian. Análisis de Rendimiento Y/O Productividad de La Mano de Obra en la Construcción de Edificaciones en la Ciudad De Bucaramanga Y Su Área Metropolitana: Etapa De Estructuras. Universidad Pontificia Bolivariana. Bucaramanga, 2013.

<sup>8</sup>Opcit, p.4

producir una unidad de trabajo, lo conveniente para todo proyecto es que este tiempo sea el menor posible.

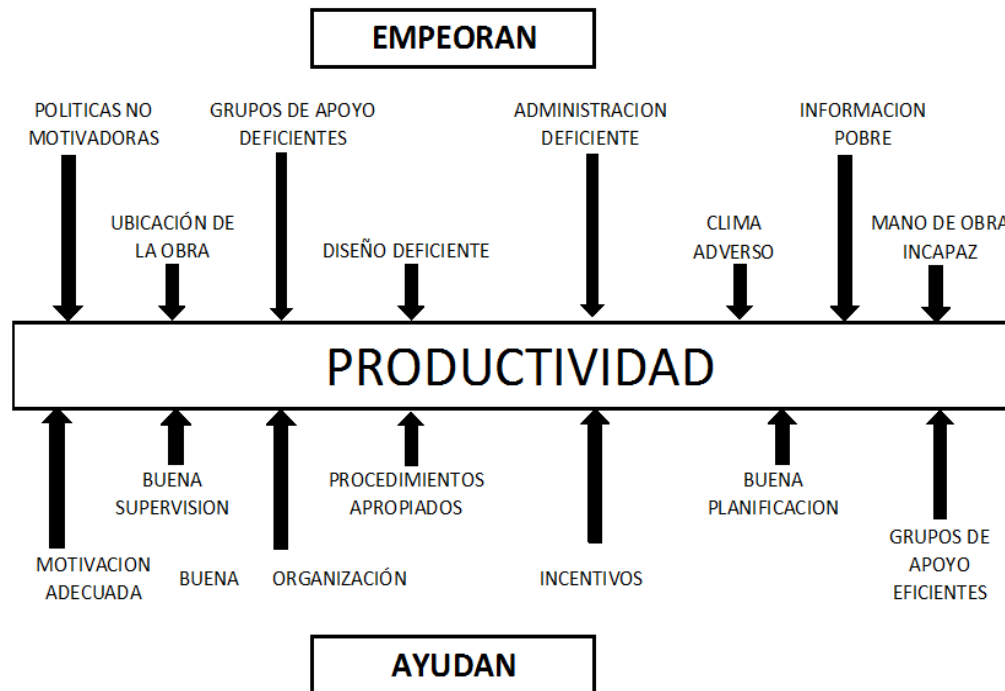
$$\textit{Rendimiento} = \frac{\textit{Tiempo requerido}}{\textit{Cantidad producida}}$$

### **2.2.2. Factores de Afectación**

En el desarrollo de actividades de construcción son muchos los factores que impactan directamente e indirectamente la productividad y/o rendimiento de la mano de obra, esta afectación podría ser positiva o negativa dependiendo de cada caso, por lo que es importante para el administrador del proyecto identificar aquellos factores que inciden de forma negativa y actuar de tal manera que se pueda disminuir aquellas consecuencias, de igual forma los factores que inciden de forma positiva para poder promover la eficiencia sobre las actividades en obra ajustado a cada caso.

La figura 1 ilustra un flujograma propuesto por Alfredo Serpell, relacionado en su libro “Administración de Operaciones de Construcción”, donde muestra los diferentes factores que inciden de manera positiva y negativa en la productividad de la mano de obra, en el cual, hace ver lo complejo que es ésta, asumiendo los elementos que la afectan y alteran.





**Figura No.1. Factores que inciden en la productividad**

*Fuente: SERPELL, Alfredo, Administración de operaciones de construcción.*

Para este estudio se tuvo en cuenta 6 factores, considerados los más relevantes e incidentes de forma positiva y negativa en la construcción de edificaciones en alturas, estos son:

- **Horario:** Corresponde a la hora del día en la que ejecuta la actividad
- **Condiciones climáticas:** Se tiene en cuenta la temperatura y estado del tiempo en el momento de ejecución de la actividad.
- **Esquema contractual:** Se refiere al tipo de contratación que se tiene con el trabajador.
- **Experiencia de la mano de obra:** hace relación a la experiencia adquirida por el trabajador ya sea empírica o técnica.

- **Control:** En este caso se verifica si la actividad está supervisada o no.
- **Trabajo en alturas:** Se analiza el nivel en alturas o piso en que se ejecuta la actividad.

### 2.2.3. Productividad

La productividad es la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción utilizados para obtenerlos. Por esto se define como el uso eficiente de recursos, trabajo, capital, tierra, materiales, energía, información en la producción de diversos bienes y servicios. Una productividad mayor significa la obtención de más con la misma cantidad de recursos, o el logro de una mayor en volumen y calidad con el mismo insumo o recurso. Matemáticamente es la cantidad de unidades producidas en un tiempo determinado, es lo inverso al concepto de rendimiento.

$$\textit{Productividad} = \frac{\textit{Cantidad producida}}{\textit{Unidad de tiempo}}$$

Lo conveniente para todo proyecto es que ésta información sea la mayor posible.

### 2.2.4. Cuadrilla

Se define cuadrilla como la persona o grupo de personas de diferente especialidad, que consumen algún tiempo en la ejecución de alguna actividad. Para el caso de proyectos de construcción pueden estar conformadas por ayudantes, oficiales y/o maestros. La revista Construdata tiene una clasificación de cuadrillas de acuerdo con la función a desempeñar, sin embargo, cada administrador de proyectos define la conformación de éstas y las funciones delegada en su equipo de trabajo.

### **2.2.5. Actividad**

Es el conjunto de operaciones, desplazamientos y esperas que se ejecutan de una manera continua y metodológica, por una cuadrilla de uno o varios operarios, con el fin de producir o ensamblar materiales contando con la ayuda de herramientas y/o equipos para adelantar un proceso de producción. Para ser considerada como actividad, esta debe ser completa, es decir, terminándola en su totalidad para dar inicio a otra actividad.

### **2.2.6. Eficiencia**

Se define como la razón entre la producción real obtenida y la producción estándar esperada. Está asociado directamente a la optimización de recursos, tiempos y costos.

### **2.2.7. Eficacia**

Es la medida en que la aplicación del esfuerzo humano produce los resultados deseados en cantidad y calidad y estas a su vez es función del método, la técnica, la experiencia personal, los conocimientos teóricos, las actitudes y las aptitudes.

## **2.3. NORMATIVIDAD EN LA RELACIÓN EMPLEADOR-EMPLEADO EN LA CONSTRUCCIÓN**

En toda relación contractual se necesita de normas que mantengan un acuerdo entre las diferentes partes que conforman dicho vínculo, con el fin de garantizar la armonía y dar estabilidad de diversos derechos y deberes que conlleva a los involucrados a conservar una relación equilibrada, y de

esta manera asegurar condiciones de trabajo decentes y seguras que garanticen la integridad física y emocional de los trabajadores.

A continuación se citan normativas vigentes a nivel nacional en materia de contrato laboral en la industria de la construcción.

### **2.3.1. Relación Contractual**

En Colombia toda relación entre empleador y trabajador se rige por el Código Sustantivo del Trabajo<sup>9</sup>, el cual vela por la justicia de los derechos y deberes de ambas partes, a fin de llevar una relación laboral equilibrada. De esta manera, a continuación se referencian algunos artículos de importancia para el estudio:

- **ARTÍCULO 5° DEFINICIÓN DEL TRABAJO:** El trabajo que regula este Código es toda actividad humana libre, ya sea material o intelectual, permanente o transitoria, que una persona natural ejecuta conscientemente al servicio de otra, y cualquiera que sea su finalidad, siempre que se efectúe en ejecución de un contrato de trabajo.
  
- **CONTRATO INDIVIDUAL DE TRABAJO: ARTÍCULO 22. DEFINICION.**
  1. Contrato de trabajo es aquel por el cual una persona natural se obliga a prestar un servicio personal a otra persona, natural o jurídica, bajo la

---

<sup>9</sup> CÓDIGO SUSTANTIVO DEL TRABAJO – 2011, Autorizado por el Ministerio de Protección Social-Colombia.

continuada dependencia o subordinación de la segunda y mediante remuneración.

2. Quien presta el servicio se denomina trabajador, quien lo recibe y remunera, empleador, y la remuneración, cualquiera que sea su forma, salario.

- **ARTICULO 34. CONTRATISTAS INDEPENDIENTES.** <Artículo subrogado por el artículo 3º. del Decreto 2351 de 1965. El nuevo texto es el siguiente:>

Son contratistas independientes y, por tanto, verdaderos empleadores y no representantes ni intermediarios las personas naturales o jurídicas que contraten la ejecución de una o varias obras o la prestación de servicios en beneficio de terceros, por un precio determinado, asumiendo todos los riesgos, para realizarlos con sus propios medios y con libertad y autonomía técnica y directiva. Pero el beneficiario del trabajo o dueño de la obra, a menos de que se trate de labores extrañas a las actividades normales de su empresa o negocio, será solidariamente responsable con el contratista por el valor de los salarios y de las prestaciones e indemnizaciones a que tengan derecho los trabajadores, solidaridad que no obsta para que el beneficiario estipule con el contratista las garantías del caso o para que repita contra él lo pagado a esos trabajadores.

### **2.3.2. Esquemas Contractuales**

Ahora bien, existen diferentes tipos de esquemas contractuales o formas de remuneración en la industria de la construcción; los más comunes y que se tienen en cuenta esta investigación son:

- **La remuneración a destajo:** es aquel que se paga por una obra concreta y determinada o una unidad de pieza, de manera tal que el salario no es fijo, contrariamente se paga en forma proporcional al resultado del esfuerzo; en éste caso no existe un contrato de trabajo, sino de obra concluida o con relación a las piezas producidas, dependiendo el aumento del pago por el aumento de piezas y la disminución del tiempo empleado, por tanto sí en menor tiempo el trabajador produce más, mayor será el salario y viceversa; en el caso de tratarse de trabajo a destajo en el domicilio del trabajador la remuneración es cancelado por obra entregada<sup>10</sup>.
- **Jornales:** Salario estipulado por días y pagadero por períodos no mayores de una semana, por el desempeño de actividades netamente transitorias que no pueden ser desarrolladas con personal de planta<sup>11</sup>.

### 2.3.2. Salario, Prestaciones y Aportes Parafiscales

Para la industria de la construcción se tienen en cuenta las siguientes prestaciones sociales y aportes parafiscales, controladas por el Ministerio del trabajo, por tal razón es obligación de todo empleador realizar los aportes correspondientes en cada concepto. Para los pagos deberán ajustarse al calendario definido en cada caso.

---

<sup>10</sup>, CONSULTORIO CONTABLE DE LA UNIVERSIDAD EAFIT, Remuneración Laboral, Boletín 39, p. 4

<sup>11</sup>ibid., p.5.

**Tabla No.1: Costo Real de un trabajador. Salario Mínimo Mensual Legal Vigente 2013**

<b>Costo Real de un trabajador</b>		
<b>Salario Mínimo mensual legal vigente 2013</b>		
<b>Salario</b>		<b>Costo</b>
Salario mínimo básico		\$ 589.500,00
Salario Mensual		\$ 589.500,00
<b>Prestaciones Sociales</b>	<b>%</b>	<b>Costo</b>
Prima de Servicios	8,33	\$ 49.105,35
Cesantías	8,33	\$ 49.105,35
Interés sobre las Cesantías	1,00	\$ 5.895,00
Vacaciones	4,17	\$ 24.582,15
Prestaciones Sociales	21,83	\$ 128.687,85
<b>Aportes Seguridad Social</b>	<b>%</b>	<b>Costo</b>
Salud	8,50	\$ 50.107,50
Pensión	12,00	\$ 70.740,00
Riesgos Profesionales	8,70	\$ 51.286,50
Seguridad Social	29,20	\$ 172.134,00
<b>Aportes Parafiscales</b>	<b>%</b>	<b>Costos</b>
Caja de Compensación Familiar	4,00	\$ 23.580,00
SENA	2,00	\$ 11.790,00
ICBF	3,00	\$ 17.685,00
Parafiscales	9,00	\$ 53.055,00
<b>Aportes Adicionales</b>	<b>%</b>	<b>Costos</b>
Dotaciones	7,00	\$ 41.265,00
Auxilio de Transporte	11,94	\$ 70.386,30
Preaviso	3,90	\$ 22.990,50
Aportes Parafiscales	22,84	\$ 134.641,80
<b>Factor Prestacional</b>	<b>83 %</b>	

**Fuente:** Tomado y adaptado por los autores. RESTREPO GÓMEZ, Luis Fernando. En: Tasaciones de Medellín y Antioquía. [en línea] . [Consultado 21 enero 2013]. Disponible en <<http://tasacionesdemedellinyantioquia.blogspot.com/search?updated-min=2013-01-01T00:00:00-05:00&updated-max=2014-01-01T00:00:00-05:00&max-results=4>>

### **3. ESTRUCTURA METODOLÓGICA**

#### **3.1. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA**

En este proyecto se consultó diferentes investigaciones, proyectos de grado, proyectos de maestría, publicaciones de revistas reconocidas en el campo de la ingeniería civil, al igual que textos universitarios referentes a los temas abordados de productividad y rendimientos de la Mano de Obra en la construcción en el país y demás países del mundo.

#### **3.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA**

El proyecto se lleva a cabo en Colombia, concentrados en el Departamento de Santander ubicado en la cordillera oriental del territorio nacional haciendo parte de lo que comprende cómo la Región Andina. Específicamente en el Área metropolitana de Bucaramanga, la cual fue e creada mediante la Ordenanza 20 del 15 de diciembre de 1981 por la Asamblea de Santander, en la cual se ponía en funcionamiento un Área Metropolitana, conformada por Bucaramanga, como gran centro urbano o núcleo principal y las localidades contiguas de Floridablanca y Girón. En el año de 1984, se expidió la Ordenanza 48 en la cual se autoriza la entrada del Municipio de Piedecuesta al Área Metropolitana de Bucaramanga, lo cual fue formalizado mediante el Decreto 332 del 2 de marzo de 1985 alcanzando una extensión de 1479 km<sup>2</sup> y en este momento su población llega a los 1.074.929 habitantes comprendiendo los municipios de Bucaramanga, Floridablanca, San Juan de Girón y Piedecuesta.



**Figura No.2: Ubicación geográfica del Área Metropolitana de Bucaramanga**



**Fuente:** ARANGON, Giovanni. Ciudad de los Parques Bucaramanga, En línea: [blogspot] .Disponible en:<<http://gioannyarangonavegadores.blogspot.com/>> Consultado en: [26 de enero de 2013]

Bucaramanga está ubicada sobre una meseta a 959 msnm a los 7°08'N 73°08'O de latitud norte con respecto al Meridiano de Bogotá y de longitud al Oeste de Greenwich respectivamente, dista a 407 Km de Bogotá la capital del país. Es la capital del departamento y limita por el norte con el municipio de Rio negro; por el oriente con los municipios de Matanza, Charta y Tona; por el sur con el municipio de Floridablanca y por el occidente con el municipio de San Juan de Girón. El clima según el IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y de Estudios Ambientales) está clasificado en la partes de menor altitud en la ciudad es cálido seco y en las zonas de mayor altitud el clima es templado seco, con una temperatura promedio de 24°C y una máxima promedio de 30,9°C y se caracteriza por presentar una

precipitación anual promedio de 1279 mm al año. El régimen de lluvias está distribuido en dos periodos secos y dos lluviosos; Los periodos secos comprende los meses de diciembre, enero, febrero, marzo, junio, julio y agosto; los periodos lluviosos se distribuyen en los meses de abril, mayo, septiembre, octubre y noviembre.

Floridablanca se consolida como la segunda ciudad por habitantes en Santander obteniendo una población de más de 300 mil personas en el casco urbano y área rural. Posee una altitud de 925 msnm y dista a un kilómetro de Bucaramanga y su temperatura media anual corresponde a los 23°C.

San Juan de Girón más conocido por su infraestructura colonial cuenta con una población cercana a los 166.116 habitantes, limita al oriente con los municipios de Bucaramanga, Floridablanca y Piedecuesta; al occidente con el municipio de Betulia; al norte con los municipios de sabana de torres y Lebrija y al sur con los municipios de Santos y Zapatoca. Dista a 7 kilómetros de Bucaramanga, tiene una altitud de 777msnm y una temperatura promedio de 24°C.

Piedecuesta se encuentra a 17 kilómetros de Bucaramanga, posee una población de 129 mil habitantes y limita al norte con los municipios de Floridablanca y Tona; al occidente con el municipio de San Juan de Girón. Alcanza una altitud de 1005 msnm y una temperatura promedio de 23°C.

### **3.2.1. Población Objetivo y Muestra Representativa**

Teniendo en cuenta la alta demanda de la construcción en Bucaramanga y su Área Metropolitana se identifican y estudian el número de proyectos adelantados en las etapas de muros y acabados por lo que se presentan

proyectos de vivienda que se extienden en todo el área metropolitana donde se toman lecturas de rendimientos de mano de obra por actividad, y se plantea un análisis de **muestreo aleatorio estratificado basándose en una población finita**<sup>12</sup>.

Partiendo de expresiones como:

$$n_0 = \left(\frac{Z}{\varepsilon}\right)^2 * p * q$$

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}}$$

Dónde:

$n_0$  = Cantidad teórica de la muestra

$n$  = Cantidad real de elementos de la muestra a partir de la población asumida, o de los estratos asumidos en la población.

$N$  = Número total de elementos que conforman la población, o número de estratos totales de la población.

$Z$  = Grado de confiabilidad de la muestra calculada.

$E$  = Error asumido en el cálculo, desde 1% hasta 10%.

$q$  = Probabilidad de la población que NO presenta las características.

$p$  = Probabilidad de la población que presenta las características, ( **$p = 1 - q$** ).

Teniendo en cuenta de que se desconoce el número exacto de las edificaciones de vivienda multifamiliar en la etapa de muros y acabados que se están adelantando en el área Metropolitana de Bucaramanga se asumen los siguientes valores:

---

<sup>12</sup>APUNTES DE CLASE de Antonio Morillas, Profesor del curso Estadística Aplicada II, "Muestreo en poblaciones finitas" de la Universidad de Málaga. España, Agosto de 2007. [en línea] <<http://webpersonal.uma.es/~morillas/NOTAS.HTM>> [citado en 25 octubre de 2012].

$$Z = 1.64 \text{ (confiabilidad del 90\%)}$$

$$E = 10\% = 0.10$$

$$q = 0.05$$

$$p = 1 - 0.05 = 0.95 \leftrightarrow (p = 1 - q)$$

N, equivale a la cantidad de metros cuadrados ( $m^2$ ) de construcción de edificaciones por cada 1000  $m^2$  vigentes en el segundo trimestre de 2012, los cuales corresponden a 864  $m^2$ .

N= estadística del DANE en  $m^2$  para Bucaramanga y su Área Metropolitana de 1000  $m^2$  (asumiendo proyectos de 1000  $m^2$  de área de construcción c/u)

$$N = 1.727.542 \text{ m}^2 / 1000\text{m}^2 = 1728.$$

Entonces al aplicar las ecuaciones para  $n_0$  y  $n$ , se obtiene lo siguiente:

$$n_0 = (1.64 / 0.10)^2 \times 0.90 \times 0.10 = 24.2064$$

$$n = 24.2064 / [1 + (24.2064 / 864)] = 23.54 \approx 24 \text{ proyectos de } 1000\text{m}^2$$

Cantidad real de elementos de la muestra a partir de la población asumida= 24.000  $m^2$  construidos.

Los proyectos estudiados superan en su área esta solicitud (ver tabla No.2).

Por otro lado, para determinar cuántas lecturas mínimas se deben tomar por actividad definida en la estructura desagregada, al igual que la evaluación anterior, se parte del principio de homogeneidad con el que se manifiesta que “en cualquiera de los proyectos afines a la investigación, donde se tomen lecturas de rendimientos de mano de obra por actividad, éstas no

presentarán características diferentes”. Se determinó un análisis de **muestreo aleatorio simple** tomando como base una **población infinita**<sup>13</sup>.

De la expresión  $E = z (\alpha / 2) * \sigma / \sqrt{(n)}$ , donde:

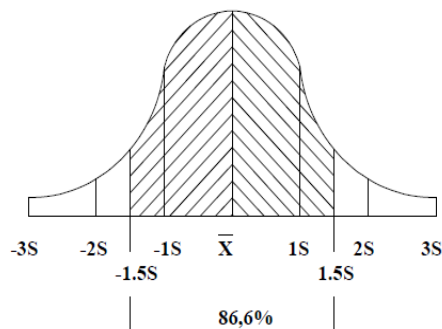
E = Error asumido en el cálculo, desde 1% hasta 10%.

$z(\alpha/2)$  = Coeficiente de confianza, que es determinado por el intervalo desconfianza.

$\sigma$  = Desviación estándar de la muestra.

Asumiendo que la investigación tendrá una confianza del 90% y que se requeriría determinar la media de las lecturas de productividad por actividad en el rango  $(\bar{x} \pm 1.5 * \sigma)$ , y que para una distribución normal el 99.70% de los datos se encuentran en el rango de la media más o menos tres veces la desviación estándar  $(\bar{x} \pm 3 * \sigma)$  y el 68.26% en el rango de la media más o menos la desviación estándar  $(\bar{x} \pm \sigma)$ , lo que satisface el rango asumido en la investigación. (Ver figura 4).

**Figura No. 3: Distribución Normal**



Fuente: MARTÍNEZ BENCARDINO, CIRO. *Estadística y Muestreo*. Ecoe. 9ª ed. Santafe de Bogota, D.C. 1998.

<sup>13</sup>MARTÍNEZ. Op Cit. P 729.

El rango máximo a tomar es  $(\bar{x} \pm 1.5 * \sigma)$ , el cual incluye el 86,64% de los datos evaluados. Así, aplicando la expresión  $E = z(\alpha / 2) * \sigma / \sqrt{(n)}$ <sup>14</sup>, y despejando  $n$ , se obtiene:

$$\checkmark n = (z(\alpha / 2) * \sigma / E)^2$$

$$\checkmark n = (z(\alpha / 2) / E)^2 * P * Q$$

Dónde:

$P$  = Probabilidad de que los datos evaluados estén dentro del intervalo considerado de  $(\bar{x} \pm 1.5 * \sigma)$ .

$Q = 1 - P$ , representa la probabilidad de que los datos evaluados no se encuentren dentro del intervalo considerado  $(\bar{x} \pm 1.5 * \sigma)$ . Así se obtiene:

- $P = 86.64\% = 0.8664$
- $Q = 1 - 0.8664 = 0.1336$
- 

Para una confianza del 90%, es decir nivel de confianza  $1 - \alpha = 0.90$ , se obtiene un coeficiente de confianza  $z(\alpha/2) = 1.64$ . Así el valor de 1.64 define el intervalo de **-1.64 a 1.64** que junto con la distribución normal en marca un área de  $1 - \alpha = 0.90$ . (Ver figura 5)<sup>15</sup>

Reemplazando los valores de  $E$ ,  $z(\alpha/2)$ ,  $P$  y  $Q$  se obtiene:

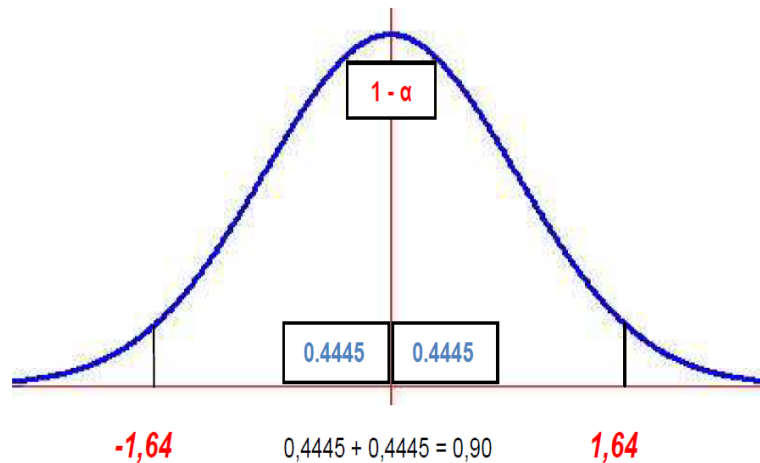
---

<sup>14</sup> JOHNSON, Richard A. Probabilidad y Estadística para Ingenieros de Miller y Freund, ed 5. Prentice Hall. México. 2007. P 221.

<sup>15</sup> Adaptada por los autores de MARTÍNEZ BENCARDINO, CIRO. Estadística y Muestreo. Ecoe. 9ª ed. Santafé de Bogotá, D.C. 1998.

- $n = (1.64 / 0.10)^2 * 0.8664 * 0.1336 = 31.13$ , se puede llevar a 30 lecturas por actividad considerándose una muestra bastante representativa.
- $n = 30$  lecturas de productividad por cada actividad definida.

**Figura No.4: Coeficiente de Confianza z ( $\alpha / 2$ )**



*Fuente: Adaptada por los autores de MARTÍNEZ BENCARDINO, CIRO. Estadística y Muestreo. Ecoe. 9ª ed. Santafe de Bogota, D.C. 1998.*

En esta parte de la investigación se ha definido que para estimar la media poblacional de las productividades dentro de  $(\bar{x} \pm 1.5 * \sigma)$ , con una confianza del 90% es necesario procesar mínimo 30 elementos muestrales (30 lecturas de rendimiento por actividad evaluada).

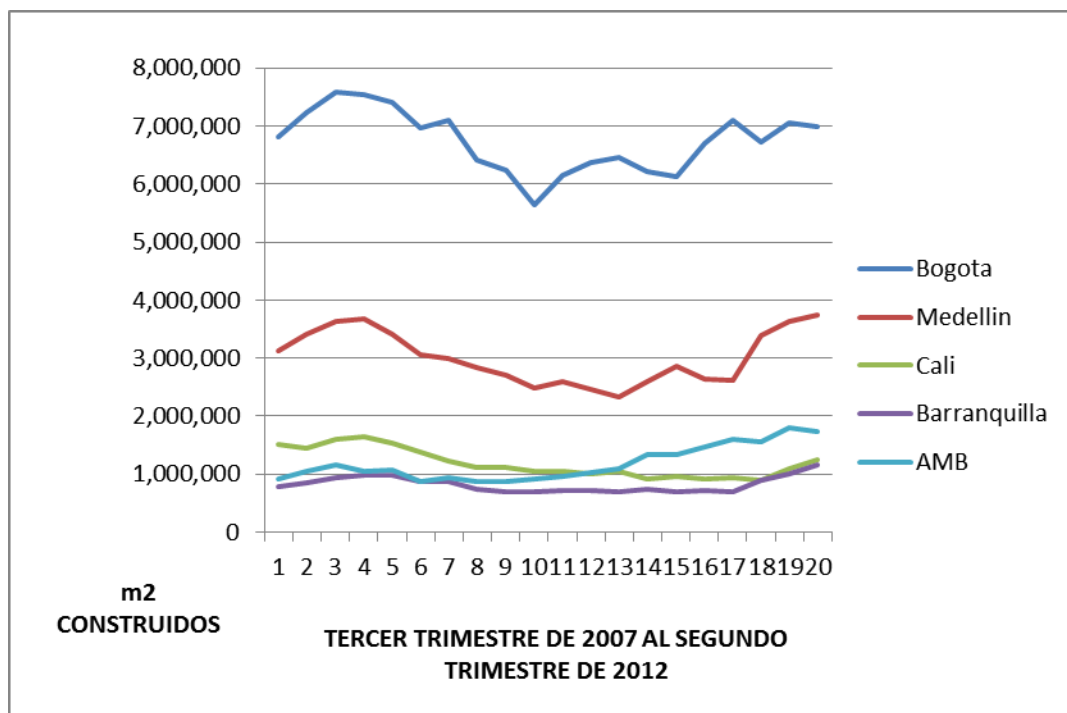
En este proyecto se busca encontrar la medición y determinación estadística de rendimiento que se lleva a cabo en proyectos de construcción en el Área Metropolitana de Bucaramanga en las estabas de muros, acabados, carpintería metálica y carpintería de madera para de esta forma tener una

base de datos certera de la región y que sirva de guía para los constructores que desean realizar proyectos en la industria de la construcción haciendo de esta una fuente confiable en rendimientos, costos y programación.

### 3.2.2. Proyectos estudiados Área Metropolitana de Bucaramanga

Según El Departamento Nacional de Estadística, DANE, la estructura general del censo de edificaciones para áreas urbanas y metropolitanas de Bucaramanga revela que el total de las obras en proceso entre el periodo comprendido del segundo trimestre del 2012 es de 1'727.542 metros cuadrados construidos.

**Figura No 5: Gráfico comparativo del crecimiento de la industria de la construcción en las 5 ciudades más importantes de Colombia según el DANE.**





En el anterior gráfico de la *figura No.5* se puede observar la relación que tiene la construcción en metros cuadrados desde el tercer trimestre del 2007 hasta el segundo trimestre del 2012; es notable el crecimiento que ha tenido Bucaramanga y su Área Metropolitana, estando entre las 5 ciudades más importantes de Colombia, superando a ciudades como Barranquilla y Cali a partir del cuarto trimestre del 2010, haciéndola desde ésta fecha en adelante, la tercer ciudad con mayor crecimiento en la industria de la construcción del país.

Mientras la tendencia de otras ciudades tales como Bogotá y Medellín no era constante en el crecimiento de la construcción, Bucaramanga se caracterizó por mantener siempre una tendencia positiva en el periodo estudiado.

Por lo anterior, se puede sugerir que Bucaramanga y su Área Metropolitana podría estar incluida y tenida en cuenta en las bases de datos de rendimientos y costos en futuras publicaciones de la revista Construdata, destacando a la ciudad como referente para programación y presupuestos de estudiantes y profesionales del sector de la construcción.

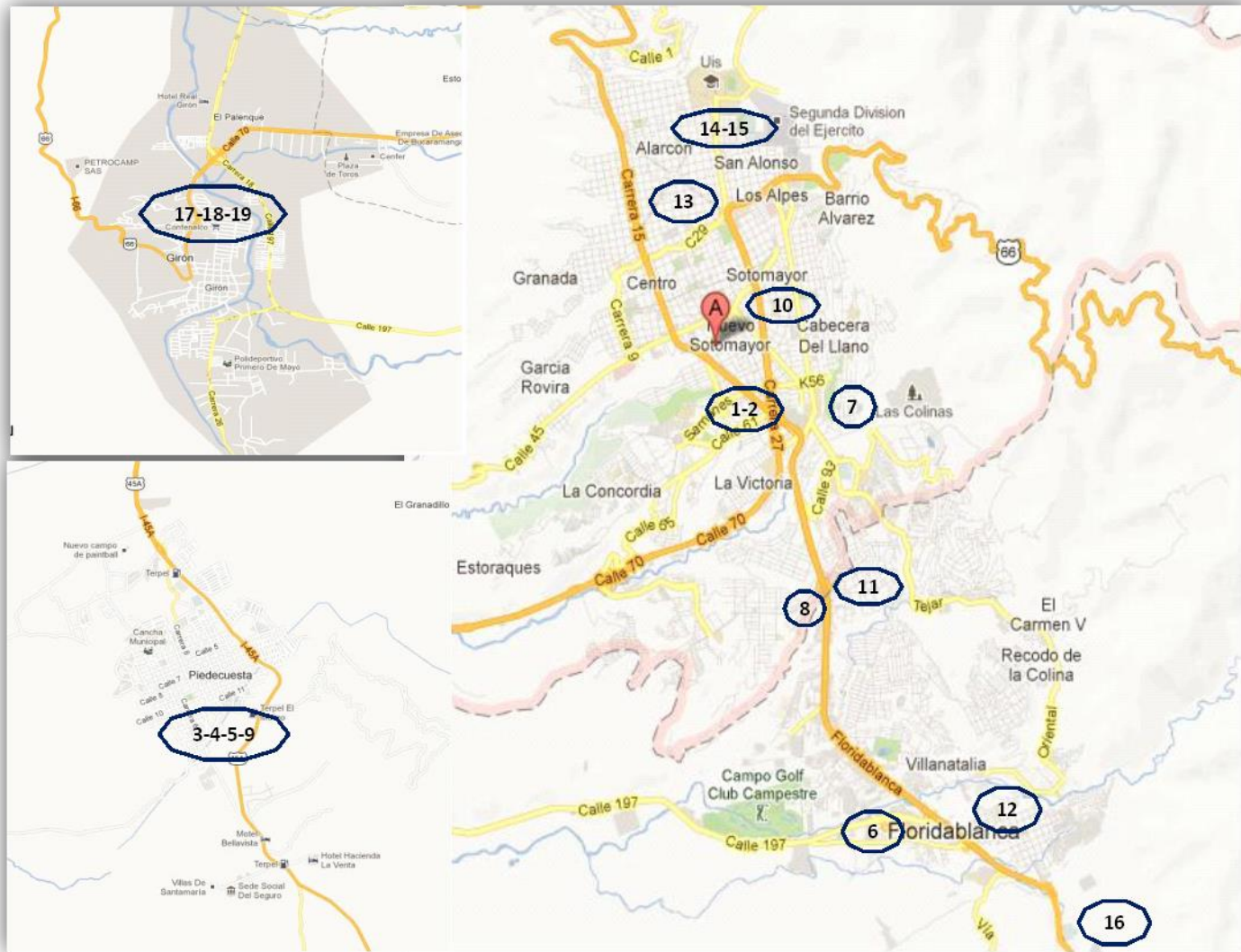
A continuación se relaciona una tabla y un mapa con los proyectos que fueron objetivo de esta investigación, donde se aprecia:

- Nombre de la obra o proyecto de construcción.
- Número de pisos de la edificación
- Municipio en el que se encuentra
- La constructora
- Un mapa con la ubicación geográfica en el AMB.

**Tabla No.2 Nomenclatura de ubicación de proyectos estudiados en el AMB**

<b>No</b>	<b>PROYECTO</b>	<b>No. PISOS</b>	<b>MUNICIPIO</b>	<b>CONSTRUCTORA</b>
1	OASIS DEL MARDEL	31	BUCARAMANGA	MARDEL
2	TORRES DE LA CIGARRA	18	BUCARAMANGA	URVIENDAS
3	MIRAFLORES	5	PIEDRECUESTA	MARVAL
4	PASEO DEL PUENTE	2	PIEDRECUESTA	MARVAL
5	PASEO REAL	5	PIEDRECUESTA	MARVAL
6	MIRADOR DE VERSALLES	15	FLORIDABLANCA	MARVAL
7	GERMANIA	18	BUCARAMANGA	MARVAL
8	SAN LORENZO	18	BUCARAMANGA	INACAR
9	BENEMENTO	3	PIEDRECUESTA	INACAR
10	RIVOLLY	16	BUCARAMANGA	INACAR
11	PALMAS DE LA FRONTERA	14	BUCARAMANGA	CONSTRUCTORA MONSERRATE
12	ROSARIO CONDOMINIO	21	FLORIDABLANCA	CONSORCIO
13	PORTAL DE SAN FRANCISCO	5	BUCARAMANGA	INDEPENDIENTE
14	GERMANY	5	BUCARAMANGA	INDEPENDIENTE
15	SAN ALONSO LOFT 18	5	BUCARAMANGA	INDEPENDIENTE
16	U.P.B EDIFICIO A	1	FLORIDABLANCA	INDEPENDIENTE
17	CASA GIRON 1	2	GIRON	INDEPENDIENTE
18	CASA GIRON 2	2	GIRON	INDEPENDIENTE
19	EDIF. COMERCIAL	3	GIRON	INDEPENDIENTE

Figura No. 6: Localización de los proyectos en el plano del Área Metropolitana de Bucaramanga



### 3.3. Instrumento de Recolección de Información

A partir del reconocimiento de los diferentes sitios a los que se visitan los proyectos y de manera presencial fue recolectada la información haciendo uso del formato unificado propuesto por la Ingeniera Margareth Viecco, con una apropiada inspección visual se identifica las actividades y se procede a tomar los tiempos y las unidades producidas; El formato consta de 13 ítems los cuales se explican a continuación, con el respectivo orden en el que se deben llenar (ver tabla No. 3).

- **Nombre de la Actividad:** Aquí se identifica la actividad en el momento en que se llega a la obra.
- **Unidad:** Una vez identificada la actividad se plantea cuál es la mejor opción de medir la misma, siempre y cuando sea medible.
- **Hora del Día:** Se asigna el número correspondiente a la escala de valores dependiendo de la hora en que se empieza la actividad a medir.
- **Clima:** Se observa el clima en el momento en que se desarrolla la actividad en obra ya sea caluroso, nublado, lluvia, tormenta, asignado el número correspondiente en la escala de valores.
- **Altura:** Se procede a identificar la altura a la cual se lleva a cabo dicha actividad, asignando el número respectivo de la escala de valores.
- **Tiempo de Ejecución:** Este tiempo se medirá con ayuda de un cronómetro, cual se pone a andar en el momento en que inicia la

actividad y se detiene cuando se finaliza la misma, o cuando haya una cantidad medible.

- **Cuadrilla:** Para esto, se debe percatar del número de personas que intervienen en la actividad, identificando la cantidad de maestros, oficiales y ayudantes, consignándolos en el formato.
- **Supervisión:** Se tiene en cuenta si la mano de obra que lleva a cabo la actividad cuenta con algún tipo de supervisión ya sea el maestro, el contratista o el director del proyecto y así poder dar el estimativo según la escala de valores.
- **Experiencia:** En esta parte se pretende evaluar la experiencia de la persona o de la cuadrilla que está llevando a cabo la actividad y por esto se observa el trabajo con detalle para mirar la calidad y así mismo se pregunta a la persona sobre su experiencia en trabajos anteriores y años en el oficio.
- **Producido:** Una vez terminada la actividad se procede a medir la cantidad realiza en el tiempo gastado en la ejecución dependiendo de la unidad de medida establecida.
- **Esquema Contractual:** En esta fase final se procede a preguntar o cuestionar al maestro o ayudante sobre su remuneración si trabaja al día en nómina con prestaciones, o si es contratista y trabaja al producido.

**Tabla No. 3 Formato de Recolección**

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA. Facultad de Ingeniería Civil .												
Formato de recolección.												
Nombre de la actividad							Unidad =					
Producido	Tiempo Ejecución	Cuadrilla			Clima	Hora del día	Experiencia	Supervisión	Esquema Contractual	Altura	Descripción de la Obra	Observaciones
		M	O	A								
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												

Tomado: VIECCO, Margareth. Proyecto de Investigación de Rendimiento y/o Productividad de la Mano de Obra en Bucaramanga y su Área Metropolitana.

### 3.3.1. Descripción de la escala usada para medir factores

En la tabla No. 4 se consignan los 6 factores de afectación que se establecieron en el presente proyecto con el número correspondiente a las características de cada factor, y así poder crear una modelación de distintos escenarios para determinar su efecto en la mano de obra del Área metropolitana de Bucaramanga, ya sea de manera positiva o negativa en las actividades de muros, acabados, carpintería metálica y carpintería de madera, que inciden en el rendimiento y productividad.

**Tabla No. 4: Factores de Afectación**

Variable	Descripción	Rango	Identificador
A	Clima	Caluroso	1
		Nublado	2
		Lluvia	3
		Tormenta	4
B	Hora de ejecución de la actividad	6-8 am	1
		8-10 am	2
		10-12 am	3
		2-4 pm	4
		4-6 pm	5
C	Experiencia	Baja	1
		Media	2
		Alta	3
D	Supervisión	Baja	1
		Media	2
		Alta	3
E	Esquema contractual	Producido	1
		Día trabajado	2
F	Número de pisos a la que se trabaja	0 – 1 piso	1
		2 – 5 pisos	2
		6 – 10 pisos	3
		> 10 pisos	4

### **3.4. PRUEBA PILOTO:**

A fin de validar el tiempo se emplearía en las visitas de obra que se realizaron y la eficiencia del instrumento, se hizo una prueba piloto que consistió en la toma de un rendimiento, en una obra aleatoria de la ciudad, donde se practicó la metodología y proceso para la toma de un dato en una actividad específica.

La obra seleccionada para la prueba piloto fue la construcción del edificio K2 de laboratorios de la Universidad Pontificia Bolivariana, por el fácil acceso y considerando que cumple con las características solicitadas para el estudio. Dicha información se puede revisar en el Anexo No.1: Formato de Recolección de la Prueba Piloto

### **3.5. VISITAS Y MEDICIONES EN OBRA**

Las mediciones que se realizaron en los proyectos de construcción visitados fueron aleatorias, esto quiere decir que, al momento de llegar a la obra se realizó un recorrido para identificar cuáles de las actividades desarrolladas en el momento de la visita eran representativas y medibles. Se realizaban en varios días por obra, ajustándose a las condiciones encontradas en cada caso. Ninguna de las variables fue medida de manera intencional.

- Se consultó en la ciudad los proyectos que estuvieran en etapa de muros y acabados, se procedió al desplazamiento a cada obra.
- Se expedía una carta de presentación con aval del director la facultad y la directora del proyecto para presentar a cada obra.



- Se solicitó el permiso al encargado de la obra, explicando el objetivo del presente proyecto.
- Se realizó una programación de corto plazo respecto al trabajo a realizar en cada proyecto. A cada proyecto que se visitó, previamente se establecía la fecha y la duración de la visita para gestionar el permiso de ingreso a obra. Generalmente fue de dos a tres días por proyecto.
- El residente de la obra asignó al supervisor SISO para hacer la inducción de seguridad industrial respectiva según las políticas de la constructora visitada.
- Revisión de la documentación pertinente e implementos de seguridad necesarios para ingreso a obra. (ARP, carnet de estudiante UPB, botas, casco, ropa adecuada).
- Se hizo un breve recorrido por cada obra a fin de identificar las actividades afines con el actual proyecto.
- Se eligió una actividad, que fuera medible y representativa para ser objeto de medición, y se determinó la unidad de medición (por ejemplo: m<sup>3</sup>).
- Se repitió el anterior procedimiento en 19 obras, hasta que se obtuvo la información requerida de rendimientos de mano de obra.

### **3.6. REGISTRO DE LA INFORMACIÓN**

Los datos de rendimientos tomados en obra se registraron en el formato ajustado para la recolección de la información, (ver anexo 2), de la siguiente manera:

- Se registraba el nombre del ítem según la actividad que se fuera a medir.
- Se definía la unidad de medida con la cual se tomaría el tiempo gastado en ejecutar la actividad.
- Se observaba la incidencia de los 6 factores en el momento de ejecución de la actividad, teniendo en cuenta la escala de factores (ver tabla No.4).
- Al finalizar la actividad o una unidad de medida representativa, se tomaba el tiempo empleado en la ejecución de la actividad.
- Finalmente se escribía las observaciones tales como nombre del proyecto, y detalles relevantes en la actividad.

### **3.7. DETERMINACIÓN DE ÍTEM'S**

Teniendo en cuenta el alcance del estudio, se trabajó con un listado de 23 ítems en etapas de muros, acabados, carpintería de madera y carpintería metálica, siendo estos los más comunes en proyectos de edificaciones. A continuación se relaciona en la tabla No. 5 la lista de las actividades

referenciadas con su respectivo ítem y la unidad de medida con la cual se hizo el estudio.

**Tabla No. 5 Actividades de construcción estudiadas**

Ítem	Descripción	Unidad
1	Muros en Mampostería E-9	m2
2	Muros en Mampostería E-11	m2
3	Muros en Mampostería Estublock	m2
4	Muros en Mampostería H-7	m2
5	Muros en Mampostería H-10	m2
6	Mortero de piso, e= 4,5 cm	m2
7	Pintura tradicional con rodillo	m2
8	Friso de Fachada	m2
9	Friso de paredes interiores	m2
10	Estuco plástico o acrílico	m2
11	Estuco Tradicional	m2
12	Cielo raso en Drywall	m2
13	Guardaescobas, ancho= 8cm	ml
14	Instalación de ventanería metálica	m2
15	Enchape de pisos	m2
16	Enchape de pared	m2
17	Instalación de puertas en madera	m2
18	Instalación de puertas metálicas	m2
19	Dilataciones en friso	ml
20	Embone de puertas metálicas	ml
21	Filos	ml
22	Graniplast sobre Fachada	m2
23	Emboquillado	ml


Para ampliar la información de las actividades de construcción estudiadas, en cuanto a las especificaciones técnicas, materiales, herramientas, proceso de aplicación, se consultó las Especificaciones Técnicas de Construcción (E.T.C), identificando las actividades generales acordes a las observadas en

campo, a fin de documentar todo esto en prácticas fichas técnicas, éstas cuentan además con un registro fotográfico, el cual fue recolectado en las diferentes obras y proyectos de construcción objeto de estudio.


### **3.8. RECOPIACIÓN DE FICHAS TÉCNICAS DE ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN**

A continuación se pueden observar 23 fichas técnicas de las actividades estudiadas, enfocando y definiendo cada una de las encontradas en obra durante el proceso de reconocimiento. A su vez la descripción de los procesos constructivos que se manejaron y los materiales y herramientas utilizados.


## Ficha técnica No.1: Muro en Mampostería Ladrillo E-9

ACTIVIDAD
CONSTRUCCION DE MURO EN MAMPOSTERIA LADRILLO E-9
DESCRIPCION
El uso del ladrillo E-9 es empleado principalmente en mampostería parcialmente reforzada ya que con sus medidas 7,5" de espesor, 12,5" de largo y 3,5" de ancho puede ser estructural o no. Se caracteriza por el empleo de refuerzos verticales a distancias no mayores a 2,40 m, diseñadas y construidas según lo establecido en la sección D.4.2 de la NSR-10.
MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS
<ul style="list-style-type: none"><li>• Ladrillo E-9, mortero de pega.</li><li>• Palustre, regla, escuadra, nivel, hilo de agua, plomada, flexómetro, cortadora de disco.</li></ul>
PROCESO CONSTRUCTIVO
<ul style="list-style-type: none"><li>• Se reparte los ladrillos en la primera hilada sin mortero.</li><li>• Se pica la superficie de apoyo y extiende una capa de mortero no mayor de 13 centímetros.</li><li>• Se colocan los ladrillos esquineros y se alinean con una cuerda.</li><li>• Se coloca el resto de los ladrillos de la hilada, del extremo al centro.</li><li>• Luego se levantan las esquinas unas 4 ó 5 hiladas formando una pirámide.</li></ul>
FOTO



## Ficha técnica No.2: Muro en Mampostería Ladrillo E-11

ACTIVIDAD
CONSTRUCCION DE MURO EN MAMPOSTERIA LADRILLO E-11.
DESCRIPCION
El uso del ladrillo E-11 es empleado principalmente en mampostería parcialmente reforzada ya que con sus medidas 7,5" de espesor, 12,5" de largo y 4,5" de ancho puede ser estructural o no. Se caracteriza por el empleo de refuerzos verticales a distancias no mayores a 2,40 m, diseñadas y construidas según lo establecido en la sección D.4.2. de la NSR-10.
MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS
<ul style="list-style-type: none"><li>• Ladrillo E-11, mortero de pega.</li><li>• Palustre, regla, escuadra, nivel, hilo, plomada, metro, flexómetro, cortadora de disco.</li></ul>
PROCESO CONSTRUCTIVO
<ul style="list-style-type: none"><li>• Se reparte los ladrillos en la primera hilada sin mortero.</li><li>• Se pica la superficie de apoyo y extiende una capa de mortero no mayor de 13 centímetros.</li><li>• Se colocan los ladrillos esquineros y se alinean con una cuerda.</li><li>• Se coloca el resto de los ladrillos de la hilada, del extremo al centro.</li><li>• Luego se levantan las esquinas unas 4 ó 5 hiladas formando una pirámide.</li></ul>
FOTO


### Ficha técnica No.3:Muro en Mampostería a la vista Ladrillo Estublock


ACTIVIDAD
CONSTRUCCION DE MURO EN MAMPOSTERIA A LA VISTA LADRILLO ESTUBLOCK
DESCRIPCION
El ladrillo estublock con medidas de 11,5" de largo, 4,5" de ancho y 4" de espesor y se utiliza en mampostería parcialmente reforzada donde puede ser estructural o no empleándose en muros divisorios, estructurales, interiores o de fachada y se caracteriza por el uso de refuerzos verticales a distancias no mayores a 2,40 m según lo establecido en la sección D.4.2. de la NSR-10.
MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS
<ul style="list-style-type: none"><li>• Ladrillo estublock, mortero de pega.</li><li>• Palustre, regla, escuadra, nivel, hilo, plomada, metro, flexómetro, cortadora de disco.</li></ul>
PROCESO CONSTRUCTIVO
<ul style="list-style-type: none"><li>• Se reparte los ladrillos en la primera hilada sin mortero.</li><li>• Se pica la superficie de apoyo y extiende una capa de mortero no mayor de 13 centímetros.</li><li>• Se colocan los ladrillos esquineros y se alinean con una cuerda.</li><li>• Se coloca el resto de los ladrillos de la hilada, del extremo al centro.</li><li>• Luego se levantan las esquinas unas 4 ó 5 hiladas formando una pirámide.</li></ul>
FOTO


#### Ficha técnica No.4: Muro en Mampostería Ladrillo H-7


ACTIVIDAD
CONSTRUCCION DE MURO EN MAMPOSTERIA LADRILLO H-7
DESCRIPCION
El ladrillo H-7 con medidas de 30 cm de largo, 20 cm de ancho y 7cm de espesor se utiliza en mampostería simple o sin refuerzo donde solo se emplean anclajes de manera horizontal incrustados en las pantallas o columnas cada dos hiladas; son muros que solamente soportan su propio peso y se emplean en muros de partición interiores y en cercos según lo establecido en la sección D.4.2. de la NSR-10.
MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS
<ul style="list-style-type: none"><li>• Ladrillo H-7, mortero de pega.</li><li>• palustre, regla, escuadra, nivel, hilo, hachuela, paleta, plomada, metro, flexómetro, cortadora de disco.</li></ul>
PROCESO CONSTRUCTIVO
<ul style="list-style-type: none"><li>• Se reparte los ladrillos en la primera hilada sin mortero.</li><li>• Se pica la superficie de apoyo y extiende una capa de mortero no mayor de 13 centímetros.</li><li>• Se colocan los ladrillos esquineros y se alinean con una cuerda.</li><li>• Se coloca el resto de los ladrillos de la hilada, del extremo al centro.</li><li>• Luego se levantan las esquinas unas 4 ó 5 hiladas formando una pirámide.</li><li>• Para mantener la modulación vertical se coloca en un extremo un escantillón de madera, donde se señalan las juntas horizontales.</li></ul>
FOTO





## Ficha técnica No.5: Muro en Mampostería Ladrillo H-10

ACTIVIDAD
CONSTRUCCION DE MURO EN MAMPOSTERIA LADRILLO H-10.
DESCRIPCION
El ladrillo H-10 con medidas de 30 cm de largo, 20 cm de ancho y 10 cm de espesor se utiliza en mampostería simple o sin refuerzo solo empleándose anclajes de manera horizontal incrustados en las pantallas o columnas cada dos hiladas; son muros que solamente soportan su propio peso y se emplean en muros de partición interiores, fachadas y en cercos según lo establecido en la sección D.4.2. de la NSR-10.
MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS
<ul style="list-style-type: none"><li>• Ladrillo H-10, mortero de pega.</li><li>• palustre, regla, escuadra, nivel, hilo, hachuela, paleta, plomada, metro, flexómetro, cortadora de disco.</li></ul>
PROCESO CONSTRUCTIVO
<ul style="list-style-type: none"><li>• Se reparte los ladrillos en la primera hilada sin mortero.</li><li>• Se pica la superficie de apoyo y extiende una capa de mortero no mayor de 13 centímetros.</li><li>• Se colocan los ladrillos esquineros y se alinean con una cuerda.</li><li>• Se coloca el resto de los ladrillos de la hilada, del extremo al centro.</li><li>• Luego se levantan las esquinas unas 4 ó 5 hiladas formando una pirámide.</li><li>• Para mantener la modulación vertical se coloca en un extremo un escantillón de madera, donde se señalan las juntas horizontales.</li></ul>
FOTO



## Ficha técnica No.6: Mortero de Piso espesor 4,5cm

ACTIVIDAD
MORTERO DE PISO ESPESOR 4,5 CM.
DESCRIPCION
Las losas en su mayoría deberán ser recubiertas con un mortero para llevar al nivel de la altura deseada ya sea ajustes mayores o menores a 2 cm de acuerdo al acabado final del piso; además es necesario que posea buena cohesión, buena adherencia a la losa, superficie plana sin agrietamientos, la perfección requerida por la superficie depende del tipo y espesor del acabado.
MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS
<ul style="list-style-type: none"><li>• Regla metálica, llana de madera, nivel, hilos, metro, palustre, brocha, pisón de madera, maceta, cincel.</li><li>• Arenilla, mortero normal para ajustes mayores a 2 cm con mezcla de cemento (INCONTEC 121) y arenas de pega en proporciones de 1:4 a 1:5 en peso.</li></ul>
PROCESO CONSTRUCTIVO
<ul style="list-style-type: none"><li>• La losa debe estar libre de polvo y elementos extraños. Además debe humedecerse antes de la colocación del mortero.</li><li>• Del espesor total del piso se determina la altura que va a ser rellenada y se señala por medio de hilos.</li><li>• La mezcla se humecta como la del revoque, se aplica se empareja con la regla y se nivela con base a mojonos preestablecidos; en esta etapa se realiza también el resanado. Cuando ya ha iniciado su fraguado, se palettea con la llana de madera para emparejar los detalles dejados.</li></ul>
FOTO



## Ficha técnica No.7: Pintura de Paredes y placs con rodillo

ACTIVIDAD
PINTURA DE PAREDES Y PLACAS CON RODILLO.
DESCRIPCION
Una vez estucadas las paredes y la placa se procede a dar terminación con imprimantes y pinturas para obtener superficie de color y textura agradable siendo este de alta calidad donde la superficie sea baja de porosidad y resistente al frote húmedo y así poder determinar "lavable". (Norma INCONTEC 966).
MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS
<ul style="list-style-type: none"><li>• Rodillo, papel de lija, estopa, escaleras, andamios y elementos de protección para los demás acabados.</li><li>• Imprimante a base de agua (acrílico o vinílico).</li><li>• Pintura a base de agua (vinílica o acrílica), INCONTEC 1335 T-1 Y T-2</li></ul>
PROCESO CONSTRUCTIVO
<ul style="list-style-type: none"><li>• Los muros y placas deben estar libres de polvo, grasa o sustancias extrañas y su superficie debe ser pulida, resanada con papel fino.</li><li>• Imprimación o emporado ya que facilita la aplicación de los acabados y protege la pintura de los ataques químicos de los estucos.</li><li>• Aplicación de la pintura con rodillo donde es necesaria varias manos para poder apreciar de mejor manera el color.</li></ul>
FOTO


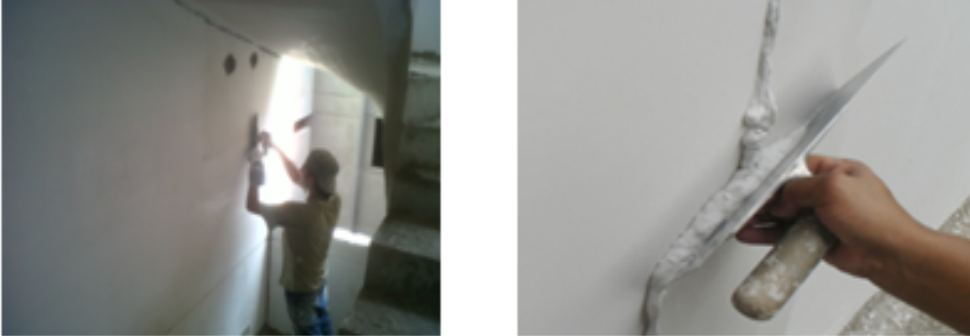
## Ficha técnica No.8: Friso de Fachada

ACTIVIDAD
FRISO DE FACHADA.
DESCRIPCION
Ya una vez terminada la mampostería se procede a dar el acabado del friso para llevar al nivel de espesor deseado que en su mayoría es de 2 cm, además es necesario que esta mezcla posea buena cohesión al ladrillo, superficie plana sin agrietamiento y así obtener una perfección para disponer del estucado.
MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS
<ul style="list-style-type: none"><li>• Regla metálica, llana de madera, nivel, hilos, metro, palustre, brocha, pisón de madera, maceta, cincel, andamios.</li><li>• Arenilla, mortero normal para ajustes mayores a 2 cm con mezcla de cemento (INCONTEC 121) y arenas de pega en proporciones de 1:4 a 1:5 en peso.</li></ul>
PROCESO CONSTRUCTIVO
<ul style="list-style-type: none"><li>• La fachada debe estar libre de elemento extraño y humedecido antes de la colocación del friso.</li><li>• Se determina el espesor de 2 cm que va a ser rellena y se señala por medio de hilos y reglas metálicas.</li><li>• Se aplica la mezcla con una pala y parte de ella que no logre la cohesión y va al suelo es reutilizable hasta lograr el agarre.</li><li>• se empareja con la regla y se nivela con base a mojonos preestablecidos; en esta etapa se realiza también el resanado.</li></ul>
FOTO


## Ficha técnica No.9: Friso o pañete

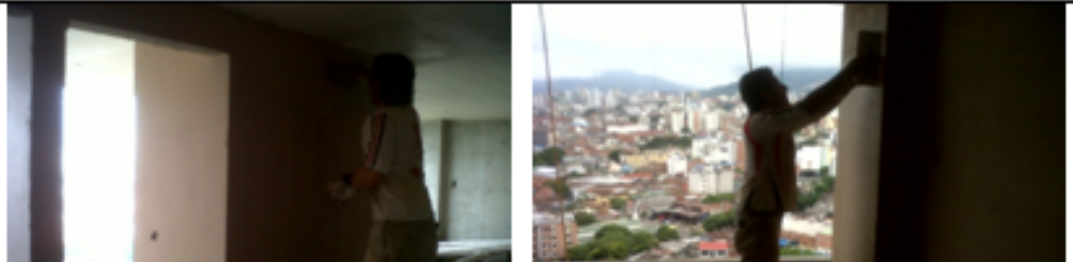
ACTIVIDAD
FRISO O PANETE.
DESCRIPCION
El friso o pañete es utilizado en muros de paredes interiores y se aplica una vez terminada la mampostería. Se procede a dar el acabado del friso para llevar al nivel de espesor deseado que en su mayoría es de 2 cm, además es necesario que esta mezcla posea buena cohesión al ladrillo, superficie plana sin agrietamiento para así obtener perfección para disponer del estucado.
MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS
<ul style="list-style-type: none"><li>• Regla metálica, llana de madera, nivel, hilos, metro, palustre, brocha, pisón de madera, maceta, cincel.</li><li>• Arenilla, mortero normal para ajustes mayores a 2 cm con mezcla de cemento (INCONTEC 121) y arenas de pega en proporciones de 1:4 a 1:5 en peso.</li></ul>
PROCESO CONSTRUCTIVO
<ul style="list-style-type: none"><li>• La pared debe estar libre de elementos extraños y humedecidos antes de la colocación del friso.</li><li>• Se determina el espesor de 2 cm que va a ser rellenada y se señala por medio de hilos y reglas metálicas.</li><li>• Se aplica la mezcla con una pala y parte de ella que no logre la cohesión y va al suelo es reutilizable hasta lograr el agarre.</li><li>• Se empareja con la regla y se nivela con base a mojones preestablecidos; en esta etapa se realiza también el resanado.</li></ul>
FOTO


## Ficha técnica No.10: Estuco Plástico o Acrílico


ACTIVIDAD
ESTUCO PLASTICO O ACRILICO.
DESCRIPCION
Es un material fabricado industrialmente a base de resinas emulsionadas en agua, minerales sólidos, resinas y aditivos. Se presenta en pasta listo para ser usado, tiene buena adherencia sobre diferentes materiales como (madera, drywall, icopor, pintura etc.), posee una mayor resistencia a zonas expuestas a la humedad como cocinas, punto fijo y fachadas.
MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS
<ul style="list-style-type: none"><li>• Estuco Acrílico.</li><li>• Andamios, llana metálica, recipientes plástico, guantes, espátula.</li></ul>
PROCESO CONSTRUCTIVO
<ul style="list-style-type: none"><li>• El estuco plástico no requiere un mojado previo de las superficies.</li><li>• El estuco plástico se aplica por manos, con un tiempo entre manos que dependa de las condiciones climáticas, además estas manos en especial la primera deberán aplicarse delgadas para obtener un máximo rendimiento.</li><li>• El número total de manos depende del grado de perfección del revoque pero por regla general 3 manos hasta llegar a un <math>e=4\text{mm}</math>.</li></ul>
FOTO




## Ficha técnica No.11: Estuco Tradicional


ACTIVIDAD
ESTUCO TRADICIONAL
DESCRIPCION
<p>El estuco se utiliza para emparejar y pulir superficies revocadas con el fin de presentar unas propiedades adecuadas para recibir pintura especialmente cuando se requiere textura fina, superficie plana y buena coherencia además de esto posee una menor resistencia al agua que el estuco acrílico.</p>
MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS
<ul style="list-style-type: none"><li>• Para realizar la mezcla de estuco es necesario: yeso de construcción, yeso de alta resistencia, caolín y cemento dosificados según la experiencia del contratista y mezcla es se agrega a la mezcla de amasado hasta obtener una consistencia adecuada y homogénea.</li><li>• Andamios, llana metálica, recipientes plásticos, guantes, espátula.</li></ul>
PROCESO CONSTRUCTIVO
<ul style="list-style-type: none"><li>• La superficie debe estar plana libre de polvo y otro contaminantes relativamente fraguados.</li><li>• Cuando se trata de superficies en concreto es necesario humedecer antes de la aplicación del estuco.</li><li>• El estuco se aplica por manos, con un tiempo entre manos que dependa de las condiciones climáticas, además estas manos en especial la primera deberán aplicarse delgadas para obtener un máximo rendimiento.</li><li>• El número total de manos depende del grado de perfección del revoque pero por regla general 3 manos hasta llegar a un <math>e=4\text{mm}</math></li></ul>
FOTO


## Ficha técnica No.12: Cielosrasos en Drywall


ACTIVIDAD
CIELOSRRASOS EN DRYWALL.
DESCRIPCION
Son los elementos constructivos que definen la superficie de cubierta interior en cualquier espacio; se deben clasificar según su forma, su función, sistema de colocación. Deben ser livianos para no sobrecargar la cubierta ni la estructura de apoyo, deben ser estables para evitar que se desplacen o se muevan fácilmente y durables y con buena apariencia estética.
MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS
<ul style="list-style-type: none"><li>• Herramientas para carpintería (medir, cortar, controlar, sujetar, armar, etc.), palustre, llanas, rodillos, brochas, mallas, taladro y pistola, andamios, escaleras.</li><li>• Drywall.</li></ul>
PROCESO CONSTRUCTIVO
<ul style="list-style-type: none"><li>• Las láminas de drywall son llevadas a obra para su corte.</li><li>• Una vez medida las dimensiones que se requieren se procede al corte del material con bisturí.</li><li>• Luego de cortar se instala con ayuda de las pistola o taladro y se adhiere el drywall a la estructura metálica.</li></ul>
FOTO





### Ficha técnica No.13: Guardas Escobas

ACTIVIDAD
GUARDA ESCOBAS.
DESCRIPCION
Una vez instalado el enchape de piso se procede a dar el acabo de guarda escobas que es fundamental para una apariencia agradable en espacios abiertos o cerrados; en su gran mayoría se emplea igual cerámica que la empleada en la del piso de enchape, esta se mide por metro lineal y varía entre 5 a 9 cm generalmente, su ejecución depende de la calidad del material.
MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS
<ul style="list-style-type: none"><li>• Cortadora manual, escuadra metálica, lápiz, metro, alicate, tenazas, martillo de caucho.</li><li>• Pegacor para cerámica, mortero de pega, cerámica etc.</li></ul>
PROCESO CONSTRUCTIVO
<ul style="list-style-type: none"><li>• Se procede a cortar la cerámica depende del espesor del guarda escoba deseado.</li><li>• El rendimiento del guarda escobas varia en saber aprovechar el material a cortar.</li><li>• Se emplea el pegacor en y se procede a pegar el guarda escobas</li><li>• Es necesario ajustar el guarda escobas con ciertos golpes utilizando el martillo de caucho hasta obtener el nivel deseado.</li></ul>
FOTO



## Ficha técnica No.14: Instalación de Ventaría Metálica

ACTIVIDAD
INSTALACION DE VENTANERIA METALICA.
DESCRIPCION
La ventana es el conjunto de elementos que permiten regular el cierre de un vano no transitable. Cumple funciones de iluminación, ventilación y seguridad (impide el paso de personas, animales, ruido, vientos fuertes, etc.). Ventanas existen de muchas formas y materiales, en este caso se analiza la corrediza de vidrio fijo.
MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS
<ul style="list-style-type: none"><li>• Lamina de aluminio, perfiles de aluminio, plástico, vidrio.</li><li>• Empaques de neopreno, tornillos de acero, anticorrosivo, cintas para enmascarar.</li></ul>
PROCESO CONSTRUCTIVO
<ul style="list-style-type: none"><li>• Las ventanas se instalan una vez aplicado el revoque de cielos y colocados los sillares, y como prerequisite al revoque de muros para minimizar los remiendos o ajustes.</li><li>• Las ventanas son elaboradas en los diferentes talleres y puestas en obra listas para su instalación.</li><li>• La fijación de marcos y contramarcos se hace conchazos y tornillos por medio de taladros.</li><li>• Una vez colocada la ventana y verificada su nivelación y aplomo se procederá a protegerla contra golpes, ralladuras con cinta plástica.</li></ul>
FOTO


## Ficha técnica No.15: Enchape de pisos


ACTIVIDAD
ENCHAPE PISOS.
DESCRIPCION
En este sistema se emplea cemento-cola para adherir los pisos sobre diferentes bases, las cuales deben estar previamente niveladas. Este enchape deberá dar como resultado un piso estable, es decir, una superficie a la cual no se le desprenda cerámica en un tiempo del orden de 10 años y conserve la propiedad de resistencia al desgaste.
MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS
<ul style="list-style-type: none"><li>• Cemento cola que es una mezcla de cemento, áridos finos y aditivos.</li><li>• Cerámica o azulejos que deberán cumplir la norma INCONTEC 919.</li><li>• Llana dentada, balde, tenazas, cincel pequeño, maquina cortadora, cepillo estopa, martillo de caucho.</li></ul>
PROCESO CONSTRUCTIVO
<ul style="list-style-type: none"><li>• Se esparce una capa de cemento-cola con la llana dentada sobre un área de 1 a 5 m<sup>2</sup> esto de acuerdo con el tiempo abierto que presente el cemento-cola.</li><li>• El espesor debe ser de 3 a 5 mm lo cual se logra con una inclinación de la llana de 45 grados. Los pisos se colocan entonces aplicándolos con ligeros golpes con martillo de caucho sobre el cemento cola.</li><li>• Los pisos deberán ser aplicados con una junta de 2 mm, pero de todos modos es importante dejar en los extremos de cada área una ranura perimetral con un ancho entre 3 y 5mm lo cual deja un margen de seguridad para prevenir levantamiento.</li></ul>
FOTO


## Ficha técnica No.16: Enchape de Pared


ACTIVIDAD
ECHAPE DE PARED.
DESCRIPCION
En este sistema se emplea cemento-cola para adherir los enchapes sobre diferentes paredes o muros. Este enchape deberá dar como resultado una pared estable, es decir, una superficie a la cual no se le desprenda cerámica en un tiempo del orden de 10 años, este tipo de enchape generalmente es utilizado en baños y cocinas siendo resistentes a la humedad.
MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS
<ul style="list-style-type: none"><li>• Cemento cola que es una mezcla de cemento, áridos finos y aditivos.</li><li>• Cerámica o azulejos que deberán cumplir la norma INCONTEC 919.</li><li>• Llana dentada, balde, tenazas, cincel pequeño, maquina cortadora, cepillo estopa, martillo de caucho.</li></ul>
PROCESO CONSTRUCTIVO
<ul style="list-style-type: none"><li>• Se esparce una capa de cemento-cola con la llana dentada sobre un área de 1 a 5 m<sup>2</sup> esto de acuerdo con el tiempo abierto que presente el cemento-cola.</li><li>• El espesor debe ser de 3 a 5 mm lo cual se logra con una inclinación de la llana de 45 grados. Los enchapes se colocan entonces aplicándolos con ligeros golpes con martillo de caucho sobre el cemento cola hasta alcanzar el nivel deseado.</li><li>• Los enchapes de pared deben ser aplicados con una junta de 2 mm, de igual manera es importante dejar en los extremos de cada área una ranura perimetral con un ancho entre 3 y 5mm.</li></ul>
FOTO





## Ficha técnica No.17: Instalación de Puertas de Madera

ACTIVIDAD
INSTALACION DE PUERTAS DE MADERA.
DESCRIPCION
Las puertas cumplen funciones fundamentales en una edificación para permitir, controlar o impedir el paso de personas, muebles o elementos como el ruido, el aire, el polvo, etc. Estas deberán en mayor o menor grado reunir características de fina construcción y acabado de seguridad, resistencia, versatilidad en su operación. Las puertas están compuestas por dos elementos que son uno fijo que es el marco y otro móvil.
MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS
<ul style="list-style-type: none"><li>• Puerta de aluminio, marco de aluminio, bisagras, chazos.</li><li>• Plomada, nivel, escuadra, martillo, destornillador, lienza o flexometro, palustre, taladro, cincel, martillo de caucho, nivel.</li></ul>
PROCESO CONSTRUCTIVO
<ul style="list-style-type: none"><li>• Los marcos y las puertas son llevados a obra listos para su instalación.</li><li>• Los marcos de maderas se fijan a chazos o contramarcos mediante tornillos, cuidando que las cabezas queden incrustadas.</li><li>• Al colocar el contramarco y el marco se debe controlar el correcto aplomado, la nivelación del cabezal y la escuadra en sus ángulos superiores.</li><li>• En el lugar de las bisagras deberá llevar un refuerzo con platina de no menos de 25cm de Long al igual se revisa las cerraduras.</li><li>• Se colocan las alas y se verifica el ajuste al marco con separación de luz no mayor a 2 mm y finalmente se coloca chapas, herrajes etc.</li></ul>
FOTO



## Ficha técnica No.18: Instalación de puertas Metálicas

ACTIVIDAD
INSTALACION DE PUERTAS METALICAS.
DESCRIPCION
Las puertas cumplen funciones fundamentales en una edificación para permitir, controlar o impedir el paso de personas, muebles o elementos como el ruido, el aire, el polvo, etc. Estas deberán en mayor o menor grado reunir características de fina construcción y acabado de seguridad, resistencia, versatilidad en su operación. Las puertas están compuestas por dos elementos que son uno fijo que es el marco y otro móvil.
MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS
<ul style="list-style-type: none"><li>• Puerta de aluminio, marco de aluminio, bisagras, chazos.</li><li>• Plomada, nivel, escuadra, martillo, destornillador, lienza o flexómetro, palustre, taladro, cincel, martillo de caucho, nivel.</li></ul>
PROCESO CONSTRUCTIVO
<ul style="list-style-type: none"><li>• Los marcos y puertas metálicos son llevados a obra listos para su ejecución.</li><li>• Los marcos metálicos se colocan siempre antes de revocar.</li><li>• Los marcos deberán estar provistos de separador metálico en la parte inferior para protección, sus esquinas cortadas y debidamente soldadas.</li><li>• Los marcos metálicos tendrán tres anclajes a cada lado de lámina calibre 20 de 8cm, para un efectivo anclaje a la mampostería.</li><li>• Verificar los ajustes al marco y finalmente se procede a colocar las chapas y herrajes.</li></ul>
FOTO


## Ficha técnica No.19: Dilataciones en friso


ACTIVIDAD
DILATACIONES EN FRISO.
DESCRIPCION
Una vez frisado el muro o pared se procede a las dilataciones que sirven para debilitar los acabados en líneas muy cercanas a la unión entre materiales diferentes o para dividir áreas muy grandes, para que las grietas que lleguen a formarse sigan dichas líneas y no dañen la apariencia del acabado, de igual manera logra tener una apariencia agradable para espacios interiores.
MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS
<ul style="list-style-type: none"><li>• Llana de madera, codal, plantillas metálicas, llana en ángulo recto.</li></ul>
PROCESO CONSTRUCTIVO
<ul style="list-style-type: none"><li>• Este procedimiento debe hacerse una vez terminada el frisado en un estado fresco ya que si se espera demasiado tiempo este podría secar.</li><li>• Se identifica la pared o la junta a la que se desea hacer la dilatación.</li><li>• Se aplica el ranurador y de manera lineal se marcan las dilataciones no mayor a 2 cm.</li><li>• Se recomienda precisión en este procedimiento ya que en caso de error podría dañar parte del trabajo del frisado.</li></ul>
FOTO


## Ficha técnica No.20: Embone de puertas Metálicas


ACTIVIDAD
EMBONE DE PUERTAS METALICAS.
DESCRIPCION
Una vez instalada la puerta y el marco se debe tener en cuenta que los marcos metálicos se instalan antes de revocar, por esto se procede a él embone de puertas metálicas que consiste en la aplicación de mortero para sellar los espacios existentes entre el marco de la puerta y la mampostería en la parte superior y laterales de la puerta.
MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS
<ul style="list-style-type: none"><li>• Mortero.</li><li>• Balde, palustre, llana, brocha, martillo de caucho.</li></ul>
PROCESO CONSTRUCTIVO
<ul style="list-style-type: none"><li>• Una vez terminada el marco y la puerta metálica se procede a realizar la actividad de embone.</li><li>• Se prepara la mezcla, un mortero con buena adhesión a la mampostería.</li><li>• Se procede a aplicar el mortero en la zona o brecha que quedo entre el marco y la mampostería.</li><li>• Se procede a dar pequeños golpes con el martillo de caucho para que el mortero se reparta.</li><li>• Luego se procede con una brocha a limpiar las zonas del marco y de ladrillo salpicadas por mortero.</li></ul>
FOTO





## Ficha técnica No.21: Filos

ACTIVIDAD
FILOS.
DESCRIPCION
Se trata en esta operación de realizar los filetes (terminaciones salientes de los muros) para dar perfección a los bordes de paredes y poder empezar la fase de estucado. Los filos deben hacerse una vez esté terminada toda la fase de friso y se retocan en el estucado, deben tener una buena resistencia a los golpes y quedar bien alineados libres de defectos de superficie.
MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS
<ul style="list-style-type: none"><li>• Llana de madera o metal, palustre, regla o codal, plomada, hilo, nivel de burbuja.</li><li>• Cemento norma INCONTEC 121 y 321, arena con modulo de finura de 2 a 3.</li></ul>
PROCESO CONSTRUCTIVO
<ul style="list-style-type: none"><li>• Se aplica mezcla de revoque o friso sobre la esquina del muro.</li><li>• Se empareja con el codal en uno de los lados teniendo en cuenta el plomo del muro.</li><li>• Con el codal asentada se forma el ángulo con la llana de madera en posición vertical al codal.</li><li>• Finalmente se resanan ambos lados con esta herramienta.</li></ul>
FOTO


## Ficha técnica No.22: Graniplast sobre fachada

ACTIVIDAD
GRANIPLAST SOBRE FACHADA.
DESCRIPCION
Este material se basa en masillas mezcladas, generalmente en forma industrial y posee ligerantes acrílicos, pigmentos y aditivos especiales. Se presenta listo para usar y contiene buen grado de permeabilidad, es lavable, posee una alta resistencia a los agentes exteriores (lluvia, sol, cambios de temperatura, rayos ultravioleta, etc.).
MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS
<ul style="list-style-type: none"><li>• Masilla en base acrílica.</li><li>• Llana metálica, llana plástica, codal de aluminio, brochas, cinta de enmascarar, telas plásticas, metro, hilos, espátulas, andamios colgantes o fijos.</li></ul>
PROCESO CONSTRUCTIVO
<ul style="list-style-type: none"><li>• Se diluye el producto con agua en la cantidad predeterminada por el fabricante.</li><li>• Luego utilizando una llana metálica se extiende por áreas entre 3 y 5 m<sup>2</sup> y en espesores del orden de 3mm.</li><li>• Una vez se presente el fraguado inicial o templado se recorre la superficie con una llana plástica en el sentido en que se desean demarcar las estrías que producen los granos al desplazar la llana. (Normalmente es vertical).</li></ul>
FOTO


## Ficha técnica No.23: Emboquillado

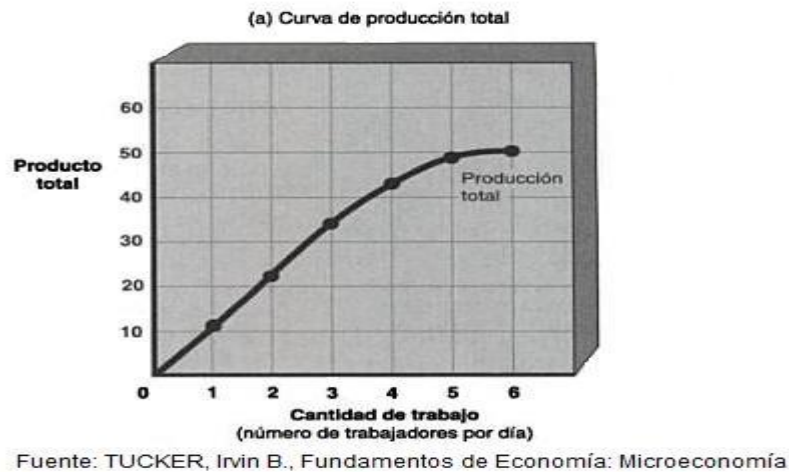
ACTIVIDAD
EMBOQUILLADO
DESCRIPCION
Esta fase comprende el final del acabado del enchape empleando el emboquillado o lechada que trata de cemento portland mezclado y se utiliza para sellar las juntas de 2mm entre las lozas de los pisos y paredes permitiendo poseer un toque más apreciable y decorativo entre estas juntas.
MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS
<ul style="list-style-type: none"><li>• Cemento portland mezclado con pigmentos minerales, agua.</li><li>• Palustre plástico, recipiente plástico, espuma, guantes.</li></ul>
PROCESO CONSTRUCTIVO
<ul style="list-style-type: none"><li>• Se mezcla el cemento portland con minerales y con una proporción de agua para que penetre en las distancias entre las piezas.</li><li>• Procede por medio de palustre plástica a rellenar todas las juntas de este material.</li><li>• Una vez finalizada la operación anterior, la superficie se lava bien para tener mejor apreciación sobre el piso.</li><li>• En caso de pisos delicados se protege con aserrín o carnaza para evitar que se manche.</li></ul>
FOTO




#### 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Los datos recolectados en campo se tabularon con ayuda de Microsoft Excel, siendo ésta la herramienta con la que se estudiaron. Sin embargo, antes de realizar el análisis estadístico descriptivo se tuvo en cuenta que, no en todos los casos las cuadrillas que desarrollaban las actividades eran iguales, es decir, conformadas por el mismo número de oficiales y ayudantes, por lo cual se tuvo en cuenta la Ley de rendimientos marginales que, aplicada a la construcción, dice que si una persona que está realizando una actividad específica produce una unidad, al doblar el número de personas, lo producido incrementa de manera directamente proporcional, hasta un punto en donde el crecimiento no es el mismo. El estudio supone encontrarse en el rango de crecimiento de productividad constante.

**Figura No. 7: Gráfica Ley de Rendimientos Marginales decrecientes<sup>16</sup>**



En la figura No. 7 se muestra cómo aumenta la producción total por día a medida que aumenta el número de trabajadores, mientras todos los demás insumos permanecen constantes.

<sup>16</sup> TUCKER, Irvin B., Fundamentos de Economía: Microeconomía, Editorial Económico Administrativa, Tercera Edición, 2001, p.126.

Ahora bien, empleando lo anterior en los rendimientos, se puede deducir que se tendrá un mejor rendimiento si la cuadrilla es conformada por dos personas en lugar de una, ya que emplearían menos tiempo en producir la misma cantidad esperada. Esto lleva a unificar las cuadrillas a 1 a 1, (1 oficial y 1 ayudante) dividiendo el rendimiento entre 2 en los casos en que la actividad hubiese sido desarrollada por una sola persona.

$$Duración = \frac{Cantidad\ producida}{N^{\circ}\ trabajadores * Productividad}$$

#### 4.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO

Ya unificados los datos, se procedió a analizar descriptivamente el rendimiento con cada uno de los factores que incidían sobre éste, obteniendo datos como:

Media aritmética<sup>17</sup>: La media aritmética representa el centro físico del conjunto de datos y se define como la suma de los valores observados, dividido por el total de observaciones.

Kurtosis<sup>18</sup>: El coeficiente de kurtosis es un número cuya magnitud indica si los datos se distribuyen simétricamente de forma normal (curva mesocúrtica), más empinados que la curva normal (curva leptocúrtica), o más aplanados que la curva normal (curva platicúrtica). Esta medida sirvió para determinar el nivel de concentración de los datos en la región central.

---

<sup>17</sup> CHAO, Lincoln L. Estadística para las Ciencias Administrativas. Tercera Edición. McGraw-Hill, 1993.

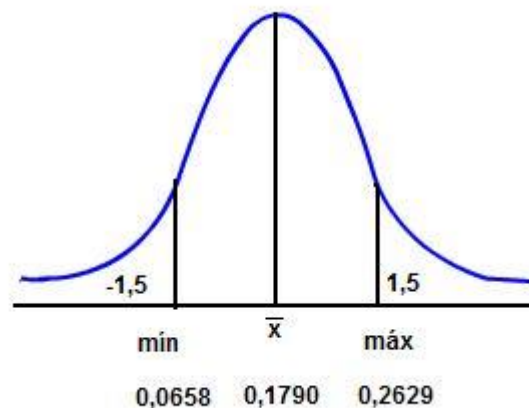
Pág. 34

<sup>18</sup> Ibid., p.65

Desviación estándar: es la medida de variabilidad de mayor uso y muestra la varianza esperada con respecto a la media aritmética, esto se refiere a que si la magnitud de la desviación estándar cada vez es más pequeña, el conjunto de datos están más cercanos a media, y viceversa.

También se muestran los datos máximos y mínimos del rendimiento, reflejando el dato más alto y más bajo encontrado en la observación de rendimientos de la ejecución de las actividades.

A modo de ejemplo, se puede observar en la tabla No.6 el ítem número 5 que corresponde a muros en mampostería H-10, cuya unidad de medida es  $m^2$ , tiene una media de  $0,1790 H/m^2$ , una desviación estándar de  $0,0593 H/m^2$ , un coeficiente de kurtosis de  $-0,9227$ , un dato mínimo de  $0,0658 H/m^2$ , y un dato máximo de  $0,2629 H/m^2$ ; así como se muestra a continuación:



De la misma manera, en la tabla 6 se muestra a modo de sumario cada una de las actividades identificadas con su ítem, la unidad de medida con la cual fueron medidas y los valores de los análisis estadísticos anteriormente mencionados.

**Tabla No. 6 Análisis estadístico descriptivo de las actividades**

Ítem	Descripción	Unidad	Media (H/UND)	Desviación Estándar (H/UND)	Kurtosis	Mínimo (H/UND)	Máximo (H/UND)
1	Muros en Mampostería E-9	m2	0,1674	0,0905	-1,5135	0,0294	0,3014
2	Muros en Mampostería E-11	m2	0,2124	0,0667	-0,8052	0,1028	0,3301
3	Muros en Mampostería Estucblock	m2	0,2505	0,0760	0,0270	0,1413	0,4181
4	Muros en Mampostería H-7	m2	0,1613	0,0462	-1,1975	0,0920	0,2426
5	Muros en Mampostería H-10	m2	0,1790	0,0593	-0,9227	0,0658	0,2629
6	Mortero de piso, e= 4,5 cm	m2	0,1639	0,0417	-0,9527	0,1068	0,2540
7	Pintura tradicional con rodillo	m2	0,0089	0,0026	0,3726	0,0052	0,0156
8	Friso de Fachada	m2	0,2449	0,0366	0,1123	0,1630	0,3162
9	Friso de paredes interiores	m2	0,1341	0,0534	-1,3835	0,0501	0,2178
10	Estuco plástico o acrílico	m2	0,0184	0,0033	-0,9055	0,0133	0,0243
11	Estuco Tradicional	m2	0,0330	0,0055	0,3141	0,0193	0,0434
12	Cielo raso en Drywall	m2	0,1446	0,0494	-1,4813	0,0661	0,2176
13	Guardaescobas, ancho= 8cm	ml	0,0313	0,0046	-1,2319	0,0240	0,0391
14	Instalación de ventanería metálica	m2	0,0419	0,0156	-0,2799	0,0156	0,0764
15	Enchape de pisos	m2	0,1185	0,0405	-0,0045	0,0577	0,2159
16	Enchape de pared	m2	0,2871	0,0829	-1,3800	0,1582	0,4103
17	Instalación de puertas en madera	m2	0,3441	0,0633	-1,3491	0,2489	0,4430
18	Instalación de puertas metálicas	m2	0,1447	0,0246	-1,0437	0,1024	0,1913
19	Dilataciones en friso	ml	0,0083	0,0014	-1,1234	0,0058	0,0107
20	Embone de puertas metálicas	ml	0,0559	0,0096	-0,8863	0,0420	0,0744
21	Filos	ml	0,0166	0,0014	0,2863	0,0146	0,0200
22	Graniplast sobre Fachada	m2	0,0355	0,0055	-1,0932	0,0272	0,0442
23	Emboquillado	ml	0,0028	0,0006	-1,2408	0,0021	0,0040

## 4.2. BASE DE DATOS

Como resultado de los estudios que se realizaron, se presenta la siguiente base de datos en la cual se puede detallar los valores de rendimientos y productividad de cada una de las actividades observadas en campo.

También se expone los datos optimista y pesimista del rendimiento, siendo estos valores de referencia cuando se presenten condiciones extremas. En la tabla No. 7 se relaciona la Base de datos obtenida en el análisis, a manera de ejemplo la actividad del ítem No.5 correspondiente a muros en mampostería H-10, cuya unidad de medida es  $m^2$ , tiene una productividad de  $5,587 m^2/H$ , un rendimiento de  $0,1790 H/m^2$ , un rendimiento optimista en el mejor de los casos de  $0,0658 H/m^2$  (esto se da cuando la cuadrilla que ejecuta la actividad tiene excelente experiencia y los demás factores inciden de manera positiva, el rendimiento esperado es menor al general), y rendimiento pesimista en el peor de los casos de  $0,2629 H/m^2$  (cuando sucede lo contrario). La información suministrada podrá ser tomada como base para proyecciones de costos y tiempo de mano de obra y/o de comparación.



**Tabla No. 7: Base de Datos de Actividades de Construcción**

Ítem	Descripción	Unidad	Productividad (UND/H)	Rendimiento o Consumo (H/UND)	Pesimista (H/UND)	Optimista (H/UND)	Desviación Estándar (H/UND)
1	Muros en Mampostería E-9	m2	5,974	0,1674	0,3014	0,0294	0,0905
2	Muros en Mampostería E-11	m2	4,708	0,2124	0,3301	0,1028	0,0667
3	Muros en Mampostería Estublock	m2	3,992	0,2505	0,4181	0,1413	0,0760
4	Muros en Mampostería H-7	m2	6,199	0,1613	0,2426	0,0920	0,0462
5	Muros en Mampostería H-10	m2	5,587	0,1790	0,2629	0,0658	0,0593
6	Mortero de piso, e= 4,5 cm	m2	6,102	0,1639	0,2540	0,1068	0,0417
7	Pintura tradicional con rodillo	m2	112,750	0,0089	0,0156	0,0052	0,0026
8	Friso de Fachada	m2	4,084	0,2449	0,3162	0,1630	0,0366
9	Friso de paredes interiores	m2	7,458	0,1341	0,2178	0,0501	0,0534
10	Estuco plástico o acrílico	m2	54,293	0,0184	0,0243	0,0133	0,0033
11	Estuco Tradicional	m2	30,308	0,0330	0,0434	0,0193	0,0055
12	Cielo raso en Drywall	m2	6,916	0,1446	0,2176	0,0661	0,0494
13	Guardaescobas, ancho= 8cm	ml	31,975	0,0313	0,0391	0,0240	0,0046
14	Instalación de ventanería metálica	m2	23,855	0,0419	0,0764	0,0156	0,0156
15	Enchape de pisos	m2	8,438	0,1185	0,2159	0,0577	0,0405
16	Enchape de pared	m2	3,484	0,2871	0,4103	0,1582	0,0829
17	Instalación de puertas en madera	m2	2,906	0,3441	0,4430	0,2489	0,0633
18	Instalación de puertas metálicas	m2	6,911	0,1447	0,1913	0,1024	0,0246
19	Dilataciones en friso	ml	120,621	0,0083	0,0107	0,0058	0,0014
20	Embone de puertas metálicas	ml	17,884	0,0559	0,0744	0,0420	0,0096
21	Filos	ml	60,200	0,0166	0,0200	0,0146	0,0014
22	Graniplast sobre Fachada	m2	28,172	0,0355	0,0442	0,0272	0,0055
23	Emboquillado	ml	355,481	0,0028	0,0040	0,0021	0,0006

### 4.3. REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE

Con los datos recolectados de cada una de las actividades se realizó un estudio de correlación entre la variable dependiente, que para este caso es el Rendimiento y las variables independientes, que son cada uno de los factores que lo afectan; evaluando el coeficiente de correlación llamando  $r$ , el cual expresa la relación de la variable dependiente con cada una de las variables independientes, donde se asume una calificación de -1, si la relación es negativa o perjudicial; 1, si la relación es positiva o favorable; y 0 o nula, en el caso en que no exista correlación con el rendimiento.

En el ítem No. 5 de la tabla 8 se describe la correlación entre el rendimiento de la actividad de Muros en mampostería H-10 y los factores estudiados. La correlación de esta actividad con el clima, hora del día, y altura, es directamente proporcional o favorable, por lo tanto se califica con un valor de 1. Lo contrario ocurre con la variable experiencia, la cual se correlaciona de manera perjudicial o inversamente proporcional al rendimiento y se califica con un valor de -1 en la matriz. Por último, las variables de supervisión y esquema contractual no presentan correlación, lo cual indica que su incidencia en el rendimiento de ésta actividad específica es nula y por esto se califica con un valor de cero (ver tabla No.8).

**Tabla No. 8: Matriz de Correlación Rendimiento vs Factores de Afectación**

Ítem	Descripción	A	B	C	D	E	F
		Clima	Hora del día	Experiencia	Supervisión	Esquema Contractual	Altura
1	Muros en Mampostería E-9	1	1	-1	0	0	0
2	Muros en Mampostería E-11	0	1	1	1	0	1
3	Muros en Mampostería Estublock	0	1	-1	0	0	-1
4	Muros en Mampostería H-7	-1	-1	0	-1	0	-1
5	Muros en Mampostería H-10	1	1	-1	0	0	1
6	Mortero de piso, e= 4,5 cm	-1	1	1	0	0	-1
7	Pintura tradicional con rodillo	-1	-1	0	0	0	-1
8	Friso de Fachada	1	1	0	0	0	1
9	Friso de paredes interiores	-1	1	1	0	0	-1
10	Estuco plástico o acrílico	-1	-1	-1	0	0	-1
11	Estuco Tradicional	-1	-1	1	0	0	-1
12	Cielo raso en Drywall	-1	-1	-1	0	1	1
13	Guardaescobas, ancho= 8cm	-1	0	-1	0	0	-1
14	Instalación de ventanería metálica	1	-1	0	-1	0	-1
15	Enchape de pisos	-1	-1	-1	0	-1	1
16	Enchape de pared	-1	1	-1	0	-1	-1
17	Instalación de puertas en madera	1	-1	-1	0	0	0
18	Instalación de puertas metálicas	-1	1	-1	0	0	-1
19	Dilataciones en friso	-1	-1	1	0	0	0
20	Embone de puertas metálicas	-1	0	1	0	0	1
21	Filos	-1	-1	1	0	0	1
22	Graniplast sobre Fachada	1	-1	-1	0	0	-1
23	Emboquillado	1	1	0	0	0	-1

Con el uso de la herramienta de análisis de Regresión Lineal, la cual utiliza el método de "mínimos cuadrados" para ajustar una línea a un conjunto de observaciones, se analizó la forma en que los valores de las variables independientes (que son los factores de afectación: clima, hora del día en que se ejecuta la actividad, experiencia, supervisión, esquema contractual y altura), afectan a una variable dependiente, en este caso en el rendimiento o consumo.

Con los datos que arroja este análisis se organiza una fórmula para predecir el rendimiento en cada actividad, dependiendo de la correlación que los factores de afectación tengan. Si partimos de la ecuación  $y = mx + b$ , donde  $y$  es la variable dependiente,  $m$  el coeficiente que afecta la variable independiente,  $x$  es la variable independiente y  $b$  es el intercepto; si se adapta esta ecuación a este estudio se tiene:

$$R = x_a A + x_b B + x_c C + x_d D + x_e E + x_f F + b$$

Dónde:

- $R$  = es el Rendimiento (hH/und), variable dependiente
- $A, B, C, D, E$  y  $F$  = Los factores de afectación que inciden en el rendimiento, variables independientes. (según la escala establecida en este proyecto)
- $x_a, x_b, x_c, x_d, x_e, x_f$  = Son los coeficientes de las variables independientes.
- $b$  = El intercepto.

En cada una de las actividades se asumieron solo los factores que tuvieran correlación para construir las siguientes fórmulas, las cuales son de utilidad al momento de modelar escenarios de rendimientos. (Ver tabla No. 9)

Por ejemplo, si se quisiera determinar el rendimiento de una cuadrilla compuesta por un oficial y un ayudante (Cuadrilla unificada A-O), que realizan enchape de piso, y existen las siguientes condiciones: el día está soleado, son las 9:10 de la mañana, la cuadrilla lleva 10 años trabajando en

esta actividad y su trabajo es de buena calidad, su superior no los supervisa en esta ocasión, devengan según la cantidad de m<sup>2</sup> que produzcan, y están enchapando en el piso 8 de una edificación de 15 pisos.

Para ésta actividad, la fórmula corresponde a la expuesta en el ítem No.15 de la tabla No.9:

$$R = -(0,0214*A)-(0,0021*B)-(0,0561*C)-(0,0628*E)+(0,0285*F)+0,2523$$

Según la tabla No. 4 y teniendo en cuenta las condiciones anteriormente dadas:

- A = Clima = 1 (soleado)
- B = Hora de ejecución = 2 (entre 8-10am)
- C = experiencia = 3 (alta)
- E = Esquema contractual= 1 (producido)
- F= número de pisos al que se trabaja= 3 (entre 6 -10 pisos)

Reemplazando las variables en la fórmula, se obtiene:

$$R = -(0,0214*1)-(0,0021*2)-(0,0561*3)-(0,0628*1)+(0,0285*3)+0,2523$$

$$R = 0,0811 \text{ H/m}^2$$

Ahora, si se compara este rendimiento  $R = 0,0811 \text{ H/m}^2$  con el obtenido en el análisis estadístico descriptivo (tabla No.6)  $R = 0,1185 \text{ H/m}^2$ , se observa que para este escenario el tiempo consumido para el desarrollo de cada unidad producida es menor o se ve favorecido, y el resultado se acerca al valor esperado.

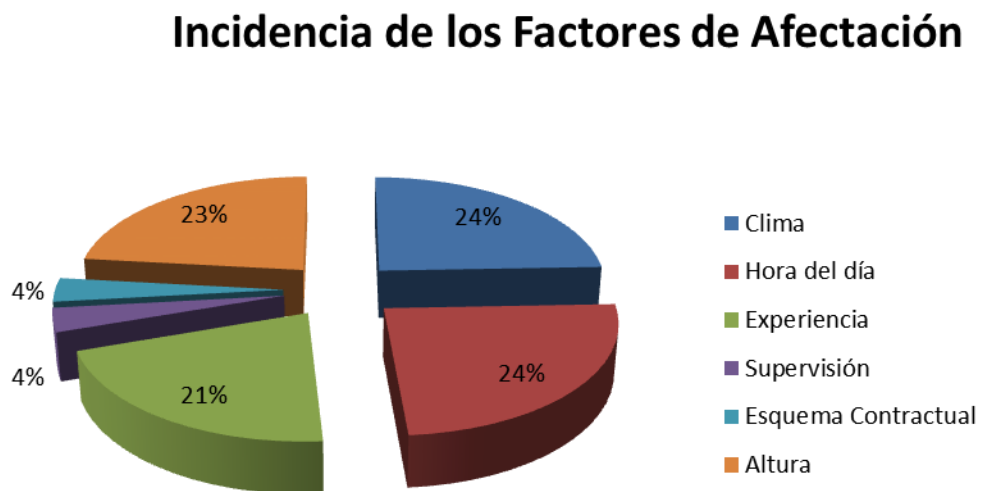
Lo anterior se aplicaría de la misma manera para las demás actividades estudiadas, ajustándolo a las condiciones propias de cada situación.

**Tabla No. 9: Fórmulas para calcular rendimiento**

Ítem	Descripción	Unidad	Fórmula de Rendimiento (Hh/und)
1	Muros en Mampostería E-9	m2	$R = (0,079 * A) + (0,024 * B) - (0,098 * C) + 0,241$
2	Muros en Mampostería E-11	m2	$R = (0,0021 * B) + (0,0353 * C) + (0,0421 * D) + (0,0030 * F) + 0,0846$
3	Muros en Mampostería Estublock	m2	$R = (0,0361 * B) - (0,0082 * C) - (0,0045 * F) + 0,1650$
4	Muros en Mampostería H-7	m2	$R = -(0,0062 * A) - (0,0130 * B) - (0,0754 * D) - (0,0268 * F) + 0,3822$
5	Muros en Mampostería H-10	m2	$R = (0,0011 * A) + (0,0059 * B) - (0,0971 * C) + (0,0020 * F) + 0,3598$
6	Mortero de piso, e= 4,5 cm	m2	$R = -(0,0026 * A) + (0,0087 * B) + (0,0372 * C) - (0,0029 * F) + 0,0714$
7	Pintura tradicional con rodillo	m2	$R = -(0,0030 * A) - (0,0010 * B) - (0,0019 * F) + 0,0246$
8	Friso de Fachada	m2	$R = (0,0290 * A) + (0,0210 * B) + (0,0217 * F) + 0,0873$
9	Friso de paredes interiores	m2	$R = -(0,0435 * A) + (0,0055 * B) + (0,0020 * C) - (0,0170 * F) + 0,2175$
10	Estuco plástico o acrílico	m2	$R = -(0,0007 * A) - (0,0013 * B) - (0,0003 * C) - (0,0006 * F) + 0,0273$
11	Estuco Tradicional	m2	$R = -(0,0002 * A) - (0,0007 * B) + (0,0019 * C) - (0,0008 * F) + 0,0346$
12	Cielo raso en Drywall	m2	$R = -(0,0797 * A) - (0,0074 * B) - (0,0119 * C) + (0,0221 * E) + (0,0667 * F) + 0,1222$
13	Guardaescobas, ancho= 8cm	ml	$R = -(0,0063 * A) - (0,0032 * C) - (0,0033 * F) + 0,0536$
14	Instalación de ventanería metálica	m2	$R = (0,0019 * A) - (0,0112 * B) - (0,0242 * D) - (0,0016 * F) + 0,0962$
15	Enchape de pisos	m2	$R = -(0,0214 * A) - (0,0021 * B) - (0,0561 * C) - (0,0628 * E) + (0,0285 * F) + 0,2523$
16	Enchape de pared	m2	$R = -(0,0564 * A) + (0,0088 * B) - (0,1430 * C) - (0,0500 * E) - (0,0391 * F) + 0,8058$
17	Instalación de puertas en madera	m2	$R = (0,0262 * A) - (0,0163 * B) - (0,0877 * C) + 0,5624$
18	Instalación de puertas metálicas	m2	$R = -(0,0048 * A) + (0,0079 * B) - (0,0256 * C) - (0,0014 * F) + 0,1848$
19	Dilataciones en friso	ml	$R = -(0,0005 * A) - (0,0001 * B) + (0,0010 * C) + 0,0068$
20	Embone de puertas metálicas	ml	$R = -(0,0050 * A) - (0,0014 * C) + (0,0088 * F) + 0,0445$
21	Filos	ml	$R = -(0,0004 * A) - (0,0002 * B) + (0,002 * C) + (0,0004 * F) + 0,0163$
22	Graniplast sobre Fachada	m2	$R = (0,0052 * A) - (0,0015 * B) - (0,0014 * C) - (0,0007 * F) + 0,0379$
23	Emboquillado	ml	$R = (0,0003 * A) + (0,0003 * B) - (0,0002 * F) + 0,0018$

Según la matriz de correlación que se presentó en la tabla 8, se observó que no todos los factores de afectación incidían de la misma manera al rendimiento. Esto se puede evidenciar en la figura No 7, dónde se resaltan mayor afectación por parte de los factores clima, y hora del día, con una incidencia del 24%, seguidos de la altura, cual afecta en un 23% al rendimiento. También se observa que la experiencia, aunque en menor escala, tiene un porcentaje de afectación del 21%, dejando a los factores de esquema contractual y supervisión con un nivel de afectación al rendimiento muy bajo en comparación con los demás, teniendo por magnitud solo el 4%.

**Figura No. 8: Incidencia de Factores de Afectación**



#### 4.4. VALORACIÓN COSTOS

En este punto del proyecto se presenta el análisis de costos de mano de obra siendo el salario mínimo la referencia para los cálculos.

Primeramente se parte de que en el año 2013 el salario mínimo legal vigente es \$ 589.500, valor al cual se le incremento el factor prestacional que para este caso es de 83%.

$$\text{Salario Total mensual} = \$589.500 * 1.83$$

$$\text{Salario Total mensual} = \$ 1.078.785$$

Posteriormente, haciendo las equivalencias el salario real que devenga ayudantes, oficiales y maestros, según se relaciona en el informe especial de mano de obra de la revista Construdata de marzo a mayo de 2011, se determinó el salario real multiplicando el salario total mensual por cada uno de los factores de equivalencia y se obtuvo lo siguiente:

Cargo	Factor de Equivalencia		Salario Real
Ayudante	1,40	SMMLV	\$ 1.510.299,00
Oficial	2,20	SMMLV	\$ 2.373.327,00
Maestro	2,80	SMMLV	\$ 3.020.598,00

Teniendo este salario real se procede a calcular el costo por hora de cada uno de los trabajadores de la siguiente manera:

Si un trabajador labora 8 horas al día, 6 días a la semana durante 4 semanas al mes se obtiene un total de:



$$Total\ de\ Horas\ Laboradas\ al\ Mes = 8 \frac{Horas}{dia} * 6 \frac{dias}{semana} * 4 \frac{semanas}{mes}$$

$$Total\ de\ Horas\ Laboradas\ al\ Mes = 192\ Horas/mes$$

Con este valor se procede a calcular el costo real por hora que devenga cada uno de los trabajadores.

$$Salario\ real\ por\ hora = \frac{Salario\ Real}{192\ horas}$$

Cargo	Salario Real/hora
Ayudante	\$ 7.866,1
Oficial	\$ 12.361,1
Maestro	\$ 15.732,3

Como la cuadrilla que se unificó consta de un oficial y un ayudante se procede a calcular el costo real por actividad de la siguiente manera:

Por ejemplo, para la actividad de mampostería E-9 cuyo rendimiento en la cuadrilla unificada es de 0,1674hH/m<sup>2</sup>, el costo por producir un metro cuadrado de muro sería:

$$Valor\ M.O/ tiempo = (0,1674\ hH/m^2 * \$7.866,1) + (0,1674\ hH/m^2 * 12.361,1)$$

$$Valor\ M.O/ tiempo = \$3.386,04\ hH/m^2$$

A continuación se presenta la tabla No. 10 con todos los costos según el rendimiento obtenido en cada una de las actividades, el análisis de costo en todos los casos está hecho incluyendo el factor prestacional correspondiente:

**Tabla No. 10: Costo real de Mano de Obra, cuadrilla unificada**

Ítem	Descripción	Unidad	Cuadrilla	A-O
			Rendimiento (hH/und)	Valor Mano de obra/tiempo
1	Muros en Mampostería E-9	m2	0,1674	\$ 3.386,04
2	Muros en Mampostería E-11	m2	0,2124	\$ 4.296,26
3	Muros en Mampostería Estublock	m2	0,2505	\$ 5.066,92
4	Muros en Mampostería H-7	m2	0,1613	\$ 3.263,02
5	Muros en Mampostería H-10	m2	0,1790	\$ 3.620,50
6	Mortero de piso, e= 4,5 cm	m2	0,1639	\$ 3.315,11
7	Pintura tradicional con rodillo	m2	0,0089	\$ 179,40
8	Friso de Fachada	m2	0,2449	\$ 4.953,30
9	Friso de paredes interiores	m2	0,1341	\$ 2.712,30
10	Estuco plástico o acrílico	m2	0,0184	\$ 372,56
11	Estuco Tradicional	m2	0,0330	\$ 667,39
12	Cielo raso en Drywall	m2	0,1446	\$ 2.924,63
13	Guardaescobas, ancho= 8cm	ml	0,0313	\$ 632,60
14	Instalación de ventanería metálica	m2	0,0419	\$ 847,93
15	Enchape de pisos	m2	0,1185	\$ 2.397,15
16	Enchape de pared	m2	0,2871	\$ 5.806,43
17	Instalación de puertas en madera	m2	0,3441	\$ 6.959,58
18	Instalación de puertas metálicas	m2	0,1447	\$ 2.927,03
19	Dilataciones en friso	ml	0,0083	\$ 167,69
20	Embone de puertas metálicas	ml	0,0559	\$ 1.131,00
21	Filos	ml	0,0166	\$ 336,00
22	Graniplast sobre Fachada	m2	0,0355	\$ 717,99
23	Emboquillado	ml	0,0028	\$ 56,90

## 5. CONCLUSIONES

Con este proyecto de investigación se logró obtener una base de datos de los rendimientos de Mano de Obra en actividades de construcción de Muros y acabados, elaborada con las características propias y específicas del sector, la cual servirá de referencia a estudiantes, docentes, ingenieros, arquitectos y administradores de proyectos en la industria de la construcción al momento de planear y programar la ejecución de la mano de obra en Bucaramanga y su Área Metropolitana, siendo estos datos de rendimientos más certeros, y más confiable para comparación y la planeación misma de costos y tiempos de MO en proyectos de construcción.

Se identificaron los factores de mayor relevancia en las etapas de muros y acabados, al igual que fueran medibles y que se pudieran apreciar en todas las obras de construcción. De los factores que afectan el rendimiento de la mano de obra en un proyecto de construcción, se determinaron los seis siguientes: el clima, la hora del día en que se ejecuta la actividad, la experiencia de la cuadrilla, la supervisión, el esquema contractual y la altura a la cual se realiza el trabajo. Con estos factores se analizó la incidencia que tenían con respecto al rendimiento de cada una de las 23 actividades identificadas al momento de realizar el estudio. Dicho análisis permitió identificar cuáles factores inciden con mayor frecuencia, que para esta investigación fueron el clima, y la hora del día en que se ejecuta la actividad, los cuales afectaban en un 24% del total cada uno. Seguido a estos, el factor de altura tiene una incidencia del 23% sobre el total, y el factor experiencia con un 21% sobre el total; dejando como factores de menor afectación, con un 4% de incidencia cada uno a el factor supervisión y esquema contractual.

En cuanto a las mediciones, en el estudio se tuvo en cuenta una unificación de cuadrillas de trabajo con fines de que la medición pudiera analizarse, la cual se hizo fundamentados en la ley de los rendimientos marginales decrecientes y asumiendo que esta unificación se hace en el rango en donde la productividad y el número de recursos son directamente proporcionales, sin embargo, en el desarrollo de las visitas en cada proyecto se pudo observar que para algunas actividades la labor del oficial y el ayudante no son equitativas.

Además, se realizó un análisis estadístico donde se obtuvo la matriz de correlación en la cual se reflejan de qué manera afecta cada uno de los factores el rendimiento de una cuadrilla que ejecuta una actividad específica, ya sea positiva o negativamente o sin incidencia. Con este análisis se pudo determinar que para algunas actividades no todos los factores incidían directamente.

De la misma manera, se construyeron modelos para el cálculo de rendimientos de cada una de las actividades, dichas ecuaciones servirán de referencia para modelar escenarios al momento de predecir rendimientos futuros en Muros y Acabados. De tal manera que si se necesita saber el rendimiento o la productividad de una cuadrilla de trabajo en una actividad bajo distintas condiciones, basta con utilizar como entrada del modelo la calificación correspondiente de acuerdo con las asignaciones hechas para cada uno de los factores y se obtendrá como salida una respuesta ajustada.

También se logró calcular las equivalencias de costos para cada una de las actividades de construcción estudiadas, arrojando el costo real que devengaría la mano de obra, teniendo en cuenta el tiempo gastado en producir una unidad de trabajo. Esto es de gran utilidad al momento de planear los presupuestos en un proyecto de construcción, ya que así se

tendría una apreciación más certera de los salarios, incluyendo las debidas prestaciones y aportes parafiscales que rigen en este momento establecido por el Ministerio del Trabajo. En consecuencia, con los análisis de costos hechos de acuerdo a los modelos obtenidos, podría realizarse una proyección de costos y tiempos de mano de obra en actividades de muros y acabados, sencillamente con información de cantidades de obras en las unidades definidas para cada una.

## **6. RECOMENDACIONES**

A lo largo de esta investigación se pudo observar que las cantidades de construcción producidas por maestros, oficiales y ayudantes son diferentes, es decir, no tienen el mismo rendimiento; por esto es recomendable que se aplique un estudio comparativo donde se indague acerca de las cantidades y rendimientos reales de cada trabajador de acuerdo con la función desempeñada por este, para unificar los datos en futuros estudios de productividad.

También se recomienda realizar investigaciones como ésta, en otros tipos de proyectos de infraestructura, como lo son: Redes de Alcantarillados, Redes de acueductos, Vías, Pavimentos, entre otros. Esto será una referencia muy útil para los ingenieros civiles o administradores de proyectos de construcción para la planeación y presupuestos de los mismos.

De la misma manera, se sugiere el diseño de una base de datos unificada de todas las actividades de construcción para Bucaramanga y su Área Metropolitana, para que ésta sea un punto de referencia para los profesionales del sector de la construcción en la toma de decisiones que involucran costos y rendimientos de Mano de Obra.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APUNTES DE CLASE de Antonio Morillas, Profesor del curso Estadística Aplicada II. Muestreo en poblaciones finitas. Universidad de Málaga. España, Agosto de 2007. [en línea] <http://webpersonal.uma.es/~morillas/NOTAS.HTM> [citado en 25 octubre de 2012].

BOTERO BOTERO, Luis Fernando. Análisis de rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción en proyectos de vivienda de interés social, Proyecto de investigación, Universidad EAFIT, Medellín Colombia. 2001, p.7.

CARDONA MAGNE, Rodrigo, Gestión del Conocimiento enfocado en identificación y difusión de mejores prácticas en obra, Colombia: Bogotá.

CHAO, Lincoln L. Estadística para las Ciencias Administrativas. Tercera Edición. Editorial McGraw-Hill, Santafé de Bogotá Año 1993.

CÓDIGO SUSTANTIVO DEL TRABAJO – 2011, Autorizado por el Ministerio de Protección Social- Colombia. [En línea] [Consultado 4 diciembre 2012] Disponible en < <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=33104#0>

CONSULTORIO CONTABLE DE LA UNIVERSIDAD EAFIT, Remuneración Laboral, Boletín 39, [En línea] [Consultado 12 noviembre 2012] página. 4. Disponible en < <http://www.eafit.edu.co/escuelas/administracion/consultorio-contable/Documents/boletines/comercial-laboral/b7.pdf>>

JOHNSON, Richard A. Probabilidad y Estadística para Ingenieros de Miller y Freund, ed 5. Prentice Hall. México. 2007. P 221.

MARTINEZ BENCARDINO, Ciro. Estadística y 614 problemas resueltos. Editorial Ecoe. Sexta Edición. Santafé de Bogotá, 1992.

MOLINA, Paola y PAEZ, Cristian. Análisis de rendimiento y/o productividad de la mano de obra en la construcción de edificaciones en la ciudad de

Bucaramanga y su Área Metropolitana: etapa de estructuras. Universidad Pontificia Bolivariana. Bucaramanga, 2013.

POLANCO SÁNCHEZ, Lina Marithza, Ingeniera Civil de Universidad Pontificia Bolivariana, Seccional Bucaramanga, Seccional Bucaramanga.

RESTREPO GÓMEZ, Luis Fernando. En: Tasaciones de Medellín y Antioquía. [en línea] . [Consultado 21 enero de 2013]. Disponible en <<http://tasacionesdemedellinyantioquia.blogspot.com/search?updated-min=2013-01-01T00:00:00-05:00&updated-max=2014-01-01T00:00:00-05:00&max-results=4>>

SUAREZ, Sergio Andrés. Elaboración de una base de datos de rendimiento para la programación y presupuesto de edificaciones en Bucaramanga y su Área Metropolitana. Trabajo de grado ingeniería civil. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de ingenierías. Año 2008.

TUCKER, Irvin B., Fundamentos de Economía: Microeconomía, Editorial Económico Administrativa, Tercera Edición, 2001, p.126.

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES. Aportes para el mejoramiento de la productividad en la construcción de edificaciones – Time Lapse. Bogotá: Arango, Sebastián. Año 2006.

VIECCO, Margareth. Proyecto de Investigación de Rendimiento y/o Productividad de la Mano de Obra en Bucaramanga y su área Metropolitana



# ANEXOS



UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA - *Facultad de Ingeniería Civil.*

### Formato de recolección.

Nombre de la actividad		Excavación manual								Unidad =		m <sup>3</sup>	
Producido	Tiempo Ejecución	Cuadrilla			Clima	Hora del día	Experiencia	Supervisión	Esquema Contractual	Altura	Descripción de la Actividad	Observaciones	
		M	O	A									
Piloto	1,27	00:45:00		3	3	1	5	1	2	1	1	Excavación para muro de carga del edificio K2 de UPB	profundidad de excavación 0,50 m



**Formato de recolección.**

	Nombre de la actividad					Unidad =		Descripción de la Actividad	Observaciones				
	Producido	Tiempo Ejecución	Cuadrilla			Clima	Hora del día			Experiencia	Supervisión	Esquema Contractual	Altura
			M	O	A								
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27													
28													
29													
30													

