

**ANÁLISIS DE LA PRODUCTIVIDAD Y/O RENDIMIENTO DE LA MANO DE
OBRA EN LA CONSTRUCCION DE EDIFICACIONES DE USO
RESIDENCIAL EN CONCRETO REFORZADO EN EL MUNICIPIO DE
SINCELEJO – SUCRE.**

**DAVID FRANCISCO MARTÍNEZ PADILLA
CARLOS ANDRES VALETA REVOLLO**

**UNIVERSIDAD DE SUCRE
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
SINCELEJO – SUCRE
2009**

**ANÁLISIS DE LA PRODUCTIVIDAD Y/O RENDIMIENTO DE LA MANO DE
OBRA EN LA CONSTRUCCION DE EDIFICACIONES DE USO
RESIDENCIAL EN CONCRETO REFORZADO EN EL MUNICIPIO DE
SINCELEJO – SUCRE.**

**DAVID FRANCISCO MARTÍNEZ PADILLA
CARLOS ANDRES VALETA REVOLLO**

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

**UNIVERSIDAD DE SUCRE
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
SINCELEJO – SUCRE
2009**

Nota de aceptación

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

Sincelejo, _____ de 2010

DEDICATORIA

A mi familia fuente de ánimo y dedicación en mi vida y a la memoria de mi amigo, confidente y hermano del alma... MARIO ALFONSO.

David Francisco Martínez Padilla

A Dios porque gracias a él hemos conseguido este tan anhelado logro y a mi familia la cual siempre ha sido la razón mas grande para seguir adelante...

Carlos Andrés Valeta Revollo

AGRADECIMIENTOS

Los autores del trabajo manifiestan sus agradecimientos:

A Dios, ser supremo creador de vida quien con sus bendiciones y dones otorgados nos permitió llevar a cabo el desarrollo de este trabajo de investigación con el entusiasmo y voluntad que se requiere para lograr un objetivo fundamental en el progreso de nuestros conocimientos.

A Margareth Viecco Márquez, quien nos motivó a arriesgarnos a desarrollar esta investigación, manifestándonos su confianza y apoyo incondicional

A los docentes de la Universidad de Sucre, del programa de ingeniería civil, quienes con su experiencia y dedicación en el transcurso de nuestros estudios nos condujeron por la senda del saber de esta hermosa profesión

Al arquitecto José Javier Bohórquez, por sus comentarios y consejos, colaborador incondicional... tardaba, pero siempre incondicional.

A Diana Milena Martínez, por su cariño, empeño y paciencia en la asesoría, redacción y organización de este documento.

A Teresa Padilla y Neidy Contreras por su amor, apoyo y buenos consejos

A Francisco Antonio Patiño, quien con su apoyo me dio la confianza para demostrar que las cosas fáciles no siempre resultan ser el mejor camino.

“A todos aquellos que no creyeron en nosotros y menospreciaron, lo cual se convirtió en un pilar para creer más en nuestras capacidades, avanzar hacia el progreso y ver como ellos se quedan atrás”.

CONTENIDO

	Pág.
LISTA DE TABLAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE ANEXOS.....	x
GLOSARIO.....	xi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRAC.....	xv
1. CAPITULO INTRODUCTIVO.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. OBJETIVOS.....	7
1.2.1. Objetivo General.....	7
1.2.2. Objetivos Específicos.....	7
2. COMPONENTES TEÓRICOS DEL ANÁLISIS DE LA PRODUCTIVIDAD Y/O RENDIMIENTO DE LA MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES.....	8
2.1. ¿QUE SE HA INVESTIGADO SOBRE RENDIMIENTO Y CONSUMO DE MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN?...	8
2.2. CONCEPTOS VINCULADOS A LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN.....	12
2.3. FACTORES QUE INCIDEN EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES.....	17
2.4. EL ROL DEL INGENIERO CIVIL EN LA PRODUCTIVIDAD DE LAS OPERACIONES DE CONSTRUCCIÓN.....	19
3. ESTRUCTURA METODOLÓGICA.....	21
3.1. DEFINICIÓN DEL TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	21
3.2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y DIAGNÓSTICO.....	37
3.3. LOCALIZACIÓN.....	22
3.4. ACTIVIDADES DE EVALUACIÓN.....	23
3.5. SELECCIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO ESTADÍSTICO.	28
3.6. SELECCIÓN DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA.....	33

4.	RESULTADOS	38
4.1.	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	38
4.1.1.	Encuesta Realizada a Constructores de Edificaciones en Concreto Reforzado para Uso Residencial en Sincelejo.....	38
4.1.2.	Evaluación Estadística Descriptiva de la Productividad.....	41
4.1.3.	Matriz de Correlaciones Definida para las Variables Dependiente e Independiente.....	47
4.1.4.	Base de Datos.....	53
4.1.5.	Análisis de Regresión.....	54
5.	ANÁLISIS DE COSTOS DE LA MANO DE OBRA A PARTIR DE LOS CONSUMOS PROMEDIOS OBTENIDOS EN EL ESTUDIO	62
6.	HERRAMIENTA COMPUTACIONAL PARA EL CÁLCULO DE CONSUMO, PRODUCTIVIDAD Y COSTO DE MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES EN EL MUNICIPIO DE SINCELEJO	67
6.1.	GUIA DEL USUARIO DE “C&P–M.O.”	67
7.	DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	72
8.	CONCLUSIONES	77
9.	RECOMENDACIONES	80
	BIBLIOGRAFIA	82
	ANEXOS	84

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Clasificación de la Eficiencia en la Productividad de la Mano de Obra.....	14
Tabla 2. Factores y Subfactores que Afectan la Productividad de La Mano de Obra en la Construcción de Edificaciones.....	18
Tabla 3. Análisis Estadístico Descriptivo.....	42
Tabla 4. Matriz de Correlaciones. Productividad Vs Factores de Afectación.....	48
Tabla 5. Base de Datos.....	55
Tabla 6. Ecuaciones de Regresión para la Predicción del Consumo de Mano de Obra.....	58
Tabla 7. Descripción de la calificación de los Factores de afectación.....	61
Tabla 8. Comparación Entre Costo Pagado Según Construdata y Costo Obtenido del Estudio de Productividad.....	64
Tabla 9. Descripción de Cuadrillas Según su Funcionalidad.....	70

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1.	Árbol del Problema.....	6
Figura 2.	Diagrama de Productividad.....	19
Figura 3.	Municipio de Sincelejo en Colombia.....	23
Figura 4.	Mapa de Localización de Proyectos Evaluados en Sincelejo.....	27
Figura 5.	Encuesta DANE 2006 – Modulo de Vivienda.....	29
Figura 6.	Licencias de Construcción en la Modalidad de Obra Nueva de Uso Residencial Expedidas Desde el Año 2004 Hasta el Año 2009.....	29
Figura 7.	Descripción del Proceso de Análisis Estadístico.....	32
Figura 8.	Distribución Normal.....	35
Figura 9.	Coeficiente de Confianza $z_{(\alpha / 2)}$	37
Figura 10.	Encuesta ítem 1.....	38
Figura 11.	Encuesta ítem 2.....	39
Figura 12.	Encuesta ítem 3.....	39
Figura 13.	Encuesta ítem 4.....	40
Figura 14.	Encuesta ítem 5.....	41
Figura 15.	Ejemplo de Kurtosis y Asimetría Desfasadas.....	45
Figura 16.	Ejemplo de Kurtosis y Asimetría en la Distribución Normal.....	45
Figura 17.	Ejemplo de Kurtosis y Asimetria Desfasadas.....	46
Figura 18.	Ejemplo de Kurtosis y Asimetria en la Distribucion Normal	46
Figura 19.	Correlación de los Factores de Afectación Sobre la Productividad de La Mano de Obra en la Construcción....	51
Figura 20.	Rendimiento y/o Consumo Vs. Hora de la Excavación Manual en Suelo Heterogéneo Seco – h = 1m.....	51
Figura 21.	Rendimiento y/o Consumo Vs. Hora del Fundido de Columnas de 0.30 x 0.30 x 2.20 m.....	52
Figura 22.	Rendimiento y/o Consumo Vs. Hora del Levante de Muro con Bloque 0.09 m.....	52
Figura 23.	Rendimiento y/o Consumo Vs. Hora de la Preparación Manual de Concreto de 3000 PSI.....	53

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A Encuesta Dirigida a los Constructores del Municipio de Sincelejo – Sucre.....	85
ANEXO B Estructura de Desagregación.....	86
ANEXO C Instrumento de Recolección de Datos de Productividad de mano de obra.....	88

GLOSARIO

- **Ciclo:** Repetición de cierto número de acciones dentro del método para ejecutar una actividad.
- **Construcción:** La construcción de una obra, es básicamente un proceso productivo y como tal debe ser administrado. Esto significa planificar, organizar, dirigir, coordinar y controlar todas las actividades del sistema y del proceso productivo a fin de convertir los inputs del sistema en un producto terminado que en este caso corresponde a una obra.
- **Consumo (Rendimiento):** Cantidad del recurso humano empleado para ejecutar la cantidad unitaria de alguna actividad en la construcción (hH/Und).
- **Cuadrilla:** Es un grupo de personas reunido para ciertos fines dentro de la construcción, conformado por un oficial y varios obreros, supervizados por un maestro de obra o el encargado directo del proyecto (ingeniero o arquitecto).
- **Desagregación:** Clasificación.
- **WBS:** Estructura de descomposición del trabajo o EDT, también conocida por su nombre en inglés *Work Breakdown Structure* o WBS, es una estructura exhaustiva, jerárquica y descendente formada por los entregables a realizar en un proyecto.
- **Equipamiento:** Conjunto de recursos disponibles par el desarrollo adecuado de las actividades programadas en el proyecto de construcción (materiales, herramientas y equipos).
- **Factores de afectación:** Conjunto de condiciones y/o circunstancias que de alguna manera pueden afectar la normal ejecución de una actividad.
- **Productividad:** Se define de forma explícita como una medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un producto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado.

- **Proyectos de edificaciones:** A esta categoría pertenecen los proyectos de construcción con fines habitacionales, educacionales, comerciales, sociales y de recreación, de salud, etc.
- **Proyectos de edificaciones activos:** Son los proyectos que se encuentran en ejecución actual o vigente.
- **Sub ciclo:** Repetición de algunas acciones dentro de un ciclo en el método para ejecutar una actividad. Pueden presentarse nuevos sub ciclos dentro de un sub ciclo.

RESUMEN

Con soporte en principios metodológicos existentes, se elabora el presente proyecto de investigación, en el cual se trata de recopilar la mayor cantidad de datos sobre productividades y consumos de mano de obra en actividades de la construcción de edificaciones, considerando los factores que por características sociales económicas y ambientales propias del municipio inciden en su desarrollo.

Las actividades de construcción son múltiples, por lo tanto se abordan aquellas realizadas en proyectos de edificaciones para uso residencial, con la ayuda de una estructura de desagregación (WBS), y por ser estos proyectos los que presentan mayor registro, proyección y desarrollo en el municipio de Sincelejo. La información recopilada es llevada a un análisis estadístico para verificar la distribución normal de los datos recolectados en campo, posteriormente se define la correlación entre las productividades evaluadas y los factores que inciden sobre ella, entre los cuales se encuentra la hora en que se desarrollan las actividades, la supervisión, la experiencia y el clima, los cuales de manera global abarcan un sinnúmero de subfactores que inciden en dicha productividad. Con lo que se da inicio a la elaboración de una base de datos sistematizada y de fácil actualización, amparada en las ecuaciones obtenidas de los análisis de regresión lineal múltiple efectuado para cada actividad evaluada, con el objetivo de brindar una alternativa de consulta permanente a los estudiantes, profesionales y empresas dedicadas al campo de la construcción, tanto del municipio como de la región. Además, se ofrece una aplicación práctica de los resultados obtenidos en la investigación a través de una herramienta computacional que permite calcular las productividades y/o consumos de mano de obra y el costo que genera por grupo de trabajo o cuadrilla.

Este trabajo de investigación, se proyecta como eje de motivación para continuar con el análisis de las actividades que están vinculadas a procesos constructivos de otro tipo de edificaciones, contribuyendo así, con el impulso de las estrategias para el desarrollo de proyectos de construcción en busca del mejor aprovechamiento del recurso humano en obra, mayor rentabilidad para el constructor en tiempos y costos, y el crecimiento urbanístico del municipio de Sincelejo.

Palabras claves: Productividad, Consumo, Mano de obra, factores de afectación, estructura de desagregación, base de datos.

ABSTRACT

Supporting existing methodological principles, is made this research project, which is to gather as much data on productivity and consumption of labor in construction activities of buildings, considering factors that social characteristics economic and environmental impact on the municipality's own development.

Construction activities are manifold, thus addressing those made in projects of buildings for residential use, with the help of a breakdown structure (WBS), and because these projects which have a higher register, design and development Sincelejo municipality. The information collected is taken to a statistical analysis to verify the normal distribution of data collected in the field, then define the correlation between productivity evaluated and the factors affecting it, among which is the time to develop activities, supervision, experience and climate, which comprehensively cover a number of sub-factors that affect the productivity. Thus begins the development of a systematic data base and easy upgrade, covered in the equations of multiple linear regression analysis carried out for each activity assessed with the aim of providing an alternative to permanent consultation students, professionals and companies engaged in construction field, both the municipality and the region. In addition, it offers a practical application of research results through a computational tool to calculate the productivity and / or consumption of labor and expense generated by the working group or gang.

This research work is planned as the centerpiece of motivation to continue the analysis of the activities that are linked to construction processes of other buildings, thus contributing to the promotion of strategies for the development of construction projects in search of better utilization of human resources in

work, higher profitability for the builder at the time and costs, and urban growth in the municipality of Sincelejo.

Keywords: Productivity, Consumption, Labor, involvement factors, breakdown structure, database. structure, database.

1. CAPITULO INTRODUCTIVO

1.1. INTRODUCCIÓN

La Ingeniería civil es una rama del conocimiento que se basa en la repetición de procesos fundamentados en la eficiencia y la competitividad que al final dan origen a una productividad, la cual es posible alcanzar realizando controles periódicos sobre cada una de las actividades realizadas en los proyectos de construcción, obteniendo así experiencia y consolidación de los mecanismos de programación y presupuesto de las obras. Los controles van dirigidos a conocer que se hace y en cuanto tiempo se hace, lo que se denomina como rendimiento y enfocados a lograr la productividad deseada, que es en últimas uno de los factores definitivos en el éxito o fracaso de la construcción de una edificación y en general de cualquier obra de ingeniería civil. Es decir “la productividad comprende tanto la eficiencia como la efectividad, ya que de nada sirve producir muchos metros cuadrados de muro de albañilería, utilizando muy eficientemente los recursos de mano de obra, si estos muros resultan con serios problemas de calidad, hasta el punto que deben demolerse posteriormente para rehacerlos...”¹

La mano de obra en un proyecto de construcción forma parte esencial en cada una de las etapas que lo constituyen, tanto así, que en función de la calidad y experiencia con la que cuente el recurso humano contratado se pueden plantear soluciones de inversión y prever programaciones sobre las distintas actividades a desarrollar en los proyectos.

En la actualidad los constructores muestran cada vez más interés por realizar la mayor cantidad de actividades en el menor tiempo posible, de tal manera

¹ SERPELL B, Alfredo. Administración de Operaciones de Construcción. 2ª ed. Alfaomega. México. P. 29.

que se dirigen a consultar herramientas que contribuyan en la simplificación del cálculo de los rendimientos de la mano de obra, asumiendo estos datos para la consecución de la programación y presupuesto de las actividades en los proyectos de construcción.

Los proyectos de ingeniería civil están constituidos generalmente por cuatro grandes etapas: planificación, diseño, construcción y mantenimiento. En la etapa de construcción se toca de manera significativa uno de los aportes más importantes para el desarrollo de los proyectos en sí, y es el recurso humano, quien es en últimas el que determina la productividad de las empresas de construcción, la cual está definida por la relación entre lo producido y el tiempo gastado para producirlo y/o viceversa, **Productividad = (Cantidad Producida / Tiempo Empleado)**.

La productividad de la mano de obra en la construcción de edificaciones se ve afectada por factores tales como: sobretiempo en la programación de las actividades, errores y omisiones en planos y especificaciones técnicas, modificaciones constantes durante la ejecución de los proyectos, diseños complejos, hacinamiento de obreros en espacios reducidos, ubicación inapropiada de los materiales, ausentismo de trabajadores, condiciones climáticas, etc. Factores que cambian de acuerdo con las características propias de cada proyecto y de la ubicación geográfica. Es así, como se hace necesario buscar formas que permitan evaluar la eficacia de la productividad de la mano de obra en la construcción dado que el tiempo empleado en las actividades redundará en dinero invertido en las obras en torno al personal empleado para su ejecución.

El registro del rendimiento y/o productividad del recurso humano utilizado en el desarrollo de las distintas etapas de una obra, en diferentes proyectos, hace posible formalizar comparaciones y proyectar el tiempo empleado para

cumplir actividades de similares características, generándose así una base de datos con cualidades propias, conforme a la región en donde se lleven a cabo las obras; Destacándose la ausencia de este tipo de registros en ciudades capitales como Sincelejo que no cuenta con una base de datos para la consulta de profesionales y estudiantes de la región dedicados al campo de la construcción en donde se referencien estos aspectos y se hace vehemente la necesidad de acudir a otros elementos de consulta como bases de datos, que relacionan características de otras ciudades que por su producción en el campo de la construcción llevan cierta ventaja en el desarrollo de este tipo de estudios, tal es el caso de las evaluaciones consideradas en ciudades como Barranquilla y Cartagena , que aunque se encuentra en la Región Caribe al igual que la ciudad de Sincelejo, poseen características ambientales y socioeconómicas por tocar algunos aspectos, diferentes a las del municipio.

De acuerdo con lo anterior, es necesario llevar a cabo un seguimiento y registro de las actividades generadas en proyectos de construcción de edificaciones en concreto reforzado destinadas al uso residencial, que al evaluarles estadísticamente en función del tiempo aprovechado para cada una de ellas y de acuerdo a los factores que pueden incidir en su adecuado desarrollo, sea posible constituir una base de datos que establezca de manera verás y sustentada los rendimientos esperados de la mano de obra en las actividades realizadas en el municipio para proyectos de edificaciones.

Fundamentados en lo anterior y con el anhelo de obtener herramientas que contribuyan al desarrollo continuo de la academia y fomentar el interés constante por investigar los factores que atentan contra el desarrollo de las buenas prácticas en la construcción de edificaciones en el municipio, se plantean interrogantes como:

¿Cuál es la base de datos de productividad y/o rendimiento de la mano de obra en edificaciones de uso residencial en concreto reforzado con la que cuentan los constructores del municipio de Sincelejo – Sucre?

¿Qué beneficios trae crear una base de datos que registre los rendimientos de la mano de obra en la construcción de edificaciones en el municipio y los factores que afectan la productividad en las obras?

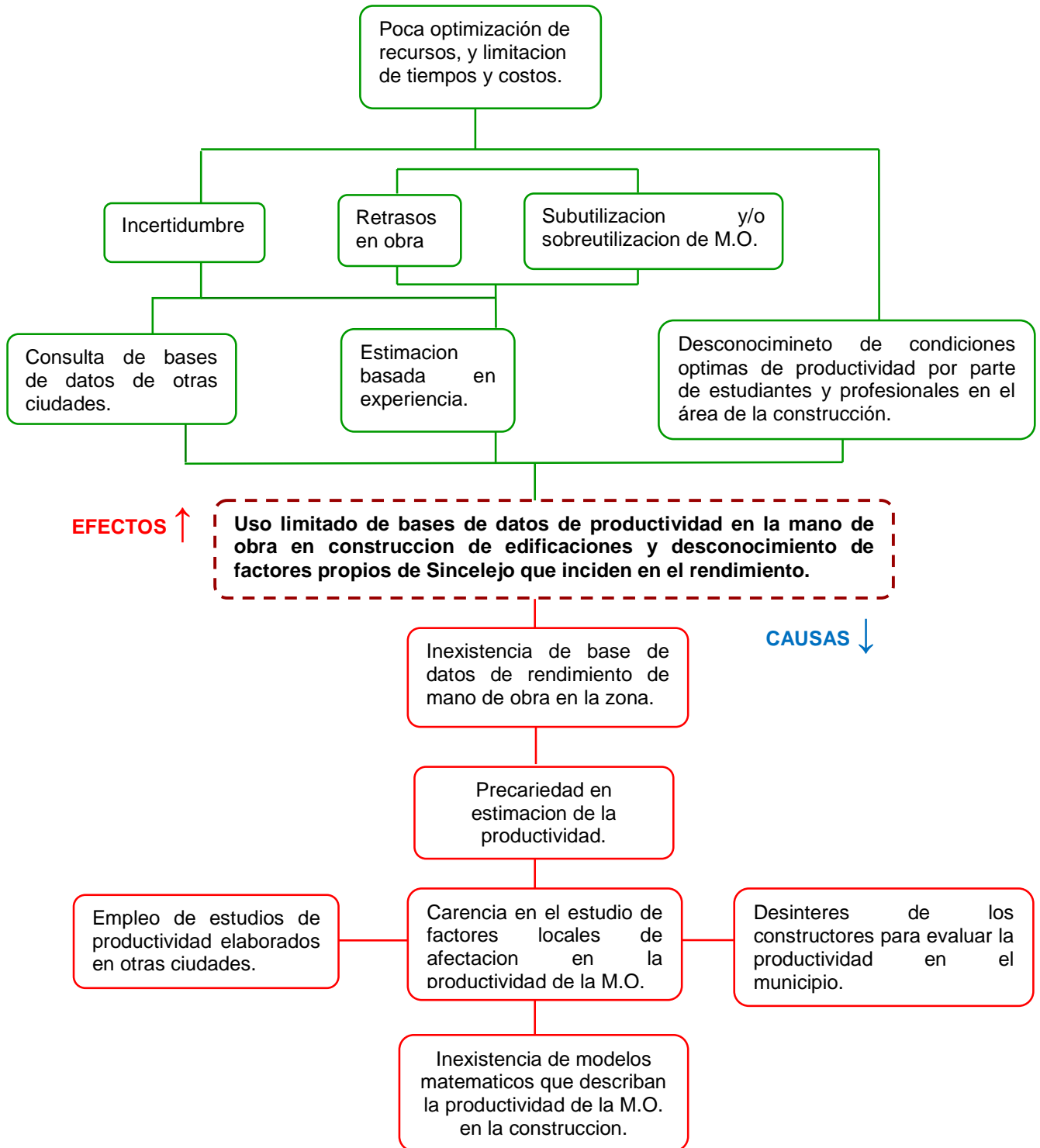
¿Conocen los constructores del municipio de Sincelejo los factores que afectan la productividad y/o rendimiento de la mano de obra?

Los constructores al invertir los recursos de sus proyectos en materiales, mano de obra, maquinarias y equipos buscan obtener día a día mayor productividad al momento de ejecutar las obras; con el uso de las bases de datos sobre rendimientos se enfocan los proyectos al ahorro en tiempo y dinero invertido, dándole así un soporte a la programación de las obras bajo los parámetros de cumplimiento y calidad a fin de obtener la productividad deseada en cada proyecto desarrollado.

Por ésta razón, se hace necesario un análisis de la productividad y/o rendimiento de la mano de obra en la construcción de edificaciones para uso residencial en concreto reforzado en el municipio de Sincelejo – Sucre, indicando la influencia de factores de afectación en la zona. Teniendo en cuenta que son muchos los factores que afectan la productividad, para este estudio se analizarán únicamente clima, experiencia del trabajador, hora de desarrollo de las actividades y nivel de supervisión de la actividad realizada, los cuales abarcan intrínsecamente muchos otros factores, y debido a su mayor prevalencia en este tipo de edificaciones y a que son de fácil medición y evaluación. Con lo cual se pretende obtener como resultado la descripción de un modelo matemático que hará posible la predicción de la productividad de la mano de obra en la construcción de edificaciones y una base de datos que registre mediante evaluación estadística los consumos de mano de obra

en dichas actividades, con la capacidad de actualizarse de manera rápida y sistematizada, dirigida como herramienta de consulta para estudiantes y profesionales dedicados al campo de la construcción de edificaciones que deseen beneficiarse de ella utilizándola como escenario de comparación y a fin de suplir la carencia de este tipo de documentos en la región y así disminuir la incertidumbre por parte de estos al acudir a instrumentos de similares características, que registran productividades de mano de obra en la construcción de edificaciones bajo condiciones climáticas, laborales, socioeconómicas, etc., distintas a las del municipio de Sincelejo – Sucre, lo que ocasiona programaciones con márgenes de error más altos y por ende sobre costos en la ejecución de los proyectos, con lo cual se establece un punto de partida para la optimización de tiempos y costos en las construcciones de la región.

Figura 1. ÁRBOL DEL PROBLEMA



Fuente: Creada por los autores, basada en la investigación

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Analizar la productividad y/o rendimiento de la mano de obra en la construcción de edificaciones de uso residencial en concreto reforzado, a través de la medición directa en proyectos de construcción del municipio de Sincelejo – Sucre, para constituir una base de datos sistematizada y de fácil actualización de acuerdo a las condiciones físicas, económicas, ambientales y socio - culturales de la región.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Identificar y comprender las actividades de una construcción para su evaluación y clasificación.
- Determinar los factores que influyen en la productividad y/o rendimiento de la mano de obra en las edificaciones de uso residencial.
- Registrar las cantidades de obra y el tiempo empleado para efectuarlas en las diferentes construcciones en concreto reforzado de uso residencial.
- Organizar, tabular y evaluar mediante estadística básica los datos por actividad obtenidos en los registros.
- Determinar la correlación entre variables de productividad y/o rendimiento y los factores de afectación.
- Analizar las variables mediante regresión lineal simple o múltiple.
- Establecer una base de datos que permita a estudiantes y profesionales constructores de la región conocer el rendimiento de la mano de obra y su efectividad al aplicarla en sus proyectos.

2. COMPONENTES TEÓRICOS DEL ANÁLISIS DE LA PRODUCTIVIDAD Y/O RENDIMIENTO DE LA MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES.

2.1. ¿QUÉ SE HA INVESTIGADO SOBRE RENDIMIENTO Y CONSUMO DE MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN?

- En el mes de Octubre del año 2002, el arquitecto Luis Fernando Botero publicó su trabajo de investigación como docente de la facultad de ingeniería de la Universidad EAFIT sede Medellín, Colombia titulado “ANÁLISIS DE RENDIMIENTOS Y CONSUMOS DE MANO DE OBRA EN ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN”, es relevante mencionarlo ya que en él se propone la creación de una base de datos que registre los rendimientos del consumo de la mano de obra en actividades de la construcción, y trata además de la existencia de otras bases de datos de similares características y del uso inapropiado que se le da a éstas por parte de los profesionales de la construcción. “A pesar de que en nuestro país existen diferentes bases de datos en las que se describen los diferentes rendimientos y consumos de mano de obra para actividades de construcción, su utilización está condicionada por un alto grado de desconfianza entre los profesionales de la construcción, quienes han modificado sus datos de acuerdo con sus necesidades y conveniencias”²

- La Cámara Colombiana de la Construcción CAMACOL, es una entidad sin ánimo de lucro, cuyo fin ha sido velar por los intereses de los miembros del gremio de la construcción y es así como en el mes de septiembre del año 2000, ésta entidad en sociedad con el SENA publican un trabajo investigativo titulado “**Rendimientos y Consumos de la mano de obra**”, resultado de contratar a las constructoras PSI S.A y GDV INGENIERIA S.A que realizaron

² BOTERO, Luis. Analisis de rendimiento y consumos de la mano de obra en actividades de construccion. En: Revista Universidad EAFIT. N° 128. (Octubre. Noviembre. Diciembre. 2002). P 10.

estudios en proyectos de construcción, obteniéndose como resultado la constitución de una base de datos que registra los rendimientos del consumo de la mano de obra en actividades de la construcción. La metodología empleada fue instaurada por los ingenieros Antonio Cano R y Gustavo Duque V; la cual está constituida por una clasificación de eficiencia en la productividad de la mano de obra, deducción de los factores que afectan el rendimiento, condiciones laborales, sociales y climáticas, clasificación de actividades, recolección de datos, análisis estadístico básico y de regresión, que desde su creación sirve de soporte a las entidades públicas, privadas y a particulares profesionales en el área, para la proyección de tiempos y presupuestos de las obras.³

- La revista Construdata, desde el año 2005 viene realizando encuestas en cuatro ciudades principales de Colombia, Bogotá, Cali, Medellín y Barranquilla, con el objeto de constituir y publicar una base de datos con los registros de los costos de la mano de obra en las diferentes actividades de la construcción, justificando su labor en que tradicionalmente se considera que por lo menos el 25% de los costos directos de una obra corresponden a este rubro⁴. Para lograr el objetivo deseado, la revista programa visitas en cada una de las ciudades principales donde esta cuenta con oficinas, dándole a Bogotá una mayor cobertura por su gran extensión y condición de capital del país, con un promedio anual de entre 10 y 12 proyectos y a las ciudades de Cali, Barranquilla y Medellín un promedio anual de 6 proyectos por ciudad, en cada uno de estos se le suministra a cada contratista una muestra representativa de los análisis unitarios, posteriormente se recopila la información y se tabula electrónicamente, obteniéndose así unos promedios a los cuales se les interpola para mantener una actualización constante y finalmente se realiza la publicación de la base de datos con los resultados en

³ EPM. Base de datos de tesis [Base de datos en línea]. [consultado 1 Sep. 2009]. Disponible en <http://www.eppm.com/.../basesdedatos_cdrom_online.as>

⁴ CONSTRUDATA. Encuesta mano de obra. En: Artículo revista CONSTRUDATA. N°135. (Jun - Agos.2 005).P 16.

resultados definitivos y corregidos, en unidades de hora/hombre por actividad. Este tipo de bases de datos se convierten en una herramienta de fácil acceso para evaluar e impulsar los rendimientos del trabajador al momento de realizar una actividad, porque el contratista obtiene una guía sobre lo que realmente debe pagar en promedio a sus trabajadores, dándoles así motivación, porque se les manifiesta que están devengando lo justo por sus labores.⁵

- En la ingeniería civil, los bajos índices de productividades en la construcción generan repercusiones financieras que hacen que los proyectos inicialmente favorables tiendan a fracasar. Es así como el ingeniero civil Sebastián Arango Correa, en su trabajo de investigación titulado “aportes para el mejoramiento de la productividad en la construcción de edificaciones – time lapse”, comenta la importancia de las herramientas tecnológicas a fin de agilizar los procesos de gestión, programación y seguimiento de las obras. “Alrededor de la industria de la construcción, se plantean mediciones de tiempo en las cuales es posible generar cuantificaciones en cuanto a la productividad, esto se conoce como diagramas de tiempo productivo en los que se diagrama la productividad de trabajo medida en unidades de Hora – Hombre vs tiempo.” Con esta investigación se reitera la necesidad de crear instrumentos de control que permitan registrar los aspectos que inciden en la productividad en las obras de ingeniería y la constitución de bases de datos.⁶

- En el municipio de Sincelejo aunque se ha presentado un crecimiento urbanístico y de infraestructura considerable en los últimos cinco años y aunque en varias ocasiones en el medio de la construcción se han medido los consumos, no ha sido posible hasta la fecha constituir una base de datos confiable dada la particularidad e independencia de cada constructor y el

⁵ CONSTRUADATA. Mano de obra y otros costos. En: Artículo Revistas CONSTRUADATA. N°146. (Mar - May 2008)

⁶ UNIVERSIDAD DE LOS ANDES. Aportes para el mejoramiento de la productividad en la construcción de edificaciones – Time Lapse. Bogotá: Arango, Sebastián. 2006.

desinterés por parte del gremio de la construcción en la ciudad, por compilar información sobre los proyectos desarrollados lo que hace imposible correlacionar los datos debido a la dispersión que poseen.

- Los medios masivos de comunicación del país han tratado en muchos de sus artículos e informes aspectos que involucran al campo laboral y la productividad en las industrias, tal es el caso del diario EL ESPECTADOR, que el 25 de abril de 2008, en uno de sus reportes titulado “la flexibilidad laboral mejora rendimientos de los trabajadores”, publica los resultados de una investigación hecha por la facultad de medicina de la universidad de WAKE FOREST, Aquí el doctor Joseph Grzywacz afirma que “los programas y las políticas que promueven la flexibilidad laboral pueden tener efectos beneficiosos para los trabajadores. Cuanto mayor es esta percepción, menores las bajas laborales y las enfermedades relacionadas con el trabajo y mayor el compromiso con el trabajo”⁷. Asociando esta temática al campo de la construcción se puede inferir que al contar con una programación que le permita al trabajador realizar sus labores de una manera flexible y controlada con respecto a sus capacidades este podrá mejorar su rendimiento al realizar las actividades que se le deleguen logrando en los proyectos la productividad deseada por el programador.

- El comportamiento del sector de la construcción presenta ciclos de expansión y contracción relacionados directamente, entre otros factores, con la demanda del producto, las tasa de interés del mercado financiero, la disponibilidad de recursos y las políticas que ponen en ejecución el gobierno de turno, las que generalmente responden al estímulo para la generación de empleo. Las empresas constructoras, de acuerdo con el ciclo crecen o se contraen, perdiéndose la continuidad de las personas que laboran en ella y,

⁷ EL ESPECTADOR. Mejoramiento de los trabajadores de la construcción. [en línea],[consultado 19 de Oct. 2009]. Disponible en <<http://www.elespectador.com/noticias/actualidad/articulo-flexibilidad-laboral-mejora-rendimiento-de-los-trabajadores-segun-estud.>>

por lo tanto, la continuidad en los esfuerzos por el desarrollo en el área de seguridad. Esta idea expuesta por Patricia Canney⁸, en su trabajo de investigación sobre la seguridad y salud en el trabajo de construcción, refleja los factores a tener en cuenta por las empresas constructoras y que pueden incidir en la productividad de la mano de obra en las actividades de la construcción relacionados con la salud del trabajador y las condiciones laborales que éste presente en el desarrollo de las mismas.

2.2. CONCEPTOS VINCULADOS A LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN

Toda actividad productiva maneja conceptos asociados a una terminología que en compendio describen lo que es el rendimiento. Los conceptos relacionados con rendimientos y consumo de mano de obra en el campo de la construcción son:

- **Fuerza de trabajo:** Está formada por trabajadores, capataces y supervisores. “Los trabajadores a través de sus habilidades y esfuerzos, canalizados individualmente o en cuadrillas dirigidas por capataces supervisores, transforman en una realidad concreta y tangible los proyectos descritos en los planos y especificaciones siguiendo para tales efectos métodos desarrollados por ellos mismos o por los administradores, haciendo uso de los recursos materiales, información, equipos, herramientas y del espacio de trabajo que les son proporcionados”⁹.

- **Actividad:** Serie de acciones, desplazamientos y esperas, ejecutadas en forma continua y metódica, por una cuadrilla de uno o varios

⁸ CANNEY, Patricia. Seguridad y Salud en el trabajo de Construcción – El caso Colombia. ARP SURATEP.1999

⁹ DE SOLMINIHAC T, Hernan. Procesos y técnicas de construcción. 2da ed. Alfaomega. Mexico. P 19.

obreros de diferente especialidad, con el fin de producir, adecuar o ensamblar materiales, con la ayuda de herramientas o equipos, para adelantar un proceso constructivo. La actividad debe ser completa bien sea cerrando un ciclo, terminándola completamente, acabando la obra o permitiendo el inicio de una nueva actividad.

- **Duración:** Lapso de tiempo transcurrido desde el inicio de una actividad y su terminación completa.

Habitualmente los conceptos rendimiento y consumo son confundidos y/o mal interpretados por los estudiantes, ingenieros y arquitectos dedicados al campo de la construcción. Por tal razón, se debe hacer énfasis en el significado de estos términos.

- **Rendimiento de mano de obra:** El rendimiento de la mano de obra en la construcción, se precisa como la cantidad de obra de una actividad cualquiera completamente producida por una cuadrilla de uno o varios operarios de diferente especialidad por unidad de recurso humano. Este rendimiento se expresa comúnmente como unidad de medida de la actividad por hora hombre (um / hH).
- **Consumo de mano de obra:** Se define como la cantidad del recurso humano en horas – hombre, que se emplea por uno o varios operarios de diferente especialidad para ejecutar completamente la cantidad unitaria de alguna actividad. El consumo de la mano de obra se expresa normalmente como horas–Hombre por unidad de medida (hH/um), y corresponde matemáticamente al inverso del rendimiento de la mano de obra.
- **Eficacia:** Capacidad del método o procedimiento para ejecutar una actividad, de cumplir su cometido.

- **Eficiencia:** Características del método o procedimiento para ejecutar una actividad, que lo hace óptimo por el mínimo consumo de los recursos, tiempo y costo, o por el máximo rendimiento de los mismos. La ejecución de una actividad puede hacerse utilizando diferentes métodos eficaces, con distintos grados de eficiencia, pero solo uno de ellos será el más eficiente respecto a alguno de los recursos. La eficiencia en la productividad de la mano de obra, presenta rangos de variación muy amplios que oscilan entre 0% y 100%, entendiéndose como una eficiencia nula al 0% y una máxima eficiencia teórica posible a aquella que llega al 100%.

Según la clasificación realizada por John S. Page en su libro “Estimator’s General Construction Man – Hour Manual” y adoptada por los ingenieros Antonio Cano R y Gustavo Duque V, en su metodología aplicada para conformar la base de datos de CAMACOL y el SENA del año 2000, se considera normal o promedio, el rango de eficiencia entre 61% y 80% por lo tanto se puede definir como el 70% el valor normal e productividad en la mano de obra, valor que puede ser afectado positiva o negativamente por diferentes factores, obteniéndose así rendimientos mayores o menores al promedio respectivamente. (Ver tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de la Eficiencia en la Productividad de la Mano Obra

Eficiencia en la Productividad	Rango
Muy baja	10% - 40%
Baja	41% - 60%
Normal (promedio 70%)	61% - 80%
Alta	81% - 90%
Excelente	91% - 100%

Fuente: “Estimator’s General Construction Man - Hour Manual” – “Rendimientos y Consumos de mano de obra CAMACOL - SENA 2000”.

- **Ciclo:** Repetición de cierto número de acciones dentro del método para ejecutar una actividad.
- **Sub ciclo:** Repetición de algunas acciones dentro de un ciclo en el método para ejecutar una actividad. Pueden presentarse nuevos sub ciclos dentro de un sub ciclo.
- **Factores de afectación:** Conjunto de condiciones y/o circunstancias que de alguna manera pueden afectar la normal ejecución de una actividad.
- **Jefes de Obras:** Los jefes de obras asumen la principal autoridad y responsabilidad en la dirección de las obras que le son asignadas. Suelen tener varias a su cargo cuando éstas no son de gran volumen. Si los centros de trabajo se hallan distanciados de la sede social, el jefe de las obras desempeña, al mismo tiempo, la dirección de la oficina delegada. A esta categoría se vinculan profesionales con niveles de escolaridad alto en el campo de la construcción como ingenieros civiles y arquitectos.
- **Maestros de Obra o Ecargados:** Tiene el mando directo sobre todo el personal operario de la obra o partes de obra en que ejercen sus funciones. Forman el principal enlace jerárquico entre obreros y personal directivo. Poseen los conocimientos técnicos, teórico y prácticos, que les capacitan en sus variadas funciones de organización, dirección y vigilancia de los trabajos; replanteos nivelaciones, mediciones de obra, interpretación de planos; el empleo de la maquinaria, medios auxiliares, entibaciones, andamiajes; comportamiento y dosificación de materiales; formación y rendimiento de equipos; tareas y destajos; normas de seguridad e higiene del

trabajo, etc. Reciben órdenes directas de los jefes de obra, con quienes colaboran en todo momento. En ausencia de aquellos toman su representación y realizan muchos de sus cometidos¹⁰.

- **Oficiales o Encargados de Taller y de Equipos:** Procedentes de los propios niveles operatorios, con conocimientos prácticos de los oficios o especialidades que intervienen en sus secciones y con suficientes dotes de mando para mantener la disciplina, los rendimientos y correcta ejecución práctica de las respectivas actividades, estos empleados constituyen la ramificación directiva externa, el puente final entre los servicios de dirección y el personal obrero¹¹.
- **Obreros o Ayudantes:** En el sector de la construcción, son las persona de menor rango en la escala de mando, empleados por otra persona (jefes de obra, maestro u oficial), que tiene por oficio hacer un trabajo manual específico que requiere generalmente esfuerzo físico.
- **Base de datos (data base):** Cuando se desea compilar información de consulta se da enfoque a constituir lo que se denomina una base de datos, definiéndose así: Una base de datos o banco de datos (en inglés: data base) es un conjunto de datos pertenecientes a un mismo contexto y almacenados sistemáticamente para su posterior uso. En este sentido recolectar, clasificar, tabular, evaluar estadísticamente y consignar los resultados obtenidos de los rendimientos de la mano de obra en la actividades de la construcción de edificaciones constituyen es si una base de datos.

¹⁰ SANCHEZ, Manuel. Organización y metodos funcionales de la moderna empresa constructora. Editores técnicos asociados. Barcelona, España. P 39.

¹¹ Ibid. P 41.

2.3 FACTORES QUE INCIDEN EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES.

En toda actividad productiva existen una serie de factores que afectan considerablemente y de forma directa la productividad de la mano de obra. La construcción de edificaciones no es una excepción y a ella se encuentra vinculadas siete categorías de factores de afectación que a su vez se agrupan en tres conjuntos de factores los cuales abarcan las distintas etapas en el desarrollo de los procesos constructivos¹².

- **Ambiente en que se desarrolla la obra:** Ambiente y economía general.
- **Características de la obra:** Actividad, Equipamiento, Supervisión y Laborales.
- **Propias del trabajador:** Se debe tener en cuenta que los siete grupos principales de factores de afectación cuentan con subfactores intrínsecos encadenados entre si y que en muchos casos son consecuencia o resultados de otros.

La tabla 2, muestra como un factor deriva otros factores a tener en cuenta dentro de la evaluación de la productividad y como cada uno de ellos puede evaluarse de manera particular o asociada con otros factores. Se debe tener presente que la clasificación ilustrada no es una “camisa de fuerza”, más bien es un esquema guía para definir los factores que pueden incidir en un proyecto de acuerdo a las características propias de la zona en donde se tenga proyectada su ejecución.

¹² SENA – CAMACOL. Rendimientos y consumos de mano de obra. Antioquia: Cano, Antonio. Duque V. Gustavo. Septiembre de 2000. P 9.

“Hay muchos factores que afectan la productividad en la construcción. Lo importante para el administrador de una obra es saber cuáles son los más negativos para actuar sobre ellos adecuadamente y disminuir sus consecuencias, y cuáles aportan mayor eficiencia para incrementar su efecto”¹³. Es importante entonces, comprender que la productividad es un estudio extremadamente complejo, debido a la gran cantidad y a las características de los elementos que tienen relación con ella. (Ver figura 2).

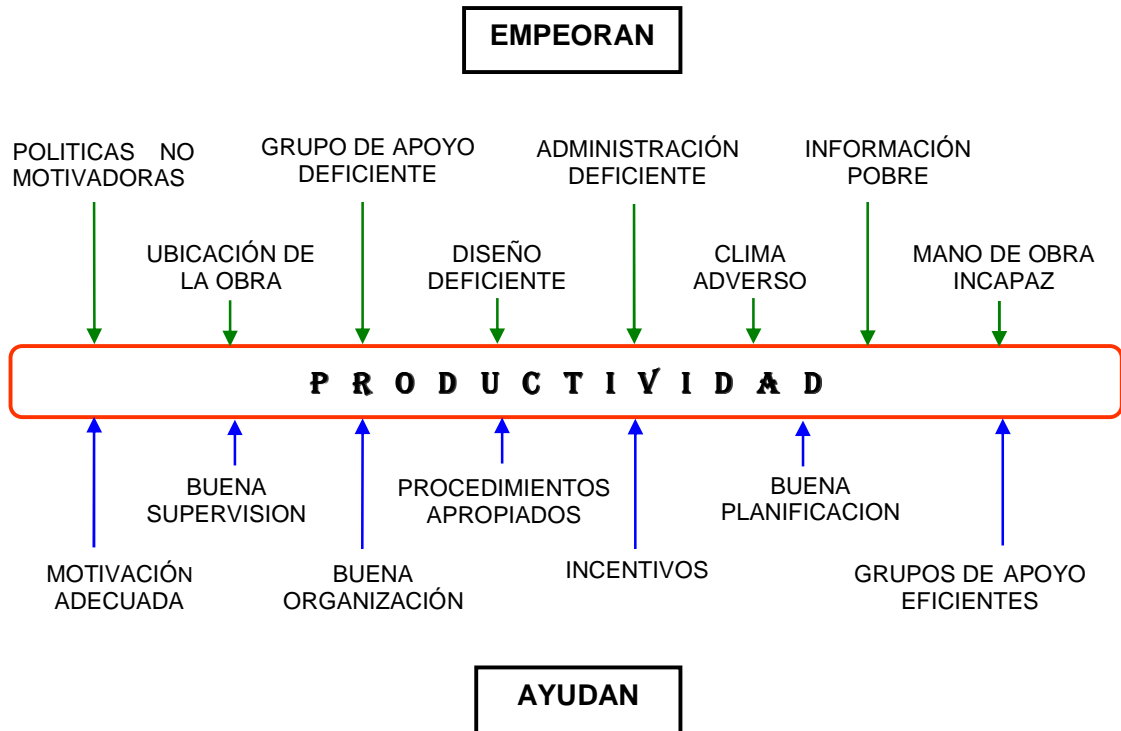
Tabla 2. Factores y Subfactores Que Afectan la Productividad de la Mano de Obra en la Construcción de Edificaciones.

FACTORES	SUBFACTORES
<i>Economía general</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Tendencia de los negocios</i> ▪ <i>Volumen de la construcción</i> ▪ <i>Tasa de desempleo</i>
<i>Laborales</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Disponibilidad de mano de obra calificada</i> ▪ <i>Tipo de contratación</i> ▪ <i>Salarios</i> ▪ <i>Hora de trabajo.</i>
<i>Clima</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Lluvia</i> ▪ <i>Temperatura</i> ▪ <i>Actividades bajo cubierta</i>
<i>Actividad</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Alcance del trabajo</i> ▪ <i>Condiciones del sitio</i> ▪ <i>Suministro de materiales</i> ▪ <i>Actividades manuales o mecanizadas</i>
<i>Equipamiento</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Disponibilidad de herramientas y equipos</i> ▪ <i>Mantenimiento</i>
<i>Supervisión</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Instrucciones</i> ▪ <i>Dirección</i> ▪ <i>Seguimiento de actividades</i>
<i>Trabajador</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Conocimientos</i> ▪ <i>Experiencia</i> ▪ <i>Habilidad</i> ▪ <i>Estado de animo</i>

Fuente: Adaptado por los autores de CANO R. Antonio, DUQUE V. Gustavo. RENDIMIENTOS Y CONSUMOS DE MANO DE OBRA. SENA – CAMACOL. Antioquia.

¹³ SERPELL B, Alfredo. Op. Cit. P 32.

Figura 2. DIAGRAMA DE PRODUCTIVIDAD



Fuente Administración de Operaciones de Construcción.

2.4 EL ROL DEL INGENIERO CIVIL EN LA PRODUCTIVIDAD DE LAS OPERACIONES DE CONSTRUCCIÓN.

Un ingeniero a cargo de un proceso productivo correspondiente a la construcción de una obra, debe principalmente, administrar todas las actividades del sistema productivo a través del cual se transforman los recursos en obras tangibles. Es decir, el ingeniero administra la función de operaciones¹⁴. Así, un administrador de operaciones se convierte en el responsable del estudio de la toma de decisiones en la función de operaciones.

¹⁴ Ibid. P 23.

En la construcción, las decisiones asumidas por el ingeniero, involucran la productividad de la mano de obra, convirtiéndose así en un indicador del éxito de la construcción. Entre estas decisiones, se pueden citar las “críticas” y las decisiones “día a día”. En la primera clasificación se pueden mencionar las decisiones sobre la metodología a usar, sobre el diseño del sistema productivo, modificaciones de diseños en la obra y asignación de recursos de gran volumen. En la segunda categoría, clasifican las decisiones que tiene que ver con la asignación de tareas al personal con que se cuenta, las técnicas para solucionar problemas específicos y la asignación de jornadas laborales.

Por lo tanto, para lograr una óptima productividad de la mano de obra en la construcción, el ingeniero civil debe buscar una superación continua de su desempeño, teniendo en cuenta que en toda labor humana existen imperfecciones que pueden mejorarse a través del tiempo. Es decir, que las decisiones tomadas deben llevarnos al cumplimiento del objetivo de toda obra de construcción, que es lograr su ejecución en la forma más económica posible, en el lapso de tiempo más favorable y con la calidad requerida para cada proyecto.

3. ESTRUCTURA METODOLÓGICA

3.1. DEFINICIÓN DEL TIPO DE INVESTIGACIÓN.

El desarrollo de esta investigación la constituyen dos etapas. La primera etapa, es de tipo descriptivo en donde se aborda un trabajo de campo y oficina con el cual se obtiene el total de la información; esta consiste en la revisión bibliográfica relacionada con la investigación, una encuesta a los constructores del municipio, toma de rendimientos por actividad, estudio y clasificación de los factores que afectan la productividad en la construcción en cada actividad evaluada. La segunda etapa, consiste en un análisis de correlación y regresión empleando la información obtenida en la primera etapa, mediante el empleo de estadística descriptiva e inferencial para el análisis de los datos con el cual se deduce el valor de la productividad respecto a la incidencia de los factores de afectación definidos.

3.2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y DIAGNÓSTICO.

Al desarrollar el proceso metodológico de la investigación, lo primero que se hace es una revisión bibliográfica continua de las temáticas relacionadas con productividad y rendimiento de la mano de obra en actividades vinculadas con la construcción de edificaciones, los factores que la inciden de acuerdo a condiciones socioeconómicas, políticas y ambientales, y que tuviesen en cuenta los aspectos más relevantes dentro del campo de la productividad de la mano de obra y sobre el empleo de metodologías para medir la productividad en Colombia, específicamente la desarrollada por CAMACOL Y EL SENA.

Se llevo a cabo la aplicación y análisis de una encuesta con cinco (5) preguntas cerradas con única respuesta, dirigida a los constructores del

municipio con el objetivo de conocer los antecedentes sobre los factores que afectan la productividad de la mano de obra en la construcción, la medición de dicha productividad y el uso de las bases de datos que consignan los valores del rendimiento y consumo de la mano de obra existentes en el municipio de Sincelejo. (Ver anexos A)

3.3. LOCALIZACIÓN.

El municipio de Sincelejo es la capital del departamento de Sucre, Colombia. Está ubicada al noroeste del país, en la Costa Caribe colombiana. El nombre Sincelejo proviene del cacique Cincel. “*La Capital de la Sabana*” dista 987 km de Bogotá, 459 km de Medellín, 140 km de Montería, 220 km de Barranquilla, 180 km de Cartagena y 40 km de Tolú. La ciudad de Sincelejo, se encuentra ubicada al noroeste del país de 9° 18” latitud norte, 75° 23” latitud oeste del meridiano de Greenwich. Tiene una extensión total de 28.134 ha, con una altura sobre el nivel del mar de 213 msnm y limita al sur con el municipio de Sampués y con el departamento de Córdoba; por el oeste con los municipios de Palmito y Tolú; por el norte con los municipios de Tolú y Tolú Viejo y por el éste con los municipios de Corozal y Morroa. (Ver figura 3).

El clima es cálido seco, con una precipitación promedio anual de 500 a 1200 milímetros; la formación vegetal de acuerdo con Holdridge es de bosque seco tropical. La temperatura media anual está cercana a los 27,15 °C, con una temperatura mínima de 19,7 °C y una temperatura máxima de 35,3 °C. Se aprecia un mayor rango, durante el verano donde hay marcados efectos ocasionados por bajas temperaturas en la madrugada y fuertes calores en la horas de la tarde. Con la llegada de las lluvias tiende a estabilizarse.¹⁵

¹⁵ NUESTRO DEPARTAMENTO. Mapas geográficos. [en línea]. [Consultado 08 Mar. 2010]. Disponible en <<http://www.sincelejo-sucre.gov.co/nuestromunicipio.geografia>>

Figura 3. Municipio de Sincelejo en Colombia.



Fuente: www.sincelejo-sucre.gov.co/nuestromunicipio.geografia

3.4. ACTIVIDADES DE EVALUACIÓN.

Para el desarrollo de la investigación fue necesario realizar una estructura de desagregación (WBS) de las actividades de construcción, debido al gran número de éstas vinculadas al desarrollo de un proyecto de edificación en concreto reforzado para uso residencial.

La WBS, se realizó, teniendo en cuenta en primera instancia, las actividades de mayor incidencia económica dentro del proyecto, por ser estas las de más alto consumo en cuanto a usos de materiales, equipos y mano de obra, las cuales centran en mayor parte la atención del constructor, tal es el caso de las cimentaciones, movimientos de tierras y fundido de concretos. Posteriormente se seleccionaron las actividades de mayor relevancia en cuanto a repeticiones, (Ver anexos B), de tal manera que fuese posible

realizarle un seguimiento continuo en el desarrollo de la productividad. Considerando que las actividades evaluadas deben ser completas, es decir, que cierren un ciclo plenamente, permitiendo el inicio de una nueva actividad o culminando la obra.

En el diseño del instrumento de registro de la productividad en obra se establecen ítems donde se consignan los datos generales de cada proyecto, las características de la actividad a evaluar, la configuración de los grupos de trabajo (cuadrillas) y los tiempos empleados por estos para ejecutar cada actividad. También se evalúan los factores que inciden en la productividad. (Ver anexos C)

Para el registro de los factores de afectación en las obras se realiza una selección, considerando los grupos generales de factores de afectación de la mano de obra y su incidencia en las edificaciones que se desea evaluar conforme a las características propias de la zona en donde se desarrollan, (Ver tabla 2). Así, al evaluar cada uno de los grupos y su incidencia en la construcción de edificaciones para uso residencial en concreto reforzado se obtuvo para el municipio de Sincelejo, el siguiente diagnóstico en donde se justifica la consideración y/o rechazo de los factores a evaluar dentro de la investigación.

Economía general: En el país durante el primer trimestre de 2009, se aprobaron licencias de construcción para 3'032.440 m², 26.9% menos que en el mismo periodo de 2008. En la región Caribe la disminución fue de 26.6% al pasar de 470.014 m² a 354.438m², observándose las mayores disminuciones en viviendas (47.1%), especialmente de estratos medio y alto, en oficina (74.0%) y comercio (31.7%)¹⁶. El municipio de Sincelejo no es

¹⁶ BANCO DE LA REPUBLICA. Boletín económico regional. Región Caribe. 2009.

ajeno a esta realidad regional, teniendo en cuenta que los fuertes económicos del municipio son principalmente actividades en la ganadería y la agricultura, y que la construcción de edificaciones es relativamente baja. Se observa como al instante de contratar personal capacitado para la construcción se facilita su consecución debido a la baja demanda de mano de obra calificada que existe en este campo para el municipio, partiendo de la premisa de que “cuando la economía de una región es normalmente buena, la productividad es estable debido a la gran probabilidad de encontrar personal capacitado para las labores de la construcción”.¹⁷

Al igual que la Economía General, para este estudio, factores como Actividad y Equipamiento, junto con los subfactores que se derivan de ellos se consideraran como poco trascendentales en la afectación de la productividad de las actividades ejecutadas en las edificaciones de uso residencial, ya que dichas actividades desarrolladas se consideraron definidas en su alcance y apoyadas por grupos de trabajo en condiciones idóneas de espacio y asumiendo que el suministro de materiales y equipos es acorde al desarrollo de cada actividad en cuanto a cantidad y calidad.

Para esta investigación se consideran así, dentro de los **Aspectos Laborales**, la ***Hora de Desarrollo de la Actividad*** con una escala de calificación de 1 a 8, considerando una jornada laboral promedio de 8 horas día; En el **Clima** la ***temperatura*** promedio diaria en grados Celsius, con una escala numérica de 1 a 5, con calificación porcentual de 0% a 100%, definida así: (1 = 0% a 20%), (2 = 20% a 40%), (3 = 40% a 60%), (4 = 60% a 80%) y (5 = 80% a 100%), conforme al promedio de temperatura media mensual¹⁸; La **Supervisión** con escala cualitativa baja, media, alta, y escala numérica

¹⁷ SENA – CAMACOL. Op. Cit. P 11.

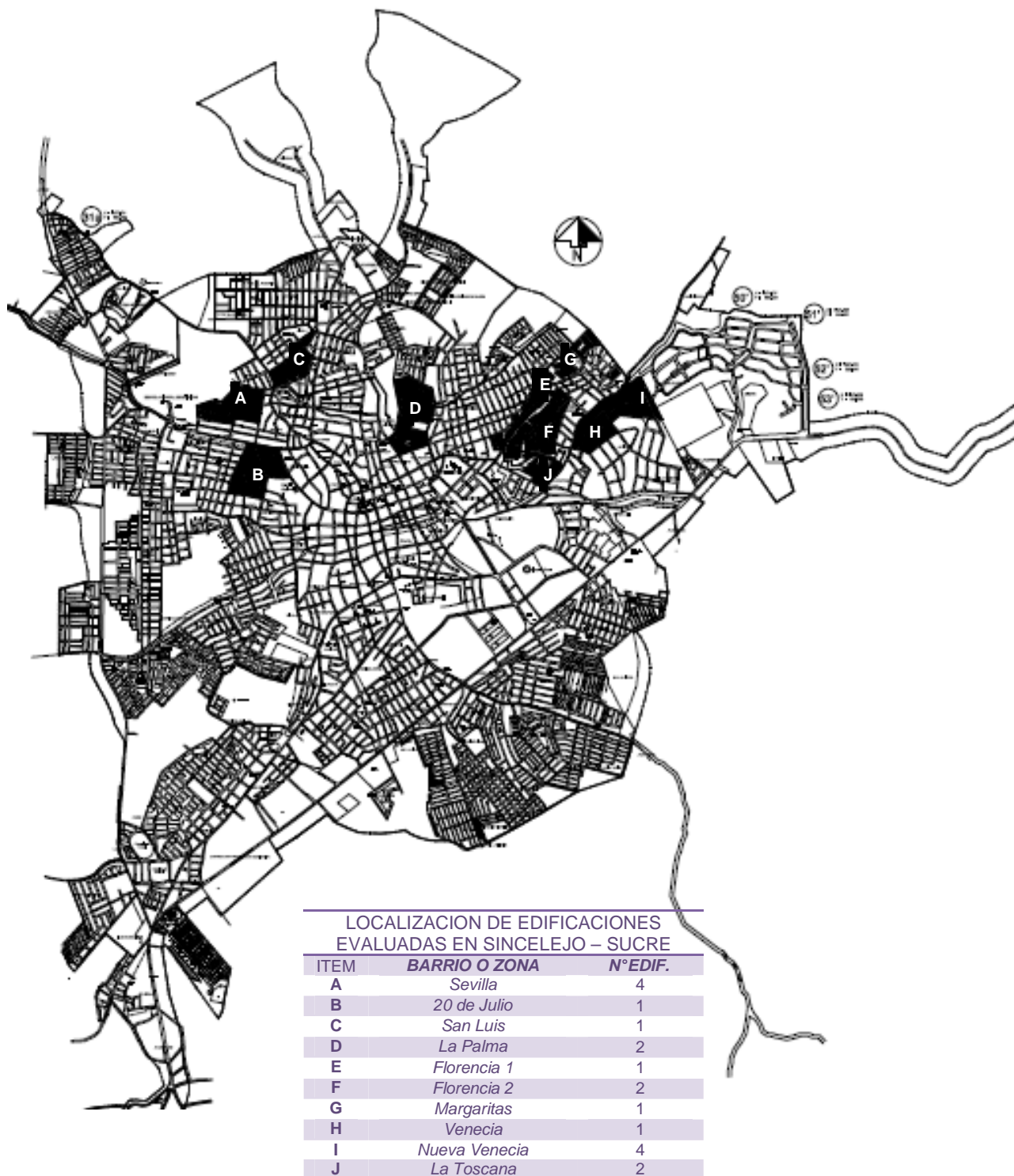
¹⁸ IDEAM. Información meteorológica – Colombia- Sincelejo. [en línea]. [consultado 5 Mar. 2010]. Disponible en <<http://www.ideam.gov.co>>

de 1, 2, 3 respectivamente, y en los factores que inciden sobre el **Trabajador** se tomó en cuenta la **experiencia**, evaluada cualitativa y cuantitativamente como baja a los que poseen una experiencia entre 0 a 1 año, media a los que tienen 1 a 3 años de experiencia y alta a los que poseen una experiencia superior a los 3 años, con una calificación por rango de 1, 2 y 3 correspondientemente, teniendo en cuenta la experiencia promedio por cuadrilla o individual según fuese el caso. Todo realizado mediante la observación estructurada con escala cualitativa y cuantitativa a través del monitoreo de las actividades ejecutadas en las obras de construcción de edificaciones para uso residencial.

Para la recolección y registro de información se tomaron datos sobre edificaciones de uso residencial con licencias legalmente vigentes, otorgadas por las curadurías urbanas municipales (1 y 2), se realizó un sondeo de las obras que se encuentran en desarrollo en el municipio de Sincelejo - Sucre, a fin de programar visitas a las obras previamente seleccionadas y clasificadas.

La selección de las obras a las que les hizo la evaluación de la productividad, se realizó a través de un sondeo en el cual se identificaron proyectos de construcción de edificaciones para uso residencial, las actividades en las que se encontraban y los cronogramas de ejecución de obra. Con lo cual fue posible efectuar una evaluación de las actividades con la programación previa de visitas de inspección para tal fin. Cabe destacar que las evaluaciones de productividad en las edificaciones se realizaron conforme a las programaciones encontradas en cada proyecto. (Ver figura 4).

Figura 4. Mapa de Localización de Proyectos Evaluados en Sincelejo.



Fuente: Adaptada por los autores de mapas del POT de Sincelejo.

3.5. SELECCIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO ESTADÍSTICO

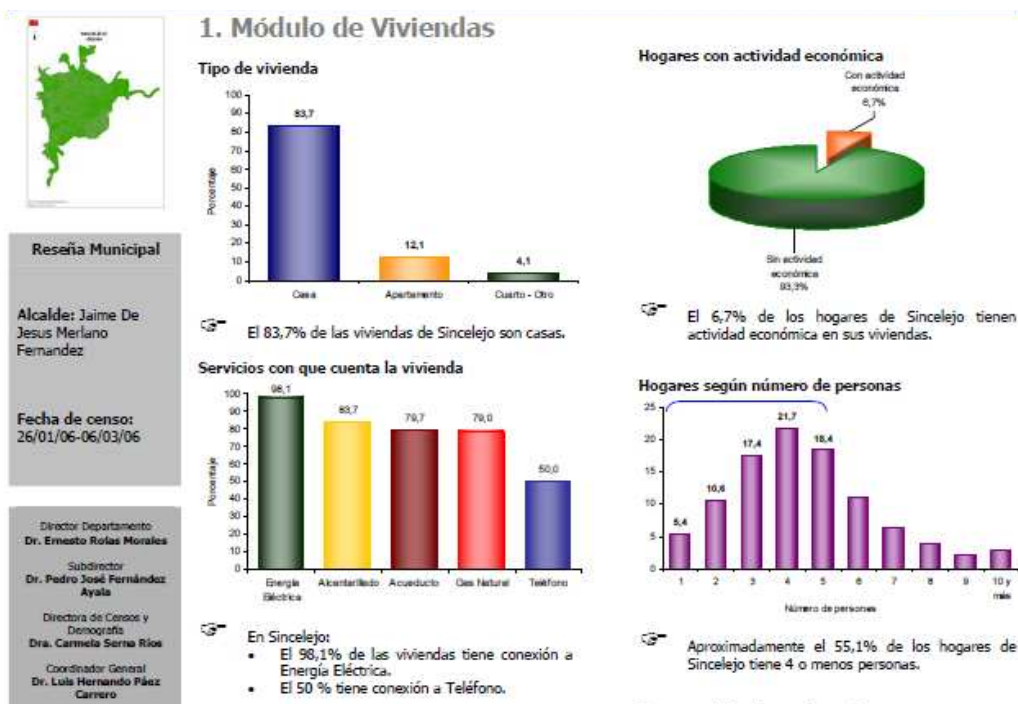
Debido a que el municipio de Sincelejo cuenta en su crecimiento urbanístico con un considerable número de edificaciones de uso residencial¹⁹ (ver figura 5), y a que no existe un registro de los “*proyectos activos*” de construcción de edificaciones. El universo poblacional lo conformaron, de manera general, los proyectos de construcción de edificaciones en concreto reforzado para uso residencial, en la ciudad, partiendo de los datos suministrados por las CURADURÍAS URBANAS 1 y 2, y la SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEACIÓN, teniendo en cuenta el número de licencias vigentes adjudicadas para la construcción de edificaciones de uso residencial en el municipio. Entendiéndose como licencias vigentes a aquellas que tengan una fecha de adjudicación menor o igual a los 3 años²⁰ (ver figura 6).

Partiendo de las definiciones anteriores se debe tener en cuenta que el hecho de que la licencia se encuentre vigente no quiere decir que el proyecto se encuentre activo, es decir en ejecución, por tanto se realizó una selección de edificaciones (en número), que debían ser evaluadas y simultáneamente la muestra representativa de lecturas de productividad que debían tomarse por actividad, a las cuales se les efectuó un análisis estadístico descriptivo, calculando los parámetros básicos de las muestras como son la media, la moda, la mediana, la varianza, la desviación estándar y curtosis, procesados en hojas de cálculo de EXCEL y exportados al programa STATPLUS 2.0.

¹⁹ DANE. Boletín censo general 2005, perfil Sincelejo – Sucre. [en línea]. [consultado 5 de Mar. 2010]. Disponible en <<http://www.dane.gov.co/encuestasincelejo>>

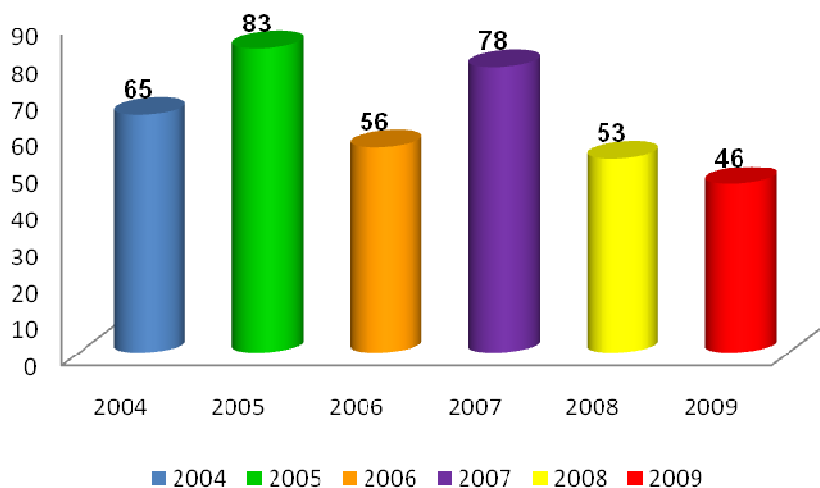
²⁰ Curadurías urbanas 1 y 2 del municipio de Sincelejo y Secretaría municipal de planeación de Sincelejo.

Figura 5. Encuesta DANE 2006 – Modulo de vivienda



Fuente: www.dane.gov.co

Figura 6. Licencias de Construcción en la Modalidad de Obra Nueva de Uso Residencial Expedidas Desde el Año 2004 Hasta el Año 2009.



Fuente: Curadurías urbanas 1 y 2, y Secretaría municipal de planeación de Sincelajo.

La evaluación de la información obtenida, se complementó con el análisis de distribución normal de muestras, el cual se evaluó mediante el criterio de que la kurtosis y el sesgo deben estar en rangos entre -2 y 2, a fin de evitar la invalidación de la prueba estadística con respecto a la desviación estándar, definiéndose así, si era o no necesario eliminar datos extremos²¹.

Si después del análisis estadístico primario se obtuviesen datos de la productividad y/o rendimiento de la mano de obra que se alejaran de una distribución normal, se procedió a eliminar los datos extremos, con el fin de abarcar mínimo el 86.64% de los datos obtenidos, utilizando el siguiente criterio²²:

- Límite superior = $L_s = \text{Cuartil Superior} + 1.5 * \text{Desviación estándar}$.

- Límite inferior = $L_i = \text{Cuartil Superior} - 1.5 * \text{Desviación estándar}$.

Así, eliminados los datos por encima del límite superior y por debajo del límite inferior se procedió a verificar, sin datos extremos, que la productividad y/o rendimiento obtenido correspondiera a una distribución normal o Gaussiana.

Posteriormente se verificó la correlación, entre la variable dependiente (**consumo**) y las variables independientes (**factores de afectación**), empleando el **Coefficiente de Correlación (r)** como indicador de interdependencia de dos variables aleatorias en los rangos de $(-1 \leq r \leq -0.5)$ y $(0.5 \leq r \leq 1)$, en cada actividad evaluada y el valor de la prueba estadística (probabilidad de que se cumpla la hipótesis nula). De lo que se obtuvo una matriz de correlaciones, donde su calificación fue de 1 para los factores que

²¹ MARTÍNEZ BENCARDINO, CIRO. Estadística y Muestreo. Ecoe. 9ª ed. Santafe de Bogota, D.C. 1998. P 149.

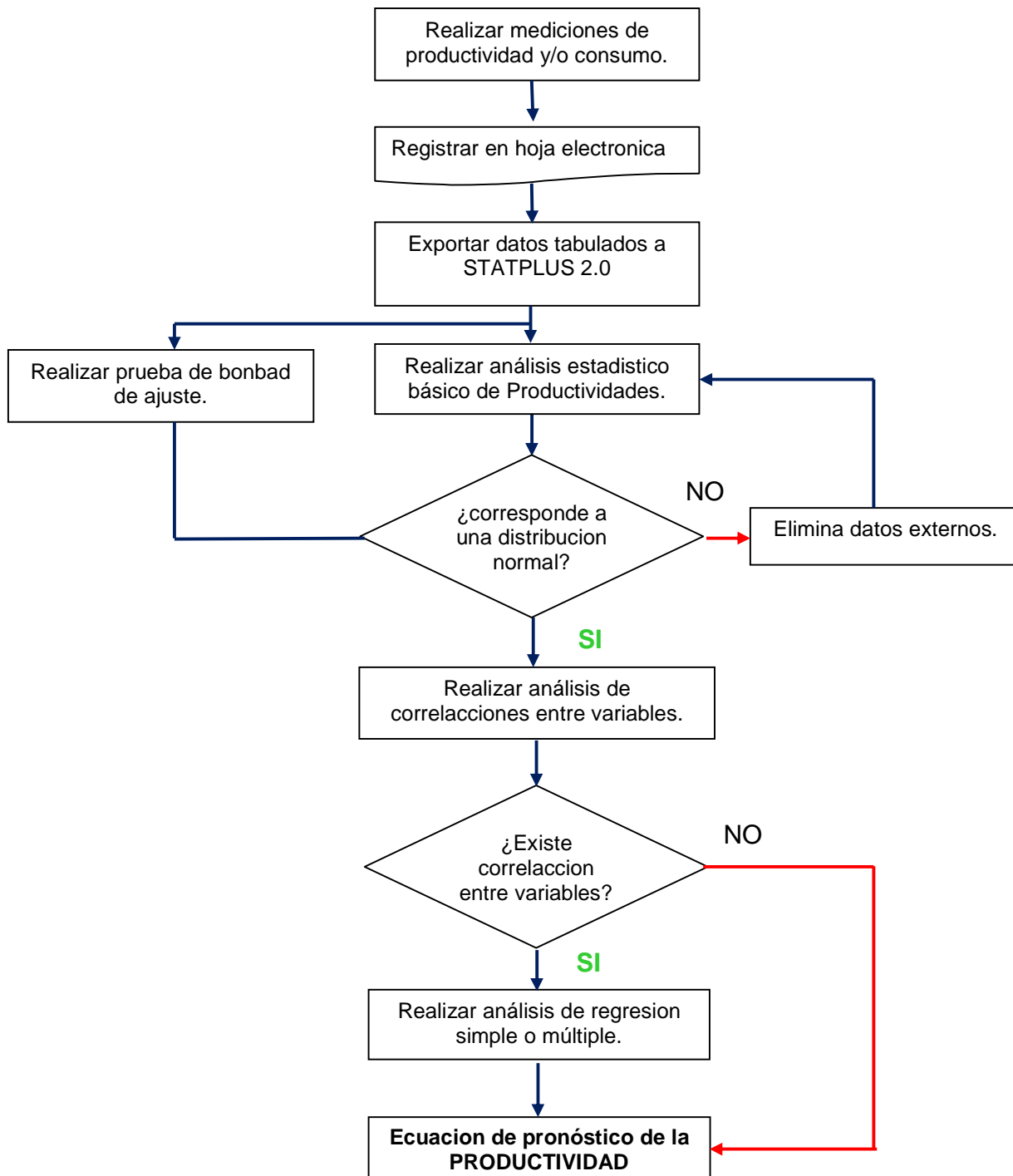
²² Ibid. P 149.

se correlacionen directamente con la productividad, -1 para los que se correlacionan inversamente y 0 para el caso en que no se presenta correlación alguna entre variables. (Ver tabla 4)

Por último, con la ayuda del programa STATPLUS 2.0 se logró establecer la regresión lineal simple o múltiple, de la forma $C = b + a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_nX_n$, siendo C el consumo de la mano de obra en hH/Unid, X_n las variables de afectación, a_n los coeficientes de dichas variables y b el intercepto de la curva de rendimiento. Obedeciendo a la matriz de correlaciones, con lo cual fue posible realizar predicciones, basadas en ecuaciones matemáticas que vinculan la productividad de la mano de obra (variable dependiente) y los factores que influyen en ella (variables independientes). (Ver figura 7).

En esta investigación, se empleó el método de regresión lineal simple y múltiple dentro del análisis multivariante de datos, debido a la practicidad que este ofrece para modelar el comportamiento de la interdependencia entre las variables de afectación estudiadas consideradas como variables independientes y la productividad de la mano de obra en su condición de variable dependiente.

Figura 7. Descripción del Proceso de Análisis Estadístico.



Fuente: Adaptada por los autores.

3.6. SELECCIÓN DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA

Partiendo de que la población estudio la constituyen los proyectos de las edificaciones en concreto reforzado para uso residencial, con licencia de construcción vigente (hasta 3 años después de su adjudicación), se plantea un criterio de homogeneidad, queriendo decir que “en cualquier sector de la ciudad se encontraran proyectos afines a la investigación, donde se tomen lecturas de rendimientos de mano de obra por actividad y éstas no presentarán características diferentes”. Se determinó un análisis de **muestreo aleatorio estratificado** tomando como base una **población finita**. Partiendo de las expresiones²³:

$$n_0 = \left(\frac{z}{\varepsilon} \right)^2 * p * q$$
$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}}$$

Donde:

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, ($p = 1 - q$).

²³ TRIOLA, Mario F. Estadística Elemental. Adisson Wesley Logman, ed 7. Mexico. 2000.

Debido a la escasa información confiable del número exacto de edificaciones para uso residencial en concreto reforzado que se encuentran en desarrollo en el municipio, se asumen los siguientes valores:

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

$$E = 10\% = 0.10$$

$$q = 0.05$$

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

N, equivale al número de licencias estimadas como vigentes por no exceder en tres años la fecha de adjudicación. Para este caso se tomó la suma de las licencias otorgadas desde el año 2006 hasta el año 2008 y el 50% de las licencias del año 2009. (Ver figura 6), por tanto:

$$N = 56 + 78 + 53 + 0.5 * 46 = 210 \text{ licencias vigentes.}$$

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

$$n_0 = (1.64 / 0.10)^2 \times 0.95 \times 0.05 = 12.78$$

$$n = 12.78 / [1 + (12.78 / 210)] = 12.04 \approx 12 \text{ “proyectos activos”}$$

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**²⁴.

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

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

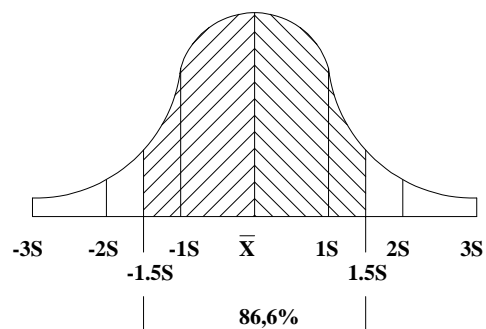
²⁴ MARTÍNEZ. Op Cit. P 729.

$z_{(\alpha/2)}$ = Coeficiente de confianza, que es determinado por el intervalo de confianza.

σ = 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 8).

Figura 8. Distribución Normal



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

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 $E = z_{(\alpha / 2)} * \sigma / \sqrt{(n)}^{25}$, y despejando n , se obtiene:

$$\text{➤ } n = (z_{(\alpha/2)} * \sigma / E)^2$$

$$\text{➤ } n = (z_{(\alpha/2)} / E)^2 * P * Q$$

²⁵ JOHNSON, Richard A. *Probabilidad y Estadística para Ingenieros de Miller y Freund*, ed 5. Prentice Hall. Mexico. 2007. P 221.

Donde:

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** = $1 - 0.8664 = 0.1336$

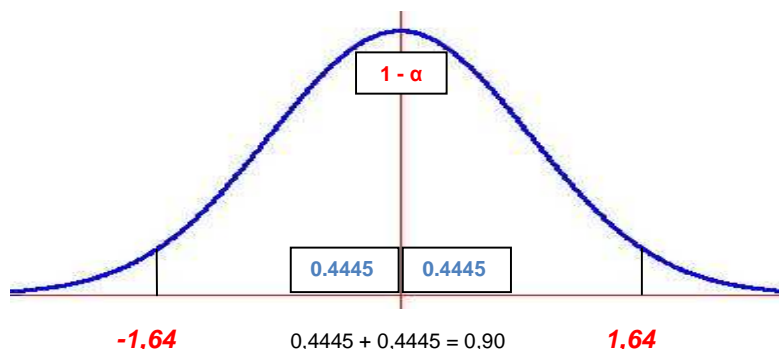
Para una confianza del 90%, es decir nivel de confianza $1 - \alpha = 0.90$, se obtiene un coeficiente de confianza $z_{(\alpha/2)} = 1.64$. Así el valor de 1.64 define el intervalo de **-1.64 a 1.64** que junto con la distribución normal enmarcan un área de $1 - \alpha = 0.90$. (Ver figura 9)²⁶

Reemplazando los valores de **E**, $z_{(\alpha/2)}$, **P** y **Q** se obtiene:

- **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.

²⁶ Adaptada por los autores de MARTÍNEZ BENCARDINO, CIRO. *Estadística y Muestreo*. Ecoe. 9ª ed. Santafé de Bogotá, D.C. 1998.

Figura 9. 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 productividad por actividad evaluada).

La investigación se enfoca en el estudio de las edificaciones para uso residencial en concreto reforzado, especialmente en la medición directa y determinación estadística de las productividades de la mano de obra que se pueden lograr en el desarrollo de este tipo de edificaciones en el municipio de Sincelejo, teniendo en cuenta la incidencia de su valor en los costos de programación y ejecución en los proyectos de esta clase y convirtiéndose en un referente a través de una base de datos constituida como herramienta de consulta para la disminución de la incertidumbre en la programación y presupuesto de obras por parte de estudiantes y profesionales dedicados al campo de la construcción de edificaciones.

4. RESULTADOS

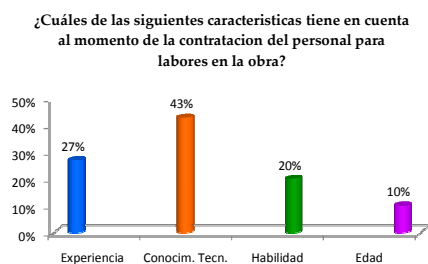
4.1. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Finalizadas las etapas de recolección, tabulación y evaluación de las productividades e incidencia de factores de afectación de la mano de obra en la construcción de edificaciones en concreto reforzado para uso residencial en el municipio de Sincelejo - Sucre, se presentan a continuación los resultados obtenidos:

4.1.1. Encuesta Realizada a Constructores de Edificaciones en Concreto Reforzado para Uso Residencial en el Municipio de Sincelejo.

Se muestran los resultados en porcentajes de la encuesta efectuada a constructores de edificaciones en concreto reforzado para uso residencial en el municipio de Sincelejo – Sucre.

Figura 10. Encuesta ítem 1.

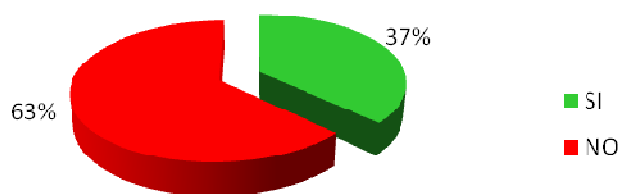


Fuente: Resultados de la encuesta.

Los constructores del municipio al momento de la contratación del personal que trabajará en la obra tienen en cuenta en un 43% los conocimientos técnicos, un 27% la experiencia, 20% la habilidad y tan solo un 10% consideran la edad del personal como requisito para la contratación.

Figura 11. Encuesta ítem 2.

¿Conoce usted que factores influyen en la productividad de la mano de obra?

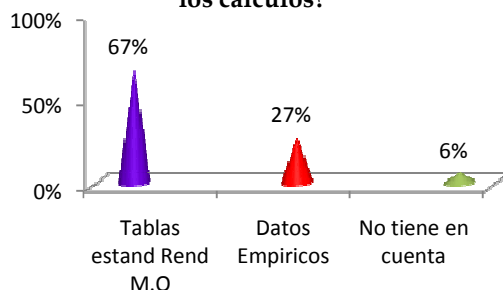


Fuente: Resultados de la encuesta.

En cuanto al conocimiento de los factores que inciden en la productividad de la mano de obra en las actividades de la construcción de edificaciones, los constructores responsables manifestaron desconocimiento de dichos factores un 63%, mientras que un 37% afirmaron tener conocimientos sobre éstos.

Figura 12. Encuesta Item 3.

Al momento de programar las actividades en obra ¿Cuáles de estas herramientas emplea para los cálculos?

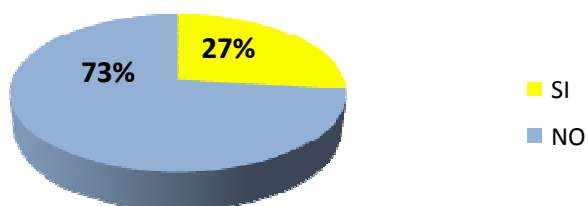


Fuente: Resultados de la encuesta.

La programación de las actividades en obra constituye el eje central para el adecuado desarrollo de los proyectos de construcción. En el municipio de Sincelejo, los constructores en un 67% emplean herramientas de programación como tablas estándares de rendimiento de mano de obra, aunque en la mayoría de los casos desconocen su procedencia o cómo fueron constituidas; un 27% recurre a la experiencia adquirida para determinar el tiempo de ejecución de las actividades y un 6% no consideran la programación de las actividades como algo relevante en el desarrollo de los proyectos.

Figura 13. Encuesta ítem 4.

¿Ha medido usted el rendimiento de sus cuadrillas?

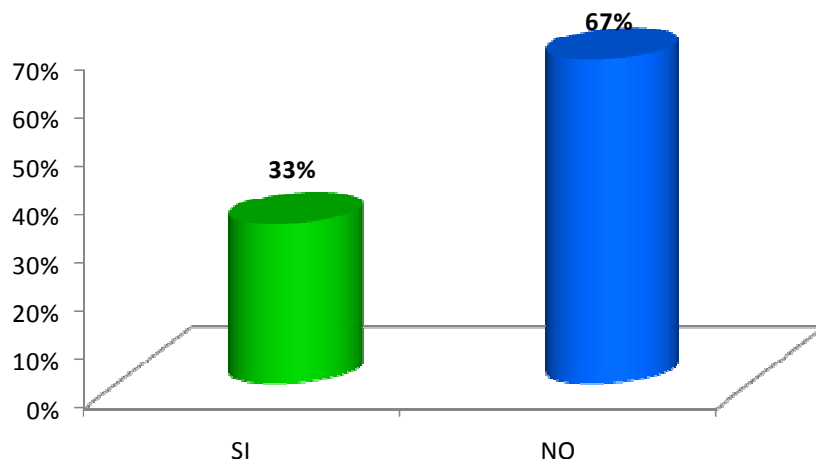


Fuente: Resultados de la encuesta.

La medición del rendimiento de las cuadrillas de trabajo en actividades de la construcción de edificaciones, muestra el escaso interés de los constructores por este tipo de registros ya que un 73% de ellos no efectúan seguimientos que hagan posible la medición y tan solo un 27% realiza controles para determinar los rendimientos de los grupos de trabajo en algunas actividades.

Figura 14. Encuesta ítem 5.

¿Sabe usted si en Sincelejo se cuenta con una base de datos de Rend M.O en la construcción de edificaciones?



Fuente: Resultados de la encuesta.

Los constructores del municipio de Sincelejo manifiestan en un 67% desconocer la existencia de una fuente de consulta o base de datos (propia del municipio) que registre el rendimiento de la mano de obra en la construcción. Caso contrario sucede con el 33% de éstos que afirman tener conocimiento de documentos con registros de consumos de mano de obra.

4.1.2. Evaluación Estadística Descriptiva de la Productividad.

La evaluación estadística descriptiva se muestra en forma de tabla resumen, haciendo énfasis en los parámetros estadísticos de mayor trascendencia para el estudio y respectivo análisis de la productividad como son la media, la varianza, la desviación estándar, curtosis y la asimetría o sesgo. (Ver tabla 3)

Tabla 3. Análisis Estadístico Descriptivo.

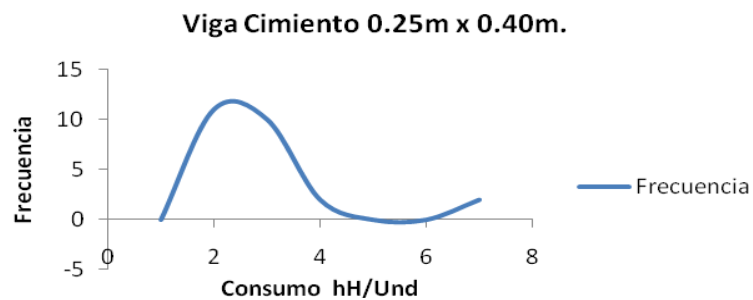
CAP	SUBCAP	DESCRIPCION	RESUMEN ESTADISTICO DESCRIPTIVO					
			UND	\bar{x}	σ^2	σ	K	A
1		PRELIMINARES						
	1.1.	Limpieza y Descapote manual h=0.30m	m ²	0.254	0.003	0.051	-1.096	0.144
	1.2.	Retiro de sobrantes hasta 30m promedio	m ³	0.783	0.028	0.166	-0.965	-0.381
	1.3.	Cerramiento plástico- fique 1 x 1.5m	m ²	0.158	0.001	0.030	-0.040	0.223
	1.4.	Cerramiento en zinc-lamina N°6 – 0.92 x 2m	m ²	0.219	0.002	0.041	0.069	0.848
	1.5.	Trazado y replanteo	m ²	0.106	0.001	0.028	-0.652	0.209
2		EXCAVACIONES						
h=1 m	2.1.	Suelo comun – poco compacto	m ³	1.241	0.028	0.168	0.017	-0.658
	2.2.	Suelo heterogéneo seco – medio	m ³	1.680	0.059	0.243	0.650	0.961
	2.3.	Suelo heterogéneo seco – mucha roca	m ³	2.271	0.156	0.395	-1.108	-0.012
h=2 m	2.4.	Suelo común – poco compacto	m ³	1.580	0.045	0.212	-0.020	-0.717
	2.5.	Suelo heterogéneo seco – medio	m ³	2.520	0.133	0.364	0.650	0.961
	2.6.	Suelo heterogéneo seco – mucha roca	m ³	3.861	0.450	0.671	-1.108	-0.012
3		FUNDICIÓN EN HORMIGON ARMADO						
	3.1.	Cimentaciones						
	3.1.1.	Solados e = 5 cm	m ³	0.330	0.002	0.048	1.299	1.123
	3.1.2.	Fundido de pedestal 0.30 x 0.30 x 0.50 m	m ³	0.476	0.017	0.129	-0.741	0.641
	3.1.3.	Zapatas 1.2 x 1.2 x 0.4 m	m ³	0.965	0.052	0.229	-1.005	0.210
	3.1.4.	Viga cimienta 0.25 x 0.40 m	ml	0.265	0.0003	0.018	-0.035	0.770
	3.2.	Estructuras						
	3.2.1.	Columnas de hasta 0.3m x 0.3m x 2.2 m	ml	0.439	0.001	0.030	0.376	-1.177
	3.2.2.	Machones de hasta 0.10m x 0.20m.	ml	0.244	0.001	0.036	0.746	1.307
	3.2.3.	Viga de entrepiso de hasta 0.25m x 0.40.	ml	0.245	0.003	0.058	2.535	1.418
	3.2.4.	Viga guardera de hasta 0.10m x 0.20m.	ml	0.171	0.0004	0.021	-0.560	-0.198
	3.2.5.	Loza de entrepisos aligerada	m ²	0.269	0.010	0.099	1.024	0.756

4		MUROS						
	4.1	Levante de muro – Bloque 0.09m.	m ²	0.243	0.003	0.052	-0.036	0.446
	4.2	Levante de muro – Bloque 0.15m.	m ²	0.298	0.001	0.028	0.762	0.663
	4.3	Levante de muro con bloque a la vista	m ²	0.349	0.001	0.031	0.863	0.857
	4.4	Levante muro para mojinete (Cuchillas).	m ²	0.333	0.0004	0.021	1.238	0.753
	4.5	Levante muro sobrecimiento – Bloque 0.15m.	ml	0.093	0.001	0.023	-0.948	0.039
5		PISOS Y ACABADOS						
	5.1	Pisos						
	5.1.1	Plantilla para piso e = 0.05m.	m ²	0.086	0.0001	0.009	-1.168	0.338
	5.1.2	Revoque de plantilla 0.025m. – mortero 1:5.	m ²	0.061	0.0002	0.013	1.462	1.052
	5.1.3	Piso para baño (Cerámica común)	m ²	0.338	0.002	0.041	-0.348	0.008
	5.1.4	Pared baño y cocina (Cerámica común).	m ²	0.794	0.012	0.109	-0.721	0.019
	5.1.5	Piso general (Cerámica común)	m ²	0.257	0.001	0.034	-0.545	-0.102
	5.2	Acabados						
	5.2.1	Pañete para muro e = 0.025m.	m ²	0.297	0.002	0.045	1.095	-1.268
	5.2.2	Pañete loza e = 0.025 m	m ²	0.339	0.0004	0.020	-0.477	-0.757
	5.2.3	Acabado muro veneciano	m ²	0.798	0.013	0.114	-0.653	-0.068
	5.2.4	Revoque yeso- estucado	m ²	0.221	0.001	0.025	-1.031	-0.179
	5.2.5	Pintura acrilica	m ²	0.383	0.110	0.331	-1.287	0.661
6		INSTALACIONES HIDRAULICAS Y SANITAR						
	6.1	Juego de baño	Ud	1.816	0.076	0.276	-0.639	0.392
	6.2	Punto Hidro Sanitaria – PVC 1/2" – 2"	Ud	0.365	0.005	0.071	-0.596	0.654
	6.3	Punto Hidro Sanitaria – PVC 3" – 4"	Ud	0.613	0.011	0.105	-0.743	0.687
	6.4	Red Hidraulica (Agua potable) – PVC 1/2" – 2"	ml	0.174	0.002	0.041	-1.925	0.319
	6.5	Red Hidraulica (Agua potable) – PVC 3" – 4"	ml	0.281	0.006	0.076	-1.932	0.365
	6.6	Box colver (Caja de Registro)	m ²	4.184	0.567	0.753	-0.213	-0.324
7		INSTALACIONES ELECTRICAS						
	7.1	Puntos electricos	Ud	0.613	0.011	0.105	-0.743	0.687
	7.2	Red electrica interna (en tuberia)	ml	0.220	0.001	0.037	0.009	-0.924

	7.3	Red electrica externa	ml	0.168	0.001	0.033	1.092	0.929
	7.4	Aparatos electricos	Ud	1.397	0.119	0.345	-0.665	-0.831
8		CUBIERTAS						
	8.1	Asbesto cemento	Ud	0.268	0.004	0.066	-1.446	0.462
	8.2	Cielo raso yeso carton	m ²	0.813	0.019	0.137	-1.327	-0.117
	8.3	Cielo raso icopor	m ²	0.320	0.003	0.050	-1.748	0.349
9		CARPINTERIA METALICA Y DE MADERA						
	9.1	Puertas	m ²	1.5	0	0	0	0
	9.2	Ventanas	m ²	1.25	0	0	0	0
	9.3	Rejas	m ²	0.25	0	0	0	0
10		CAPITULOS ESPECIALES						
A		CONCRETOS						
	A 1	Concreto manual 1.2.3 - 3000 PSI	m ³	2.431	0.119	0.345	-0.959	0.309
	A 2	Concreto 1.2.3 – 3000 PSI Mezcladora	m ³	0.120	0.0005	0.022	-0.876	-0.400
B		MORTERO						
	B 1	Mortero de pega 1:5.	m ³	1.193	0.023	0.153	0.104	0.092
C		ACEROS						
	C 1	Corte, doblado y amarre de Acero.	Kg.	0.081	0.0004	0.020	-1.484	0.045
D		FORMALETAS Y/O ENCOFRADOS						
	D 1	Formaleta metalica.	m ²	0.278	0.002	0.039	1.567	1.353
	D 2	Formaleta en madera.	m ²	0.856	0.016	0.128	0.531	0.735
	D 3	Encofrado para loza aligerada.	m ²	0.864	0.044	0.209	-1.096	0.192
	D 4	Encofrado para viga guardera.	m ²	0.108	0.001	0.033	-0.019	0.862
	D 5	Caseton en icopor.	m ²	0.168	0.0005	0.022	0.687	0.662
E		DESENCOFRADO O DESIMBRADO						
	E 1	Desencofrado de viga guardera.	m ²	0.073	0.0001	0.011	-1.371	-0.426
	E 2	Desencofrado de loza aligerada	m ²	0.140	0.002	0.039	-2.004	-0.001
F		CURADO						
	F 1	Curado con agua potable	m ²	0.053	0.0001	0.012	-1.098	-0.191

La curtosis (k) y la asimetría (A) son medidas de apuntamiento dentro del análisis de la distribución normal de datos y oscilan en un intervalo de aceptación para dicha distribución de $(-2 \leq k \leq 2)$ y $(-2 \leq A \leq 2)$. Bajo éstos parámetros se evaluaron los datos de productividad de la mano de obra en las actividades efectuadas en la construcción de edificaciones. Sin embargo, se presentaron casos que no cumplieron tal criterio y fue necesario eliminar datos extremos a fin de lograr su convergencia dentro del rango establecido; entre estos casos tenemos:

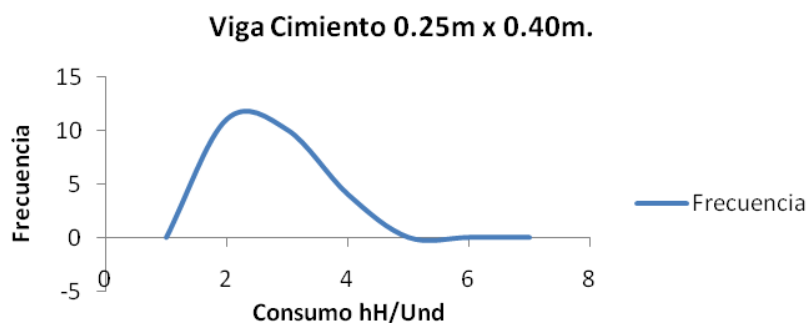
Figura 15. Ejemplo de Kurtosis y Asimetría Desfasadas.



Fuente: Análisis Estadístico Descriptiva.

En este caso la curtosis registró un valor de $k = 3.709$ el cual manifiesta dentro de la curva de distribución normal un apuntamiento muy elevado o leptocúrtico, además la asimetría registra un valor muy cercano a 2 ($A = 1.912$), lo cual se refleja en el estiramiento hacia la derecha de la línea de frecuencias que describe el consumo.

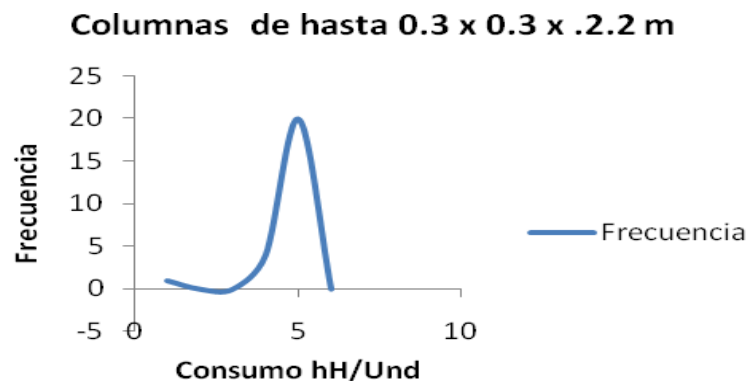
Figura 16. Ejemplo de Kurtosis y Asimetría en la Distribución Normal.



Fuente: Análisis Estadístico Descriptiva.

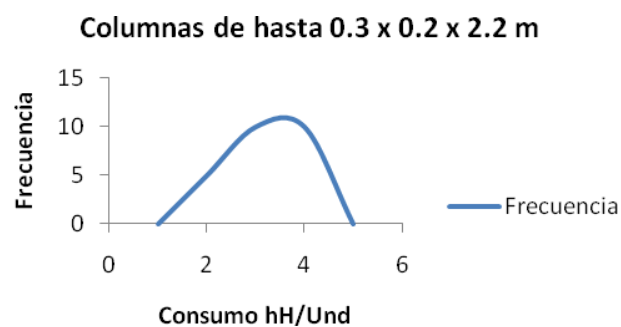
De otra forma, al proceder con la eliminación de los datos extremos del registro de consumo de mano de obra efectuado, conforme a la metodología establecida, se observa como la curtosis disminuye simultáneamente con la asimetría, registrando valores de $k = -0.0315$ y $A = 0.770$ respectivamente, indicando una reducción del apuntamiento de frecuencias convirtiendo la curva de distribución en mesocúrtica o normalizada. Se puede observar también como la asimetría hacia la derecha de la curva de frecuencias disminuye casi en su totalidad

Figura 17. Ejemplo de Kurtosis y Asimetría Desfasadas.



Fuente: Analisis Estadistico Descriptivo.

Figura 18. Ejemplo de Kurtosis y Asimetría en la Distribucion Normal



Fuente: Análisis Estadístico Descriptiva

Las gráficas anteriores muestran otro ejemplo claro de la incidencia de la curtosis y el sesgo, en el apuntamiento de la curva de frecuencia acorde a la distribución normal. En la figura 17 se observa como la curva de frecuencias muestra un alto apuntamiento leptocurtico con curtosis $k = 12.58$ y $A = - 3.25$ (obtenidas del análisis estadístico descriptivo), lo que manifiesta el sesgo hacia la izquierda en la curva de frecuencias. Sin embargo, cuando se efectúa la eliminación de datos extremos en el registro de consumos, bajo los criterios expuestos en la metodología, se puede observar en la figura 18, la normalización de la curva de frecuencias, con $k = 0.376$ y $A = - 1.177$, satisfaciendo así los criterios para la evaluación de los datos obtenidos de consumo de mano de obra en la actividad.

4.1.3. Matriz de Correlaciones Definida para las Variables Dependiente e Independiente.

En cada una de las actividades evaluadas se efectuó un análisis de correlación entre la variable dependiente (consumo) y las variables independientes (factores de afectación), empleando el coeficiente de correlación (r) como indicador de interdependencia de dos variables aleatorias, en los rangos de $(-1 \leq r \leq -0.5)$ y $(0.5 \geq r \leq 1)$. En la tabla siguiente se muestran los resultados de las correlaciones obtenidas, denotando con el número **1** a las variables que se correlacionan directamente, **-1** las que lo hacen inversamente y con el número **0** a las que presentan correlación nula. (Ver tabla 4).

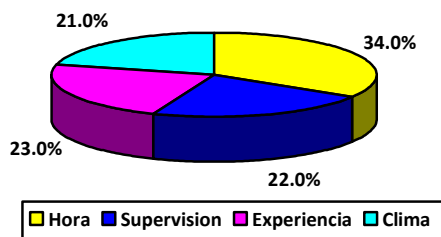
**Tabla 4. MATRIZ DE CORRELACIONES
PRODUCTIVIDAD Vs FACTORES DE AFECTACIÓN**

CAP	SUBCAP	DESCRIPCION	FACTORES DE AFECTACIÓN				
			UND	HORA	SUPERVISION	EXPERIENCIA	CLIMA
1		PRELIMINARES					
	1.1.	Limpieza y Descapote manual h=0.30m	m ²	1	0	0	1
	1.2.	Retiro de sobrantes hasta 30m promedio	m ³	1	0	0	1
	1.3.	Cerramiento plástico- fique 1 x 1.5m	m ²	1	0	0	1
	1.4.	Cerramiento en zinc-lámina N°6 – 0.92 x 2m	m ²	1	0	-1	1
	1.5.	Trazado y replanteo	m ²	1	0	-1	1
2		EXCAVACIONES					
h=1 m	2.1.	Suelo común – poco compacto	m ³	1	0	0	1
	2.2.	Suelo heterogeneo seco – medio	m ³	1	0	0	1
	2.3.	Suelo heterogéneo seco – mucha roca	m ³	1	0	0	1
h=2 m	2.4	Suelo comun – poco compacto	m ³	1	0	0	1
	2.5	Suelo heterogéneo seco – medio	m ³	1	0	0	1
	2.6	Suelo heterogéneo seco – mucha roca	m ³	1	0	0	1
3		FUNDICIÓN EN HORMIGON ARMADO					
	3.1.	<i>Cimentaciones</i>					
	3.1.1.	Solados e = 5 cm	m ³	1	-1	0	1
	3.1.2.	Fundido de pedestal 0.30 x 0.30 x 0.50m	m ³	1	0	0	1
	3.1.3.	Zapatas 1.2 x 1.2 x 0.4 m	m ³	1	-1	0	1
	3.1.4.	Viga cimienta 0.25 x 0.40 m	ml	1	-1	0	1
	3.2.	<i>Estructuras</i>					
	3.2.1.	Columnas de hasta 0.3m x 0.3m x 2.2 m	ml	1	-1	0	1
	3.2.2	Machones de hasta 0.10m x 0.20m.	ml	1	-1	0	1
	3.2.3	Viga de entrepiso de hasta 0.25m x 0.40.	ml	1	-1	0	1
	3.2.4	Viga guardera de hasta 0.10m x 0.20m.	ml	1	0	-1	0
	3.2.5	Loza de entrepisos aligerada	m ²	0	-1	0	0

4		MUROS					
	4.1	Levante de muro – Bloque 0.09m.	m ²	1	-1	-1	1
	4.2	Levante de muro – Bloque 0.15m.	m ²	1	0	-1	1
	4.3	Levante de muro con bloque a la vista	m ²	1	0	-1	1
	4.4	Levante muro para mojinete (Cuchillas).	m ²	1	-1	0	1
	4.5	Levante muro sobrecimiento – Bloque 0.15m.	ml	1	-1	0	1
5		PISOS Y ACABADOS					
	5.1	Pisos					
	5.1.1	Plantilla para piso e = 0.05m.	m ²	1	0	-1	0
	5.1.2	Reboque de plantilla 0.025m. – mortero 1:5.	m ²	1	0	-1	0
	5.1.3	Piso para baño (Cerámica común)	m ²	1	-1	-1	0
	5.1.4	Pared baño y cocina (Cerámica común).	m ²	1	0	-1	0
	5.1.5	Piso general (Cerámica común)	m ²	1	0	-1	0
	5.2	Acabados					
	5.2.1	Pañete para muro e = 0.025m.	m ²	1	-1	0	0
	5.2.2	Pañete loza e = 0.025 m	m ²	1	-1	0	0
	5.2.3	Acabado muro veneciano	m ²	1	-1	-1	0
	5.2.4	Revoque yeso- estucado	m ²	1	-1	-1	0
	5.2.5	Pintura acrílica	m ²	1	0	-1	0
6		INSTALACIONES HIDRAULICAS Y SANITAR					
	6.1	Juego de baño	ud	0	-1	-1	0
	6.2	Punto Hidro Sanitariia – PVC 1/2” – 2”	Ud	0	0	-1	0
	6.3	Punto Hidro Sanitariia – PVC 3” – 4”	ud	0	0	-1	0
	6.4	Red Hidráulica (Agua potable) – PVC 1/2” – 2”	ml	1	-1	-1	0
	6.5	Red Hidráulica (Agua potable) – PVC 3” – 4”	ml	1	-1	-1	0
	6.6	Box colver (Caja de Registro)	m ²	1	-1	0	1
7		INSTALACIONES ELECTRICAS					
	7.1	Puntos eléctricos	ud	0	0	-1	0
	7.2	Red eléctrica interna (en tubería)	ml	0	0	-1	0
	7.3	Red eléctrica externa	ml	1	0	-1	0

	7.4	Aparatos eléctricos	ud	1	0	-1	0
8		CUBIERTAS					
	8.1	Asbesto cemento (tejas)	m ²	1	-1	0	1
	8.2	Cielo raso en yeso carton	m ²	0	0	-1	0
	8.3	Cielo raso en ícopor	m ²	0	0	-1	0
9		CARPINTERIA METALICA Y DE MADERA					
	9.1	Puertas	m ²	0	0	-1	0
	9.2	Ventanas	m ²	0	0	-1	0
	9.3	Rejas	m ²	0	0	-1	0
10		CAPITULOS ESPECIALES					
A		CONCRETOS					
	A 1	Concreto manual 1.2.3 - 3000 PSI	m ³	1	-1	0	1
	A 2	Concreto 1.2.3 – 3000 PSI Mezcladora	m ³	0	-1	0	0
B		MORTERO					
	B 1	Mortero de pega 1:5.	m ³	1	-1	0	1
C		ACEROS					
	C 1	Corte, doblado y amarre de Acero.	Kg.	0	0	-1	0
D		FORMALETAS Y/O ENCOFRADOS					
	D 1	Formaleta metálica.	m ²	0	-1	0	0
	D 2	Formaleta en madera.	m ²	1	-1	0	0
	D 3	Encofrado para loza aligerada.	m ²	0	-1	0	0
	D 4	Encofrado para viga guardera.	m ²	0	0	0	0
	D 5	Caseton en icopor.	m ²	0	-1	0	0
E		DESENCOFRADO O DESIMBRADO					
	E 1	Desencofrado de viga guardera.	m ²	0	0	0	0
	E 2	Desencofrado de loza aligerada	m ²	0	-1	0	0
F		CURADO					
	F 1	Curado con agua potable	m ²	0	0	0	0

Figura 19: Correlación de los Factores de Afectación Sobre la Productividad de La Mano de Obra en la Construcción.

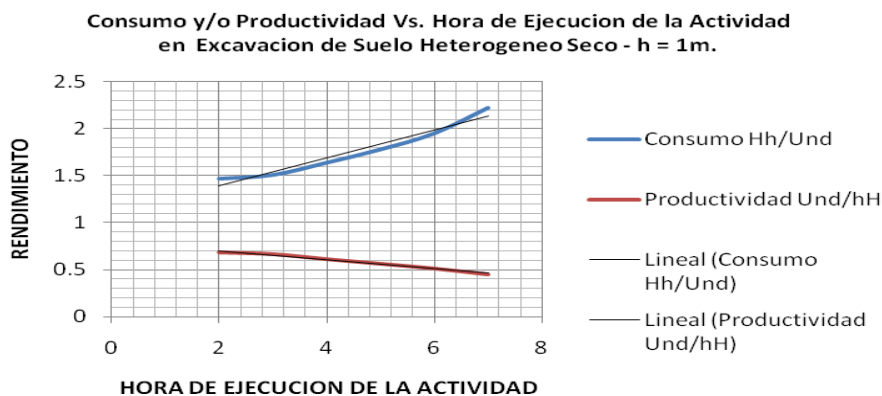


Fuente: Resultados de Correlaciones

El factor de afectación que mayor correlación presenta con respecto a la productividad es la hora a la cual se efectúa la actividad con un 34.0%. Por otra parte el clima, la supervisión y la experiencia se correlacionan de manera aproximadamente equitativa en la mayoría de las actividades de la construcción de edificaciones con porcentajes de 21.0%, 22.0% y 23.0% respectivamente.

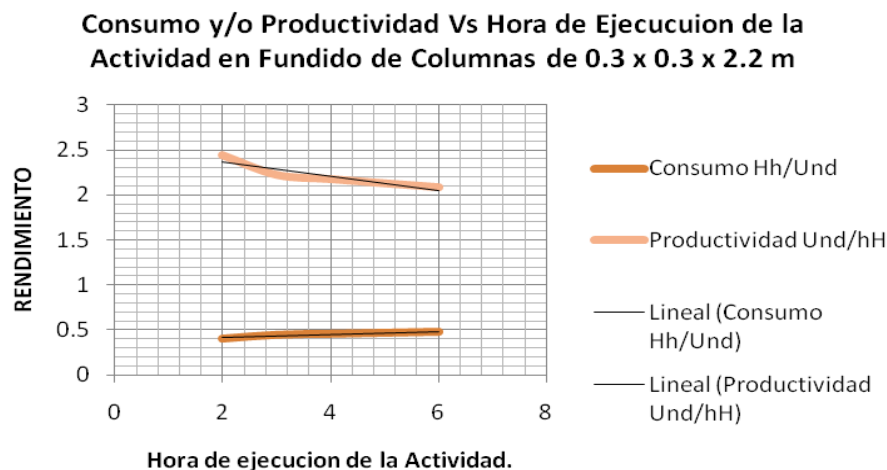
Tomando como base la alta correlación obtenida entre los consumos de la mano de obra en la construcción y la hora en la cual se efectúan las actividades se muestran curvas de rendimiento Vs. hora del día, a fin de analizar la variación de la productividad con respecto al horario de ejecución de las actividades.

Figura 20. Rendimiento y/o Consumo Vs. Hora de la Excavación Manual en Suelo Heterogéneo Seco – h = 1m.



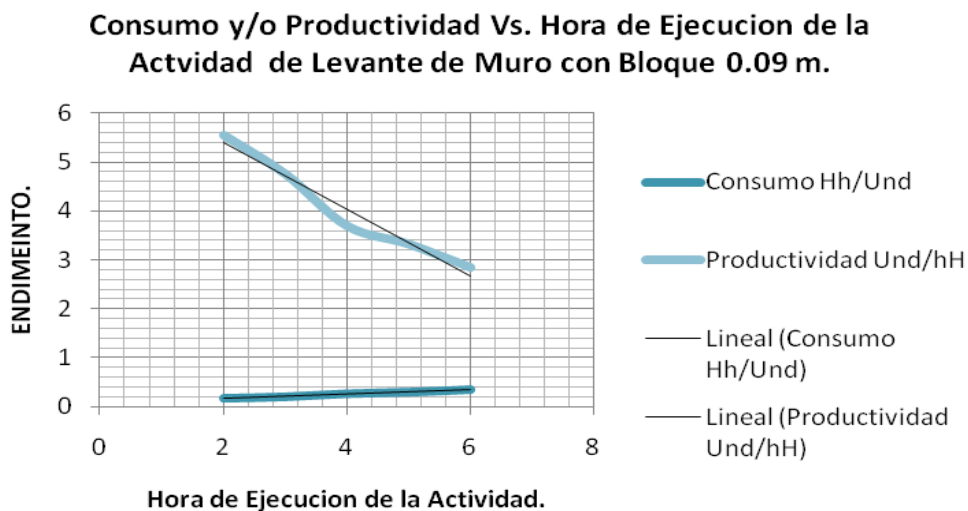
Fuente: Análisis Estadístico Descriptivo.

Figura 21. Rendimiento y/o Consumo Vs. Hora del Fundido de Columnas de 0.30 x 0.30 x 2.20 m.



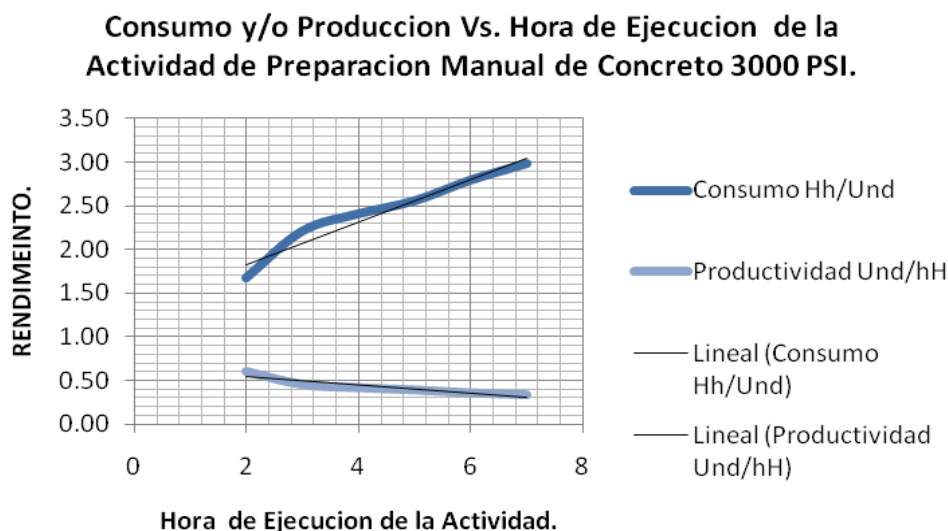
Fuente: Análisis Estadístico Descriptivo.

Figura 22. Rendimiento y/o Consumo Vs. Hora del Levante de Muro con Bloque 0.09 m.



Fuente: Analisis Estadístico Descriptivo.

Figura 22. Rendimiento y/o Consumo Vs. Hora de la Preparación Manual de Concreto de 3000 PSI.



Fuente: Análisis Estadístico Descriptivo.

En las figuras 19 a 22, se muestran los resultados de variación presentes en el consumo y/o rendimiento de la mano de obra en las actividades de la construcción de edificaciones, con respecto al transcurso de la hora en que se desarrollan. Las actividades ilustradas como ejemplos, vinculan activamente la participación de la mano de obra para su adecuado desarrollo.

4.1.4. Base de Datos

Partiendo del análisis estadístico descriptivo, ajustado conforme a una distribución normal de los datos obtenidos para el consumo de la mano de obra en la construcción de edificaciones, se muestran los resultados estándares de la productividad (**Und. / hH.**), y el consumo de la mano de obra (**hH. / Und.**), junto con los valores óptimos (cuando la cuadrilla de trabajo es más eficiente) y pésimos (cuando la cuadrilla de trabajo es menos eficiente) de dicho consumo, y la especificación de las cuadrillas empleadas

en la ejecución de las actividades evaluadas, estableciendo así una base de datos. (Ver tabla 5).

4.1.5. Análisis de Regresión

Un análisis de regresión lineal simple o múltiple permite establecer modelos de ecuaciones que describen matemáticamente la relación que se presenta entre el valor medio o esperado del consumo de la mano de obra como variable dependiente y los factores de afectación en su condición de variables independientes. En la tabla 6, se muestran los modelos de regresión lineal que permiten realizar la predicción del consumo de la mano de obra en la construcción de edificaciones.

Tabla 5. BASE DE DATOS

CAP	SUB CAP	DESCRIPCION	UND	PRODUCTIVIDAD	CONSUMO	OPTIMO	PESIMO	CUADRILLA		
				UND/hH	hH/und	hH/und	hH/und	O	A	M
1		PRELIMINARES								
	1.1.	Limpieza y Descapote manual h=0.30m	m ²	3,937	0.254	0.168	0.338	0	2	0
	1.2.	Retiro de sobrantes hasta 30m promedio	m ³	1,277	0.783	0.500	1.028	0	2	0
	1.3.	Cerramiento plástico - fique 1 x 1.5m	m ²	6,329	0.158	0.094	0.225	1	2	0
	1.4.	Cerramiento en zinc-lámina N°6 – 0.92 x 2m	m ²	4,566	0.219	0.150	0.308	1	2	0
	1.5.	Trazado y replanteo	m ²	9,434	0.106	0.060	0.162	1	2	0
	1.6.	Campamento	m ²	10% a 15% del área total del proyecto						
2		EXCAVACIONES								
h=1 m	2.1.	Suelo común – poco compacto	m ³	0,806	1.241	0.900	1.528	0	2	0
	2.2.	Suelo heterogéneo seco – medio	m ³	0,595	1.680	1.333	2.333	0	2	0
	2.3.	Suelo heterogéneo seco – mucha roca	m ³	0,440	2.271	1.552	2.983	0	2	0
h=2 m	2.4	Suelo común – poco compacto.	m ³	0,633	1.580	1.125	1.910	0	2	0
	2.5	Suelo heterogéneo seco – medio.	m ³	0,397	2.520	2.000	3.500	0	2	0
	2.6	Suelo heterogéneo seco – mucha roca.	m ³	0,259	3.861	2.639	5.072	0	2	0
3		FUNDICIÓN EN HORMIGON ARMADO								
	3.1.	Cimentaciones								
	3.1.1.	Solados e = 5 cm	m ³	3,030	0.330	0.267	0.450	1	2	0
	3.1.2.	Fundido de pedestal 0.30 x 0.30 x 0.50m	m ³	2,101	0.476	0.300	0.750	1	3	0
	3.1.3.	Zapatas 1.2 x 1.2 x 0.4 m	m ³	1,036	0.965	0.660	1.400	1	3	0
	3.1.4.	Viga cimientto 0.25 x 0.40 m	ml	3,774	0.265	0.243	0.300	1	2	0
	3.2.	Estructuras								
	3.2.1.	Columnas de hasta 0.3m x 0.3m x 2.2 m	ml	2,278	0.439	0.367	0.477	1	2	0
	3.2.2	Machones de hasta 0.10m x 0.20m.	ml	4,098	0.244	0.195	0.335	1	2	0
	3.2.3	Viga de entrepiso de hasta 0.25m x 0.40.	ml	4,082	0.245	0.152	0.400	1	3	0
	3.2.4	Viga guardera de hasta 0.10m x 0.20m.	ml	5,848	0.171	0.125	0.208	1	2	0
	3.2.5	Loza de entrepisos aligerada	m ²	3,717	0.269	0.133	0.533	1	6	1

4		MUROS								
	4.1	Levante de muro – Bloque 0.09m.	m ²	4,115	0.243	0.162	0.362	1	1	0
	4.2	Levante de muro – Bloque 0.15m.	m ²	3,356	0.298	0.250	0.370	1	1	0
	4.3	Levante de muro con bloque a la vista	m ²	2,865	0.349	0.300	0.420	1	1	0
	4.4	Levante muro para mojinete (Cuchillas).	m ²	3,003	0.333	0.300	0.390	1	1	0
	4.5	Levante muro sobre cimiento – Bloque 0.15m.	ml	10,753	0.093	0.053	0.139	1	1	0
5		PISOS Y ACABADOS								
	5.1	Pisos								
	5.1.1	Plantilla para piso e = 0.05m.	m ²	11,628	0.086	0.072	0.101	1	3	0
	5.1.2	Revoque de plantilla 0.025m. – mortero 1:5.	m ²	16,393	0.061	0.042	0.098	0	2	0
	5.1.3	Piso para baño (Cerámica común)	m ²	2,959	0.338	0.267	0.400	1	2	0
	5.1.4	Pared baño y cocina (Cerámica común).	m ²	1,259	0.794	0.615	1.000	0	2	0
	5.1.5	Piso general (Cerámica común)	m ²	3,891	0.257	0.200	0.317	1	1	0
	5.2	Acabados								
	5.2.1	Pañete para muro e = 0.025m.	m ²	3,367	0.297	0.178	0.348	0	2	0
	5.2.2	Pañete loza e = 0.025 m	m ²	2,950	0.339	0.298	0.364	0	2	0
	5.2.3	Acabado muro veneciano	m ²	1,253	0.798	0.615	1.000	1	1	0
	5.2.4	Revoque yeso- estucado	m ²	4,525	0.221	0.179	0.257	1	1	0
	5.2.5	Pintura acrílica	m ²	2,611	0.383	0.105	0.950	0	2	0
6		INSTALACIONES HIDRAULICAS Y SANITARIAS								
	6.1	Juego de baño	ud	0,551	1.816	1.330	2.286	1	1	0
	6.2	Punto Hidro Sanitaria – PVC 1/2" – 2"	Ud	2,740	0.365	0.286	0.500	0	2	0
	6.3	Punto Hidro Sanitaria – PVC 3" – 4"	ud	1,631	0.613	0.500	0.800	0	2	0
	6.4	Red Hidráulica (Agua potable) – PVC 1/2" – 2"	ml	5,747	0.174	0.133	0.224	1	1	0
	6.5	Red Hidráulica (Agua potable) – PVC 3" – 4"	ml	3,559	0.281	0.205	0.374	1	1	0
	6.6	Box colver (Caja de Registro)	m ²	0,239	4.184	2.750	5.330	0	2	0
7		INSTALACIONES ELECTRICAS								
	7.1	Puntos eléctricos	ud	1,631	0.613	0.500	0.800	1	1	0

	7.2	Red eléctrica interna (en tubería)	ml	4,545	0.220	0.150	0.280	1	1	0
	7.3	Red eléctrica externa	ml	5,952	0.168	0.120	0.260	1	1	0
	7.4	Aparatos eléctricos	ud	0,716	1.397	0.750	1.780	1	1	0
8		CUBIERTAS								
	8.1	Asbesto cemento	ud	3,731	0.268	0.200	0.380	1	1	0
	8.2	Cielo raso yeso cartón		1,230	0.813	0.588	1.000	1	1	0
	8.3	Cielo raso icopor		3,125	0.320	0.263	0.394	1	1	0
9		CARPINTERIA METALICA Y DE MADERA								
	9.1	Puertas	m ²	0.667	1.500			1	1	0
	9.2	Ventanas	m ²	0.800	1.250			1	1	0
	9.3	Rejas	m ²	4.000	0.250			1	1	0
10		CAPITULOS ESPECIALES								
A		CONCRETOS								
	A 1	Concreto manual 1.2.3 - 3000 PSI	m ³	0,411	2.431	1.865	3.030	0	4	0
	A 2	Concreto 1.2.3 – 3000 PSI Mezcladora	m ³	8,333	0.120	0.083	0.15	1	1	0
B		MORTERO								
	B 1	Mortero de pega 1:5.	m ³	0,838	1.193	0.900	1.550	1	1	0
C		ACEROS								
	C 1	Corte, doblado y amarre de Acero.	Kg.	12,346	0.081	0.053	0.115	1	1	0
D		FORMALETAS Y/O ENCOFRADOS								
	D 1	Formaleta metálica.	m ²	3,597	0.278	0.227	0.380	1	2	1
	D 2	Formaleta en madera.	m ²	1,168	0.856	0.625	1.150	0	2	0
	D 3	Encofrado para loza aligerada.	m ²	1,157	0.864	0.568	1.185	1	2	0
	D 4	Encofrado para viga guardera.	m ²	9,259	0.108	0.060	0.180	0	2	0
	D 5	Casetón en icopor.	m ²	5,952	0.168	0.140	0.230	0	2	0
E		DESENCOFRADO O DESIMBRADO								
	E 1	Desencofrado de viga guardera.	m ²	13,699	0.073	0.057	0.083	0	2	0
	E 2	Desencofrado de loza aligerada	m ²	7,143	0.140	0.096	0.187	1	1	0
F		CURADO								
	F 1	Curado con agua potable	m ²	18,868	0.053	0.030	0.070	1	1	0

Tabla 6. ECUACIONES DE REGRESIÓN PARA LA PREDICCIÓN DEL CONSUMO DE MANO DE OBRA

CAP	SUB CAP	DESCRIPCIÓN	UND	ECUACIÓN
				CONSUMO (hH/und)
1		PRELIMINARES		
	1.1.	Limpieza y Descapote manual h=0.30m	m ²	$C = 0.0964 + 0.0272 A + 0.0032 D$
	1.2.	Retiro de sobrantes hasta 30m promedio	m ³	$C = 0.3487 + 0.0568 A + 0.0599 D$
	1.3.	Cerramiento plástico- fique 1 x 1.5m	m ²	$C = 0.0991 + 0.01433 A + 0.0026 D$
	1.4.	Cerramiento en zinc-lámina N°6 – 0.92 x 2m	m ²	$C = 0.3440 + 0.0078 A - 0.0608 B - 0.0116 D$
	1.5.	Trazado y replanteo	m ²	$C = 0.1139 + 0.0049 A - 0.0212 B + 0.0067 D$
	1.6.	Campamento	m ²	10% a 15% del área total del proyecto.
2		EXCAVACIONES		
h=1 m	2.1.	Suelo comun – poco compacto	m ³	$C = 0.9737 + 0.0434 A + 0.0414 D$
	2.2.	Suelo heterogéneo seco – medio	m ³	$C = 1.2752 + 0.1599 A - 0.0733 D$
	2.3.	Suelo heterogéneo seco – mucha roca	m ³	$C = 1.2898 + 0.3141 A - 0.1369 D$
h=2 m	2.4.	Suelo comun – poco compacto	m ³	$C = 1.2470 + 0.0575 A + 0.0476 D$
	2.5.	Suelo heterogéneo seco – medio	m ³	$C = 1.9128 + 0.2399 A - 0.1100 D$
	2.6.	Suelo heterogéneo seco – mucha roca	m ³	$C = 2.1926 + 0.5339 A - 0.2328 D$
3		FUNDICIÓN EN HORMIGON ARMADO		
	3.1.	Cimentaciones		
	3.1.1.	Solados e = 5 cm	m ³	$C = 0.3078 + 0.0164 A - 0.0260 B + 0.0126 D$
	3.1.2.	Fundido de pedestal 0.30 x 0.30 x 0.50m	m ³	$C = 0.1230 + 0.0647 A + 0.0567 D$
	3.1.3.	Zapatas 1.2 x 1.2 x 0.4 m	m ³	$C = 0.685 + 0.0700 A - 0.0454 B + 0.0606 D$
	3.1.4.	Viga cimiento 0.25 x 0.40 m	MI	$C = 0.2276 + 0.0040 A - 0.0002 B + 0.0080 D$
	3.2.	Estructuras		
	3.2.1.	Columnas de hasta 0.3m x 0.3m x 2.2 m	MI	$C = 0.5355 - 0.0302 A - 0.0362 B - 0.0143 C + 0.0418 D$
	3.2.2.	Machones de hasta 0.10m x 0.20m.	MI	$C = 0.1809 + 0.0244 A - 0.0068 B - 0.0016 D$
	3.2.3.	Viga de entrepiso de hasta 0.25m x 0.40.	MI	$C = 0.1631 + 0.0442 A - 0.0010 B - 0.0241 D$
	3.2.4.	Viga guardera de hasta 0.10m x 0.20m.	MI	Consumo estandar
	3.2.5.	Loza de entrepisos aligerada	m ²	$C = 0.1631 + 0.0442 A - 0.0010 B - 0.0241 D$

4		MUROS		
	4.1	Levante de muro – Bloque 0.09m.	m ²	C = 0.1954 + 0.0451 A + 0.0078 B - 0.0263 C - 0.0243 D
	4.2	Levante de muro – Bloque 0.15m.	m ²	C = 0.2284 + 0.0222 A - 0.0060 C - 0.0027 D
	4.3	Levante de muro con bloque a la vista	m ²	C = 0.2931 + 0.0170 A - 0.0010 C - 0.0040 D
	4.4	Levante muro para mojinete (Cuchillas).	m ²	C = 0.2955 + 0.0123 A - 0.0014 B + 0.0001 D
	4.5	Levante muro sobrecimiento – Bloque 0.15m.	MI	C = 0.0291 + 0.0193 A - 0.014 B - 0.0006 D
5		PISOS Y ACABADOS		
	5.1	Pisos		
	5.1.1	Plantilla para piso e = 0.05m.	m ²	C = 0.0877 + 0.0017 A - 0.0045 C
	5.1.2	Revoque de plantilla 0.025m. – mortero 1:5.	m ²	C = 0.0592 + 0.0058 A - 0.0070 B - 0.0014 D
	5.1.3	Piso para baño (Ceramica comun)	m ²	C = 0.3214 + 0.0179 A - 0.0201 B + 0.0038 C
	5.1.4	Pared baño y cocina (Ceramicacomun).	m ²	C = 0.9732 + 0.0175 A - 0.1103 C
	5.1.5	Piso general (Ceramicacomun)	m ²	C = 0.1783 + 0.0193 A + 0.0012 C
	5.2	Acabados		
	5.2.1	Pañete para muro e = 0.025m.	m ²	C = 0.2451 + 0.0189 A - 0.0060 B
	5.2.2	Pañete loza e = 0.025 m	m ²	C = 0.3310 + 0.0074 A - 0.0067 B
	5.2.3	Acabado muro veneciano	m ²	C = 0.7858 + 0.0410 A - 0.0477 B - 0.0206 C
	5.2.4	Revoque yeso- estucado	m ²	C = 0.2449 + 0.0049 A - 0.0147 B - 0.0083 C
	5.2.5	Pintura acrílica	m ²	C = 0.0953 + 0.1210 A - 0.1087 C
6		INSTALACIONES HIDRAULICA y SANITARIAS		
	6.1	Juego de baño	Ud	C = 2.6631 - 0.0856 B - 0.2906 C
	6.2	Punto Hidro Sanitariia – PVC 1/2" – 2"	Ud	C = 0.5257 - 0.0786 C
	6.3	Punto Hidro Sanitariia – PVC 3" – 4"	Ud	C = 0.9347 - 0.1342 C
	6.4	Red Hidraulica (Agua potable) – PVC 1/2" – 2"	MI	C = 0.2446 + 0.0055 A - 0.0185 B - 0.0273 C
	6.5	Red Hidraulica (Agua potable) – PVC 3" – 4"	MI	C = 0.1780 + 0.0357 A - 0.0034 B - 0.0195 C
	6.6	Box colver (Caja de Registro)	m ²	C = 4.7958 + 0.2028 A - 0.7116 B + 0.0094 D
7		INSTALACIONES ELECTRICAS		
	7.1	Puntos eléctricos	Ud	C = 0.8633 - 0.1160 C
	7.2	Red eléctrica interna (en tubería)	MI	C = 0.2746 - 0.0261 C

	7.3	Red eléctrica externa	MI	$C = 0.2896 - 0.0586 C$
	7.4	Aparatos eléctricos	Ud	$C = 2.0869 - 0.3381 C$
8		CUBIERTAS		
	8.1	Asbesto cemento	Ud	$C = 0.1124 + 0.0270 A - 0.0089 B + 0.0204 D$
	8.2	Cielo razo yeso carton	m ²	$C = 1.0644 - 0.1208 C$
	8.3	Cielo razo icopor	m ²	$C = 0.4019 - 0.0426 C$
9		CARPINTERIA METALICA Y DE MADERA		
	9.1	Puertas	m ²	Consumo estandar
	9.2	Ventanas	m ²	Consumo estandar
	9.3	Rejas	m ²	Consumo estandar
10		CAPITULOS ESPECIALES		
A		CONCRETOS		
	A 1	Concreto manual 1.2.3 - 3000 PSI	m ³	$C = 2.1691 + 0.1490 A - 0.1683 B + 0.0172 D$
	A 2	Concreto 1.2.3 – 3000 PSI Mezcladora	m ³	$C = 0.1576 - 0.0196 B$
B		MORTERO		
	B 1	Mortero de pega 1:5.	m ³	$C = 1.0854 + 0.0614 A - 0.0914 B + 0.0037 D$
C		ACEROS		
	C 1	Corte, doblado y amarre de Acero.	Kg.	$C = 0.1232 - 0.0248 C$
D		FORMALETAS Y/O ENCOFRADOS		
	D 1	Formaleta metálica.	m ²	$C = 0.3434 - 0.0339 B$
	D 2	Formaleta en madera.	m ²	$C = 1.0341 - 0.0857 B$
	D 3	Encofrado para loza aligerada.	m ²	$C = 1.5213 - 0.2652 B$
	D 4	Encofrado para viga guardera.	m ²	Consumo estandar
	D 5	Caseton en icopor.	m ²	$C = 0.2107 - 0.0220 B$
E		DESENCOFRADO O DESIMBRADO		
	E 1	Desencofrado de viga guardera.	m ²	Consumo estandar
	E 2	Desencofrado de loza aligerada	m ²	$C = 0.2274 - 0.0435 B$
F		CURADO		
	F 1	Curado con agua potable	m ²	Consumo estandar

Tabla 7. DESCRIPCIÓN DE LA CALIFICACIÓN DE LOS FACTORES DE AFECTACIÓN

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	RANGO	CALIFICACIÓN
A	HORA DE EJECUCIÓN DE LA ACTIVIDAD	7 – 8 am	1
		8 – 9 am	2
		9 – 10 am	3
		10 – 11 am	4
		11 am – 12 m	5
		1 – 3 pm	6
		3 – 4 pm	7
		4 – 5 pm	8
B	SUPERVISION	Bajo	1
		Medio	2
		Alto	3
C	EXPERIENCIA	Bajo	1
		Medio	2
		Alto	3
D	CLIMA	0 – 20%	1
		20% - 40%	2
		40% - 60%	3
		60% - 80%	4
		80% - 100%	5
<p>NOTA: En temporada de lluvia multiplicar los consumos obtenidos por un factor de incremento de 1.5.</p>			

Fuente: Resultados del estudio de productividad

5. ANÁLISIS DE COSTOS DE LA MANO DE OBRA A PARTIR DE LOS CONSUMOS PROMEDIOS OBTENIDOS EN EL ESTUDIO.

Uno de los pilares fundamentales en los que se sienta la organización industrial, es la previsión y control de los costos. En la construcción, estos aspectos adquieren importancia excepcional, ya que en la formación de los costos intervienen factores muy aleatorios y variables, difíciles siempre de prever, y que en la realidad solo pueden ser conocidos mediante un sistemático control en los procesos de ejecución.²⁷

Generalmente, los costos en los proyectos de construcción están compuestos por:

1. Costo de ejecución material (Costos Directos – Costos Indirectos)
2. Gastos generales de obra y los gastos generales de los servicios centrales delegados de la empresa, que inciden proporcionalmente sobre los respectivos volúmenes de obra, en el ámbito de aplicación que les corresponda.
3. Gastos fiscales y tasas de la administración.
4. Gastos de financiación.

Con la acumulación de todos estos conceptos de gastos se llega al costo total previsto para la obra en su conjunto y para cada una de las actividades a tratar en el proyecto.

Los **costos directos** son los que se producen de forma directa y concreta en la ejecución de cada una de las unidades o actividades del proyecto. Entre estos costos se incluyen los de la **mano de obra**, relacionado con el pago de

²⁷ SANCHEZ. Op. Cit. P 191.

jornales y salarios de ayudantes, oficiales y maestros de obra vinculados a actividades concretas, incluyendo el costo de los pluses, incentivos, pagas extras, las cargas y seguros sociales y cuantos gastos le sean claramente imputables.

El consumo puede ser empleado para determinar los costos de las actividades de construcción. En efecto, el producto de multiplicar el consumo por el valor de una hora hombre (ayudante, oficial o maestro de obra), o por el valor de la cuadrilla arrojará el costo de la mano de obra en la actividad considerada. Por lo tanto es posible definir expresiones matemáticas que registre el costo de la mano de obra, así:

1. Actividades que vinculan cuadrillas de trabajo individuales.

- Costo M.O en la actividad = Consumo Obrero (hH) * Valor hora obrero.

2. Actividades que vinculan cuadrillas múltiples o colectivas.

- Costo M.O en la actividad = Consumo Obrero (hH) * Valor hora obrero + Consumo Ayudante (hH) * Valor hora Ayudante.

3. De igual manera, si se conoce el valor de la hora de trabajo de la cuadrilla se puede definir el costo de la actividad de la siguiente manera:

- Costo M.O en la actividad = Consumo Cuadrilla (hC) * Valor hora cuadrilla.

4. La forma de liquidar el valor de la hora de trabajo para el ayudante y el oficial en una jornada laboral de 8 horas diarias es la siguiente:

- Valor hora Ayudante = [(Salario \$ / mes) / ((30 días / mes) * 8 h / día)] * FP
- Valor hora Oficial = [(Salario \$ / mes) / ((30 días / mes) * 8 h / día)] * FP

Donde FP es el factor prestacional.

Empleando los valores de salarios vigentes establecidos y considerando lo expuesto por las ecuaciones anteriores, se realizó el cálculo del costo de la mano de obra en las actividades evaluadas en la construcción de edificaciones en concreto reforzado, con el propósito de compararlos con los valores reportados por la revista CONSTRUDATA²⁸, para la región Caribe Colombiana, de lo cual se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 8. COMPARACIÓN ENTRE COSTO PAGADO SEGÚN CONSTRUDATA Y COSTO OBTENIDO DEL ESTUDIO DE PRODUCTIVIDAD.

DESCRIPCIÓN	UND	COSTOS DE M.O		FACTOR
		Camacol	Estudio	%
		C	E	C / E
PRELIMINARES				
Limpieza y Descapote manual h=0.30m	m2	4647	2442	2.07
Retiro de sobrantes hasta 30m promedio	m3	6198	6148	1.01
Cerramiento plástico- fique 1 x 1.5m	m2	3579	2998	1.19
Cerramiento en zinc-lamina N° 6 – 0.92 x 2m	m2	1379	1692	0.81
Trazado y replanteo	m2	4195	2265	1.85
EXCAVACIONES				
Suelo común – poco compacto hasta h = 1m.	m3	16702	11972	1.40
Suelo heterogéneo seco – medio	m3	16702	16356	1.02
Suelo heterogéneo seco – mucha roca	m3	16702	22614	0.74
Suelo común – poco compacto hasta h = 2m.	m3	24562	15223	1.61
Suelo heterogéneo seco – medio	m3	24562	24534	1.00
Suelo heterogéneo seco – mucha roca	m3	24562	38437	0.64
FUNDICIÓN EN HORMIGON ARMADO				
Cimentaciones				
Solados e = 5 cm	m3	3446	6487	0.53
Fundido pedestal 0.30x0.30x 0.50m	m3	13875	15595	0.89
Zapatas 1.2 x 1.2 x 0.4 m	m3	18225	25996	0.70
Viga cimiento 0.25 x 0.40 m	MI	13875	4169	3.33

²⁸ Costos de mano de obra – CONSTRUDATA. [Base de datos en línea]. [consultado 1 Sep. 2009]. Disponible en <<http://www.losconstrucres.com>>.

ESTRUCTURAS				
Columnas hasta 0.3m x 0.3m x 2.2 m	MI	13875	11531	1.20
Machones de hasta 0.10m x 0.20m.	MI	3750	4755	0.79
Viga entepiso de hasta 0.25m x 0.40.	MI	9964	6369	1.56
Loza de entrepisos aligerada	m2	16031	12739	1.26
MUROS				
Levante de muro – Bloque 0.09m.	m2	4361	3741	1.17
Levante de muro – Bloque 0.15m.	m2	4361	3673	1.19
Levante de muro con bloque a la vista	m2	5100	3943	1.29
Levante muro mojinete (Cuchillas).	m2	4361	3838	1.14
Levante muro sobrecimiento – Bloque 0.15m.	MI	2200	1484	1.48
PISOS Y ACABADOS				
Pisos				
Plantilla para piso e = 0.05m.	m2	4952	17256	2.87
Revoque plantilla 0.025m. – mortero 1:5.	m2	2053	692	2.97
Piso para baño (Cerámica común)	m2	7500	6074	1.23
Pared baño y cocina (Cerámica común).	m2	7500	7947	0.94
Piso general (Cerámica común)	m2	9500	3172	3.00
ACABADOS				
Pañete para muro e = 0.025m.	m2	3952	2995	1.32
Pañete loza e = 0.025 m	m2	3952	3033	1.30
Acabado muro veneciano	m2	19170	10126	1.89
Revoque yeso- estucado	m2	4845	2583	1.88
Pintura acrílica	m2	6075	7731	0.79
INSTALACIONES HIDRAULICAS Y SANITARIAS				
Juego de baño	Ud	24266	25360	0.96
Punto Hidro Sanitario – PVC 1/2" – 2"	Ud	12510	3966	3.15
Punto Hidro Sanitario – PVC 3" – 4"	Ud	12510	7102	1.76
Red Hidráulica (Agua potable) – PVC 1/2" – 2"	MI	4593	2631	1.75
Red Hidráulica (Agua potable) – PVC 3" – 4"	MI	5218	4491	1.16
Box colver (Caja de Registro) 0.6 x 0.6 x 0.4m	m2	58437	49243	1.19
INSTALACIONES ELECTRICAS				
Puntos eléctricos	Ud	5584	8287	0.67
Red eléctrica interna (en tubería)	MI	4593	2756	1.67
Red eléctrica externa	MI	1225	2562	0.48
Aparatos eléctricos	Ud	21300	19393	1.10
CUBIERTAS				
Asbesto cemento	m2	3913	3470	1.13
Cielo raso yeso cartón	m2	7600	10464	0.73

Cielo raso icopor	m2	3013	3984	0.76
CAPITULOS ESPECIALES				
CONCRETOS				
Concreto manual 1.2.3 - 3000 PSI	m3	45600	50483	0.90
Concreto 1.2.3 – 3000 PSI Mezcladora	m3	1875	1391	1.35
MORTERO				
Mortero de pega 1:5.	m3	10935	14540	0.75
ACEROS				
Corte, doblado y amarre de Acero.	Kg.	359	992	0.36
FORMALETAS Y/O ENCOFRADOS				
Formaleta metálica.	m2	5670	7488	0.76
Formaleta en madera.	m2	3200	9178	0.35
Encofrado para loza aligerada.	m2	18250	21273	0.86
Encofrado para viga guardera.	m2	2238	1045	2.14
Casetón en icopor.	m2	1757	1826	0.96
DESENCOFRADO O DESIMBRADO				
Desencofrado de viga guardera.	m2	2238	589	3.80
Desencofrado de loza aligerada	m2	2238	1854	1.21
CURADO				
Curado con agua potable	m2	250	534	0.47

Fuente: Resultados del estudio de productividad de la mano de obra.

6. HERRAMIENTA COMPUTACIONAL PARA EL CÁLCULO DE CONSUMO, PRODUCTIVIDAD Y COSTO DE MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES EN EL MUNICIPIO DE SINCELEJO.

Sistematizar la información obtenida permite actualizar de manera dinámica los resultados conforme al tiempo en que se desee efectuar los proyectos. Como aplicación práctica de la investigación y teniendo en cuenta los resultados de los análisis estadísticos en las diferentes actividades de construcción evaluadas, se complementa esta investigación con el desarrollo de la herramienta computacional "**C&P-M.O.**" (CONSUMOS Y PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA), con el cual es posible efectuar la predicción del consumo y/o rendimiento de la mano de obra (individual o por cuadrillas), de acuerdo con la calificación dada a cada uno de los factores que inciden en su desarrollo. Junto con esto se presenta la plantilla para el cálculo de costos de la mano de obra en pesos y en dólares conforme al salario mínimo legal vigente y a la tasa de cotización de la divisa respectivamente.

6.1. GUIA DEL USUARIO DE "C&P-M.O.**"**

Con el objetivo de brindarle al lector una herramienta práctica y aplicativa de los resultados de productividad y consumo de mano de obra obtenidos en esta investigación se presenta la herramienta computacional "**C&P-M.O.**" Por ser ésta algo novedosa se expone a continuación la guía del usuario, con la cual el lector podrá comprender los alcances y deficiencias de la herramienta computacional y así obtener el mayor provecho en su labor como programador en cuanto a tiempo y costo de las actividades que desee evaluar.

- ❖ **Pantalla de presentación**: En ésta pantalla se encuentra el nombre de la herramienta computacional abreviada “**C&P–M.O**”, más abajo el título de la herramienta específicamente definido como “**CONSUMOS Y PRODUCTIVIDAD EN EDIFICACIONES**”. Consecutivamente, se localizan unos cuadros de texto con la frase “click aquí” con su respectivo destino (Guía de usuario, Consumos, Costos y Totales), especificado en la parte inferior de cada tex box.

- ❖ **Guía de usuario**: Aquí el usuario encontrará las recomendaciones de uso de “**C&P–M.O**”.

- ❖ **Consumos**: Esta opción de “**C&P–M.O**” se cuenta con dos etapas. La primera etapa consiste en la evaluación de los factores de afectación que inciden sobre la productividad, aquí el usuario de acuerdo a las características presentes en su zona de trabajo y del personal disponible, podrá realizar calificaciones en cada uno de los factores determinados en pantalla. Así la calificación definida para cada factor de afectación será la expuesta en la tabla 7.

Nota: Si la calificación realizada para los factores de afectación no se encuentra dentro de los rangos preestablecidos por “**C&P–M.O**”, aparecerá un mensaje con la palabra **error**, advirtiéndole que los consumos obtenidos no son confiables o desfasados conforme a los resultados del estudio, caso contrario, cuando la calificación esta dentro de los límites, se manifiesta la aceptación con un mensaje de **o.k.**

Advertencia: La hoja de cálculo de **consumos** está bloqueada, así que se recomienda al usuario que al ingresar a ella siga los pasos expuestos en “**C&P–M.O.**”, para poder acceder a la calificación de los factores y por ende a los resultados calculados.

La segunda etapa consiste en una tabla resumen la cual está conformada por las siguientes columnas, detalladas así:

- Columnas 1 y 2: Describen los capítulos y subcapítulos de las actividades consideradas en la ejecución de actividades en la programación de edificaciones definidas en una WBS para emplearla en “**C&P-M.O**”.
 - Columna 3: Contiene el nombre de la actividad evaluada en el proyecto de edificación.
 - Columna 4: Unidad de la actividad evaluada (ml, m², m³, und).
 - Columna 5: Productividad de la M.O, en und/hH.
 - Columna 6: Consumo de la M.O, en hH/und.
- ❖ **Costos:** Aquí “**C&P-M.O**”, nos muestra una serie de cuadros de texto en los cuales se nos solicitan datos de entrada. Tal es el caso del tex box “salarios”, aquí debemos insertar el valor del salario mínimo legal vigente y el valor de la divisa (dólar) en pesos. Al lado se muestra otro tex box con el nombre de costos de mano de obra por cuadrillas e individual, registrándose dichos valores, en pesos, del costo por día y por hora de trabajo.

En la parte inferior de estos tex box se encuentra una tabla resumen de los resultados calculados, donde las primeras seis columnas consignan la misma información de la tabla resumen de “consumos”. Las columnas están contenidas por lo siguiente:

- Columna 7: Cuadrilla, en donde se describe el número de ayudantes, oficiales y maestros de obra que la constituyen.
- Columna 8: Cuadrilla tipo, es decir la clasificación otorgada a la cuadrilla de acuerdo a su responsabilidad laboral específica.

Tabla 9. DESCRIPCION DE CUADRILLAS SEGÚN SU FUNCIONALIDAD.

CUADRILLA TIPO	DESCRIPCIÓN
A – A	Varios
B – B	Instalaciones
C – C	Pintura
D – D	Carpintería

FUENTE: Adaptada por los autores.

- Columna 9 y 10: Expresan los costos por hora y por unidad, en pesos y dólares respectivamente de cada una de las actividades consideradas.
- Columna 11: Aquí el usuario podrá incluir los costos por unidad de mano de obra, en pesos, que estime convenientes de acuerdo a la cotización comercial que efectúe.

Nota: Los porcentajes que conforman el factor prestacional pueden ser modificados de acuerdo a las reformas que se presenten en la liquidación de estos por parte del ministerio de protección social. Así mismo, el salario mínimo se podrá modificar de acuerdo al ajuste anual que se registre.

Advertencia: La hoja de cálculo de **costos** está bloqueada, así que se recomienda al usuario que al ingresar a ella siga los pasos expuestos en

“C&P–M.O.”, para poder acceder a la calificación de los factores y por ende a los resultados calculados.

❖ **Totales:** En esta sección el usuario se encontrará con una tabla resumen que le mostrará el consumo total en horas/unidad. Además le permite al usuario consignar las cantidades de obra totales que va a realizar en su proyecto (Columna 6), con lo cual **“C&P–M.O”**, le arrojará la duración total en días que necesitara cada actividad para efectuarse (Columna 7). Finalmente, se podrá obtener el costo total por actividad, de acuerdo a la cantidad de obra que se vaya a realizar en el proyecto.

Observación: *Cada una de las secciones de “C&P–M.O”, cuenta con vínculos que le facilitan al usuario el desplazamiento dinámico por toda la plataforma de la herramienta computacional.*

7. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Después de la obtención y organización de los resultados en la investigación, estos se analizan a continuación:

En el municipio de Sincelejo no se cuenta con un registro de las obras que se encuentran en ejecución (proyectos activos), solamente se hallan las licencias adjudicadas por las curadurías urbanas con sus vigencias respectivas, por lo que se puede afirmar que existe mucho desinterés por promover un seguimiento continuo y actualizado de la construcción de edificaciones en Sincelejo, que es precisamente por donde se debe iniciar para generar impulso a los estudios de productividad del recurso humano en el campo de la construcción a nivel local y regional.

Los constructores del municipio desconocen en gran proporción la existencia de bases de datos que registren los consumos de la mano de obra ajustados al municipio de Sincelejo. No obstante, se amparan en la experiencia del personal contratado bajo la premisa de que a mayor experiencia mayor será la obtención de productividad en el desarrollo de las actividades. Sin embargo, no tienen presentes los factores que inciden en el rendimiento de los trabajadores, a esto se le puede agregar que los constructores del municipio prácticamente no registran los tiempos empleados por los grupos de trabajo en el desarrollo de las actividades, cayendo así en reiterados errores al momento de asignar tareas y en la programación de las mismas.

Con respecto al análisis estadístico descriptivo se puede enunciar que en la mayoría de las actividades estudiadas los datos se ajustaron a una distribución normal, exceptuando solo algunas como fundido de viga de cimiento y fundido de columnas, en las cuales se obtuvieron curtosis y coeficientes de asimetría desfasadas, por lo cual se les realizó eliminación

de datos extremos, para así llevarlas a dicha distribución. Estos desfases probablemente se deben a errores en la toma directa de los datos, ya que este tipo de actividades se ve enfrentado a la interrupción continua dentro de su normal desarrollo, debido al control regular de plomaje y nivelación.

En todas las actividades estudiadas se hace un análisis de correlación entre una variable dependiente, que en este caso es el consumo, e independientes como son los factores que impactan la productividad, con base en este se diseñó la matriz de correlaciones, identificando si existe o no correlación entre estas y de qué tipo (positiva, negativa o nula). De la matriz de correlaciones se puede inferir lo siguiente:

En los capítulos de actividades preliminares y actividades de excavación se observa la correlación negativa que existe entre estos y las variables hora de trabajo y clima, y la correlación nula con las variables supervisión y experiencia, resultados esperados y coherentes con la realidad, donde siempre se ha percibido la poca influencia de estos últimos, debido a que son actividades en donde prima el esfuerzo físico y la exposición a la intemperie.

Se encontró que el factor de afectación más predominante sobre los rendimientos y consumos, fue la hora del día, teniendo en cuenta la matriz de correlaciones. Esta variable presenta una relación directa y casi lineal, con el consumo y una relación inversa con la productividad. De esta manera se puede inferir que el consumo de la mano de obra aumenta conforme transcurre el tiempo en la jornada laboral, reflejándose así la disminución de la productividad. Algunas de las actividades en donde más se notó el efecto de la hora del día sobre el rendimiento fueron el levante de muro de bloque 0.09 m y la preparación de concreto manual de 3000 psi, nótese el pronunciamiento de las curvas ajustadas (fig. 21) y (fig. 22). Esto se debe a la continua repetición de los procesos, que si bien algunos lo pueden

considerar como práctico y fortalecedor de destrezas, puede incurrir en fatiga para el personal que lo realiza.

De lo anterior, es importante aclarar que el predominio del factor de afectación hora del día, se debe fundamentalmente a la temporada en la que se tomaron las lecturas de consumos y productividades, la cual se vio afectada constante y permanentemente por temperaturas muy calurosas (31°C a 37°C), presentándose grandes incrementos de estas con respecto al transcurso de las horas del día, especialmente entre las 10:00am y 4:00pm, produciéndose de esta manera una relación o vínculo de éste factor con la variable clima, que del mismo modo presento una alta correlación positiva con la productividad y/o consumo.

Teniendo en cuenta la base de datos y las productividades obtenidas, se aclara que son el resultado de un análisis estadístico y de correlación entre factores que inciden en el desarrollo óptimo de dichas productividades, por tal razón, las cuadrillas consideradas en cada actividad evaluada son un reflejo del trabajo en campo, es decir, las de mayor repetición en agrupación al momento de ejecutar una actividad específica y por tal razón el consumo obtenido corresponde a la cuadrilla descrita, junto con los valores óptimos de dicho consumo (cuando la cuadrilla de trabajo es más eficiente) y pésimos (cuando la cuadrilla de trabajo es menos eficiente). No obstante el constructor podrá llevar estas cuadrillas definidas con sus productividades a otras de su conveniencia en donde conforme al número de individuos que contenga el equipo de trabajo el consumo obtenido será mayor o menor.

Tomando como punto de partida la matriz de correlaciones y la calificación obtenida para cada actividad evaluada en la investigación, se logró desarrollar un análisis de regresión lineal simple o múltiple con el que fue posible establecer modelos de ecuaciones que describen matemáticamente

la relación que se presenta entre el valor medio o esperado del consumo de la mano de obra como variable dependiente y los factores de afectación en su condición de variables independientes. Dentro de estas se puede analizar la actividad fundido de Columnas de hasta 0.3m x 0.3m x 2.2 m, la cual es una de las mas relevantes dentro de los costos de obra, y se estableció que es afectada directamente por las cuatro variables en cuestión, como se puede notar en la ecuación obtenida a través de una regresión lineal múltiple, indicando así el alto nivel de control que debe seguirse en el desarrollo de este tipo de actividades. Casos similares se presentan con las ecuaciones que describen el consumo en las actividades fundido de loza aligerada y excavaciones, que vinculan 3 y 2 variables respectivamente. Además, se presentaron actividades tales como instalación de cielo raso en yeso cartón y encofrados, que al evaluarse con el coeficiente de correlación se determinó para ellas una ecuación lineal con una sola variable de afectación. Revelando así, que las ecuaciones obtenidas después de procesar múltiples observaciones arrojan resultados que obedecen a una tendencia estadísticamente válida. A esto se debe agregar la conformación de los grupos de trabajo más predominantes en el desarrollo de las actividades, generalmente conformados por dos ayudantes, o un oficial y dos ayudantes, notándose mayor dinamismo en la distribución y ejecución de las actividades asignadas en obra en comparación a otras distribuciones de cuadrillas de trabajo observadas.

Dentro de la evaluación de regresión lineal se presentaron casos en donde al realizar el análisis de correlación de variables independientes (factores de afectación) y la variable dependiente (consumo) estas no presentaron ninguna correlación, de lo cual fue necesario asumir como valores estándares, aquellos que resultaron del análisis estadístico básico, ejemplos de ello se manifiestan en: fundido de viga guardera y desencofrado de viga guardera. Así se infiere que de acuerdo con el número de variables de

afectación que incidan en el consumo y/o productividad mayor deberá ser el nivel de control del constructor en el desarrollo de la actividad.

El estudio de la productividad de la mano de obra se proyecta a la incidencia en costos que puede obtenerse en la contratación del personal empleado en los proyectos de construcción. De aquí, al comparar los precios del mercado establecidos por la revista CONSTRUDATA para la región caribe con los arrojados por el estudio, se puede observar la variación entre lo pagado habitualmente por los contratistas y lo definido por la investigación conforme a los factores que inciden en la productividad de la mano de obra, de lo que se puede analizar que los constructores alcanzarán un mayor beneficio económico al adjudicar las tarifas de pago para el personal contratado de acuerdo al soporte de estudios de productividad. Así, el constructor tendría más presente la evaluación del personal que pretende contratar en cuanto a experiencia y conocimientos técnicos. Por lo tanto, se considera que la base de datos establecida en este estudio no solo debe considerarse como referencia para evaluar el consumo y/o productividad de la mano de obra, si no también como punto de partida para la evaluación del pago en cada una de las actividades ejecutadas dentro del proyecto de construcción.

Finalmente, tomando la investigación en forma global, se manifiesta la utilidad de la herramienta computacional propuesta (**C&P-M.O.**), como una iniciativa pionera y de orden didáctico en el municipio, ya que además de registrar consumos y costos de la mano de obra permite realizar iteraciones de los consumos en función de los factores de afectación propios de la zona, ofreciéndole al programador o constructor de proyectos de edificaciones un mayor nivel de confianza en cuanto a la productividad esperada por parte de los grupos de trabajo contratados y mejores rentabilidades económicas para el desarrollo de los proyectos.

8. CONCLUSIONES

Con el desarrollo de esta investigación se cumplieron los objetivos planteados y se logró crear una base de datos que registra el consumo y/o productividad de la mano de obra en la construcción de edificaciones, hasta el punto de crear una herramienta computacional basada en los resultados del estudio, que facilita el cálculo y control de dichos rendimientos y el costo del personal contratado. Tomando esto como punto de partida, a continuación se describen los logros obtenidos.

Esta investigación se proyectó como la evaluación de la productividad de la mano de obra en la construcción de edificaciones. Se fundamentó en estudios similares como el realizado por CAMACOL y el SENA, empleando instrumentos de recolección de datos, con lo cual fue posible registrar y analizar la productividad de la mano de obra en la construcción de edificaciones en concreto reforzado para uso residencial, a través de la medición directa de actividades ejecutadas en proyectos del municipio de Sincelejo, para constituir una base de datos sistematizada y de fácil actualización de acuerdo con las condiciones físicas, económicas, ambientales y socio - culturales de la región. De esta manera, se concluye que la metodología planteada permitió identificar y comprender las actividades de una construcción para su evaluación y clasificación, facilitando su desagregación y la definición de la incidencia en costos que cada una de ellas posee en el adecuado desarrollo de los proyectos.

Al determinar los factores que influyen en la productividad y/o consumo de la mano de obra, se establecieron parámetros en sus lecturas, así no solo se consideraron los valores de los tiempos empleados en la ejecución de cada actividad sino que se tuvieron presentes las características de la productividad con respecto a los factores que incidían sobre ella. Así, fue

posible registrar las cantidades de obra y el tiempo requerido para efectuarlas, con la certeza de contar con una clasificación y calificación de los factores que inciden en los tiempos registrados por actividad y que estos no estarían sin ningún soporte que respaldara su valor en la lectura.

La información recolectada en campo logró llevarse a una etapa en la cual se organizó, tabuló y evaluó mediante estadística descriptiva e inferencial, considerando cada uno de los datos obtenidos en los registros, concluyéndose así la etapa de clasificación de la información tanto de las lecturas como de los factores que incidieron por actividad. Con la información clasificada se logró determinar la correlación entre variables, productividad y los factores de afectación, ilustrando como la productividad no es un valor que se obtiene a libre albedrío, sino que es consecuencia de un sin número de condiciones que permiten alcanzar su optimización en el desarrollo de los procesos. Con soporte en este aspecto se examinó el comportamiento de las variables mediante regresión lineal simple o múltiple definiéndose matemáticamente una relación que logra estimar el consumo de la mano de obra.

Al definir las ecuaciones matemáticas con las cuales es posible estimar los consumos de mano de obra por actividad, se logra ofrecer a estudiantes y profesionales de la construcción una guía sobre los rendimientos que debe esperar de los grupos de trabajo contratados, ya que se obtienen pronósticos de consumo más acertados y acorde a las características físicas, socioeconómicas y ambientales propias de la región donde se localizan las obras, con lo cual es posible alcanzar la optimización en costos, tiempo, calidad y control en la ejecución de las actividades programadas en cada uno de los proyectos a desarrollar.

Finalmente se concluye como la aplicación de la teoría relacionada con la construcción de edificaciones y el rendimiento de la mano de obra, junto con la evaluación hecha a los resultados de productividad obtenidos en cada una de las actividades permitió crear una base de datos que consigna la productividad y/o consumo de la mano de obra y dirigirla como herramienta de consulta a estudiantes y profesionales de la construcción en la región, para su empleo en la programación y estimación de costos de la mano de obra contratada. Así, se espera reducir los casos en que las personas dedicadas a la construcción se vean obligadas a consultar herramientas de procedencia desconocida para la programación de obras. Con esto, se manifiesta además la funcionalidad de la información obtenida en la investigación ya que es posible brindarle al usuario de la base de datos una herramienta computacional que lo invita a evaluar los consumos de la mano de obra y los costos que ésta puede tener de acuerdo con la calificación asumida para los factores de afectación considerados en el estudio de productividad.

9. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones son generalmente consideradas como advertencias por algunos lectores; sin embargo, en este trabajo de investigación se desea generar inquietud sobre la necesidad que existe en el municipio de Sincelejo y la región, de realizar estudios acerca de la productividad en las actividades de la construcción en distintas áreas o tipos de proyectos que permitan consolidar así una herramienta de consulta más amplia y completa de tal manera que sea posible definir horarios adecuados de trabajo y costos de remuneración al personal contratado, conforme a las características físicas económicas políticas y sociales presentes en esta parte del territorio colombiano.

Un punto de partida para lograr este gran objetivo, es vincular a entidades como la Secretaria de Planeación Municipal y las Curadurías Urbanas, en la necesidad de llevar a cabo el registro no solo de los proyectos con licencias legalmente adjudicadas, sino el control de los que se hallan en ejecución, con lo cual es más factible identificar, clasificar y realizar el respectivo seguimiento en cuanto al desarrollo productivo de las actividades que constituyen cada proyecto.

Para el desarrollo de futuras investigaciones relacionadas con la productividad de la mano de obra vinculada al campo de la construcción en la región, se recomienda ampliar el número de actividades y enfocarse a obras de infraestructura como la vial y la de instalaciones hidrosanitarias, entre otras, e incluir otro tipo de variables de afectación, como las no analizadas en este trabajo, por ejemplo, el tipo de contratación, salarios, habilidad, incentivos, estado de ánimo, etc.

Además, como aplicación práctica, sería interesante utilizar los resultados obtenidos en este trabajo en la detección real de valores agregados en proyectos específicos de gran envergadura, con el fin de comparar aspectos como costos y tiempos para el constructor, teniendo y no en cuenta los factores de afectación que impactan la productividad de la mano de la obra en la construcción.

BIBLIOGRAFIA

BANCO DE LA REPUBLICA. Boletín económico regional. Región Caribe. 2009.

BOTERO, Luis. Análisis de rendimiento y consumos de la mano de obra en actividades de construcción. En: Revista Universidad EAFIT. N° 128. (Octubre. Noviembre. Diciembre. 2002). P 10.

CANNEY, Patricia. Seguridad y Salud en el trabajo de Construcción – El caso Colombia. ARP SURATEP.1999

CONSTRUDATA. Encuesta mano de obra. En: Artículo revista CONSTRUDATA. N°135. (Jun - Agos.2005).P 16

CONSTRUDATA. Mano de obra y otros costos. En: Artículo Revistas CONSTRUDATA. N° 146. (Mar - Mayo 2008)

Curadurías urbanas 1 y 2 del municipio de Sincelejo y Secretaría municipal de planeación de Sincelejo.

DE SOLMINIHAC T, HERNAN. Procesos y técnicas de construcción. 2da ed. Alfaomega. México, 2002.

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

MARTÍNEZ BENCARDINO, CIRO. Estadística y Muestreo. Ecoe. 9ª ed. Santafé de Bogotá, D.C. 1998. P 149.

SANCHEZ,, Manuel. Organización y métodos funcionales de la moderna empresa constructora. Editores técnicos asociados. Barcelona, España. P41.

SENA – CAMACOL. Rendimientos y consumos de mano de obra. Antioquia: Cano, Antonio. Duque V. Gustavo. Septiembre de 2000. P 9.

SERPELL B, ALFREDO. Administración de operaciones de construcción. 2ª ed. Alfaomega. México. 2002.

TRIOLA, MARIO F. Probabilidad y Estadística. 9ª ed. Pearson educación. México. 2004

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

CIBERGRAFÍA

DANE. Boletín censo general 2005, perfil Sincelejo – Sucre. [en línea]. [consultado 5 de Mar. 2010]. Disponible en <<http://www.dane.gov.co/encuestasincelejo>>

EL ESPECTADOR. Mejoramiento de los trabajadores de la construcción. [en línea]. [consultado 19 de Oct. 2009]. Disponible en <<http://www.elspectador.com/noticias/actualidad/articulo-flexibilidad-laboral-mejora-rendimiento-de-los-trabajadores-segun-estud.>>

EPM. Base de datos de tesis [Base de datos en línea]. [Consultado 1 Sep. 2009]. Disponible en <http://www.eppm.com/.../basesdedatos_cdrom_online.as>

IDEAM. Información meteorológica – Colombia- Sincelejo. [en línea]. [consultado 5 Mar. 2010]. Disponible en <<http://www.ideam.gov.co>>

NUESTRO DEPARTAMENTO. Mapas geográficos. [en línea]. [Consultado 08 Mar. 2010]. Disponible en <<http://www.sincelejo-sucre.gov.co/nuestromunicipio.geografia>>

ANEXOS



ANEXO A

ENCUESTA DIRIGIDA A LOS CONSTRUCTORES DEL MUNICIPIO DE SINCELEJO – SUCRE

Obra: _____
Licencia: _____ Tiempo de ejecución: _____
Encuestado: _____ Fecha: _____

Objetivo: Conocer los antecedentes sobre los factores que afectan la productividad de la mano de obra en la construcción, la medición de dicha productividad y el uso de las bases de datos que consignan los valores del rendimiento y consumo de la mano de obra existentes en el municipio de Sincelejo.

1. ¿Cuáles de las siguientes características tiene en cuenta al momento de contratación del personal para labores en obra?

- a. ___ Experiencia
- b. ___ Conocimientos técnicos
- c. ___ Habilidad
- d. ___ Edad

2. ¿Conoce usted que factores inciden en la productividad de la mano de obra? Si ___ No ___

3. Al momento de programar las actividades en obra ¿cuáles de estas herramientas emplea para los cálculos?

- a. ___ Tablas sistematizadas de rendimientos de mano de obra
- b. ___ Datos empíricos
- c. ___ No tiene en cuenta este aspecto.

4. ¿Ha medido usted los rendimientos de sus cuadrillas?

Si _____ NO _____

5. ¿Sabe usted si en Sincelejo se cuenta con una base de datos que registre el rendimiento de la mano de obra en la construcción de edificaciones?

Si _____ No _____

Encuestador: _____

ANEXO B

ESTRUCTURA DE DESEGREGACIÓN DE ACTIVIDADES

CAP	SUB CAP	DESCRIPCIÓN	UND
1		PRELIMINARES	
	1.1.	Limpieza y Descapote manual h=0.30m	m ²
	1.2.	Retiro de sobrantes hasta 30m promedio	m ²
	1.3.	Cerramiento plástico- fique 1 x 1.5m	m ²
	1.4.	Cerramiento en zinc-lamina N°6 – 0.92 x 2m	m ²
	1.5.	Trazado y replanteo	m ²
	1.6.	Campamento	m ²
2		EXCAVACIONES	
h=1 m	2.1.	Suelo común – poco compacto	m ³
	2.2.	Suelo heterogéneo seco – medio	m ³
	2.3.	Suelo heterogéneo seco – mucha roca	m ³
h=2 m	2.4.	Suelo común – poco compacto	m ³
	2.5.	Suelo heterogéneo seco – medio	m ³
	2.6.	Suelo heterogéneo seco – mucha roca	m ³
3		FUNDICIÓN EN HORMIGON ARMADO	
	3.1.	Cimentaciones	
	3.1.1.	Solados e = 5 cm	m ³
	3.1.2.	Fundido de pedestal 0.30 x 0.30 x 0.50m	m ³
	3.1.3.	Zapatas 1.2 x 1.2 x 0.4 m	m ³
	3.1.4.	Viga cimiento 0.25 x 0.40 m	ml
	3.2.	Estructuras	
	3.2.1.	Columnas de hasta 0.3m x 0.3m x 2.2 m	ml
	3.2.2.	Machones de hasta 0.10m x 0.20m.	ml
	3.2.3.	Viga de entrepiso de hasta 0.25m x 0.40.	ml
	3.2.4.	Viga guardera de hasta 0.10m x 0.20m.	ml
	3.2.5.	Loza de entrepisos aligerada	m ²
4		MUROS	
	4.1.	Levante de muro – Bloque 0.09m.	m ²
	4.2.	Levante de muro – Bloque 0.15m.	m ²
	4.3.	Levante de muro con bloque a la vista	m ²
	4.4.	Levante muro para mojinete (Cuchillas).	m ²
	4.5.	Levante muro sobrecimiento – Bloque 0.15m.	ml
5		PISOS Y ACABADOS	
	5.1.	Pisos	
	5.1.1.	Plantilla para piso e = 0.05m.	m ²
	5.1.2.	Reboque de plantilla 0.025m. – mortero 1:5.	m ²
	5.1.3.	Piso para baño (Cerámica común)	m ²
	5.1.4.	Pared baño y cocina (Cerámica común).	m ²
	5.1.5.	Piso general (Cerámica común)	m ²
	5.2.	Acabados	
	5.2.1.	Pañete para muro e = 0.025m.	m ²

	5.2.2	Pañete loza e = 0.025 m	m ²
	5.2.3	Acabado muro veneciano	m ²
	5.2.4	Revoque yeso- estucado	m ²
	5.2.5	Pintura acrilica	m ²
6		INSTALACIONES HIDRAULICAS Y SANITARIAS	
	6.1	Juego de baño	ud
	6.2	Punto Hidro Sanitariia – PVC 1/2” – 2”	Ud
	6.3	Punto Hidro Sanitariia – PVC 3” – 4”	ud
	6.4	Red Hidráulica (Agua potable) – PVC 1/2” – 2”	ml
	6.5	Red Hidráulica (Agua potable) – PVC 3” – 4”	ml
	6.6	Box colver (Caja de Registro)	m ²
7		INSTALACIONES ELECTRICAS	
	7.1	Puntos eléctricos	ud
	7.2	Red eléctrica interna (en tubería)	ml
	7.3	Red eléctrica externa	ml
	7.4	Aparatos eléctricos	ud
8		CUBIERTAS	
	8.1	Asbesto cemento	ud
	8.2	Cielo razo yeso carton	m ²
	8.3	Cielo razo icopor	m ²
9		CARPINTERIA METALICA Y DE MADERA	
	9.1	Puertas	m ²
	9.2	Ventanas	m ²
	9.3	Rejas	m ²
10		CAPITULOS ESPECIALES	
A		CONCRETOS	
	A 1	Concreto manual 1.2.3 - 3000 PSI	m ³
	A 2	Concreto 1.2.3 – 3000 PSI Mezcladora	m ³
B		MORTERO	
	B 1	Mortero de pega 1:5.	m ³
C		ACEROS	
	C 1	Corte, doblado y amarre de Acero.	Kg.
D		FORMALETAS Y/O ENCOFRADOS	
	D 1	Formaleta metálica.	m ²
	D 2	Formaleta en madera.	m ²
	D 3	Encofrado para loza aligerada.	m ²
	D 4	Encofrado para viga guardera.	m ²
	D 5	Caseton en icopor.	m ²
E		DESENCOFRADO O DESIMBRADO	
	E 1	Desencofrado de viga guardera.	m ²
	E 2	Desencofrado de loza aligerada	m ²
F		CURADO	
	F 1	Curado con agua potable	m ²