

Determinación de las Variables que Afectan el Rendimiento de la Mano de Obra en la
Construcción de Edificaciones en el Municipio de Armenia.

Luisa Fernanda Cuartas Varón

Universidad EAFIT

2017



Determinación de las Variables que Afectan el Rendimiento de la Mano de Obra en la
Construcción de Edificaciones en el Municipio de Armenia.

Luisa Fernanda Cuartas Varón

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Magíster en Ingeniería

Director de Trabajo de Grado:

Luis Fernando Polania Obando

Universidad EAFIT

2017



Tabla de Contenido

Introducción	12
1. Antecedentes	15
2. Descripción del Problema	22
3. Justificación	24
4. Objetivos	26
4.1. Objetivo General	26
4.2. Objetivos Específicos	26
5. Marco de Referencia	26
5.1. Marco Teórico	27
5.1.1. Metodología estadística aplicada.	38
5.1.1.1. Técnica para la asociación de variables.	38
5.1.1.2. Modelo de regresión lineal Múltiple.	39
5.1.1.3. Diseño de la muestra.	42
5.1.1.3.1. Intervalos de Predicción.	44
5.2. Marco Espacial	46
6. Método	56
6.1. Revisión Bibliográfica	58
6.2. Identificación de las Variables Teóricas	58
6.3. Construcción de los Formatos	67
6.4. Selección de Obras para Toma de Datos	73
6.5. Definición de las Actividades a Evaluar	86
6.5.1. Actividades parque residencial Reserva de Cócora.	87
6.5.2. Actividades Conjunto Residencial Cibeles.	92
6.5.3. Actividades Nogal Plaza.	96
6.5.4. Actividades Aquazul Torre 2.	99



6.5.5.	Actividades Portal de Alameda.	101
6.5.6.	Actividades Reserva de la Sabana.	104
6.5.7.	Actividades La Pradera Bosque Residencial.	107
6.5.8.	Actividades Bloque de Aulas (Universidad del Quindío).	110
6.5.9.	Actividades Casa de campo.	113
6.5.10.	Actividades Parque Residencial Colombia.	114
6.5.11.	Actividades Reserva Campestre.	116
6.5.12.	Actividades Súper Inter- Feria de los Plátanos.	116
6.5.13.	Actividades Senderos Del Bosque.	118
6.5.14.	Actividades Conjunto Residencial Viavento.	122
6.5.15.	Actividades Edificio La Coruña 2.	122
6.5.16.	Actividades Torre Cristal.	124
6.5.17.	Actividades Centro Empresarial Betania.	127
6.5.18.	Actividades Callejas de San José.	128
7.	Archivo Fotográfico de Algunas Actividades de Obra	132
8.	Toma de Muestras en Campo	137
8.1.	Toma de Muestras en las Diferentes Obras.	138
9.	Análisis de Resultados	147
9.1.	Tabulación de la Información.	147
9.2.	Análisis de la Representatividad de la Muestra	150
9.3.	Intervalos de predicción.	158
9.4.	“Modelo de la actividad “Fundición de columnas”	160
9.4.1.	Calculo de los intervalos de predicción	165
9.4.1.1.	Análisis matemático del modelo para el cálculo del intervalo de predicción	169

9.4.2.	Simulación del modelo bajo las condiciones iniciales establecidas	173
9.5.	Construcción de las Gráficas de Rendimiento	176
9.5.1.	Gráficas de rendimiento diario para la actividad fundición de columna.	179
10.	Análisis de la información.	193
10.1.	Análisis de resultados	193
10.2.	Identificación de las Variables más Representativas que Afectan el Rendimiento.	211
10.2.1.	Análisis de resultados de las gráficas de rendimiento diario	213
	Conclusiones	217
	Recomendaciones	221
	Referencias Bibliográficas	222

Listado de Tablas

Tabla 1 Resumen indicadores ocupados, desocupados e inactivos para la ciudad de Armenia 2016	52
Tabla 2 Indicadores de mercado laboral por ciudad	53
Tabla 3 Indicadores de mercado laboral por ciudad	53
Tabla 4. Actividades por grupos de Obra: Conjunto Residencial Cibeles, Parque Residencial Reserva de Cocora, Nogal Plaza	87
Tabla 5. Actividades por grupos de Obra: Aquazul, Portal de Alameda, Reserva la Sabana	99
Tabla 6 Actividades por grupos de Obra: La Pradera Bosque Residencial, Bloque de Aulas Universidad del Quindío y Casa de Campo	107
Tabla 7. Actividades por grupos de Obra: Parque Residencial Colombia, Reserva Campestre y Super Inter Feria de los plátanos	114
Tabla 8 Actividades por grupos de Obra: Senderos del Bosque, Conjunto Residencial Viavento y Edificio la Coruña 2	118
Tabla 9 Actividades por grupos de Obra: Torre Cristal, Centro Empresarial Betania y Callejas de San José	124
Tabla 10 Consolidado de las actividades analizadas en 18 obras	131
Tabla 11 Resumen horas invertidas para toma de muestras por actividad	140
Tabla 12 Resumen del análisis	151
Tabla 13 Rendimientos de mano de obra para la actividad Fundición de Columna	178
Tabla 14 Rendimiento horario para los días lunes	182
Tabla 15 Rendimiento horario día martes	184
Tabla 16 Rendimiento horario día miércoles	186
Tabla 17 Rendimiento horario día jueves	187
Tabla 18 Rendimiento horario día viernes	189
Tabla 19 Rendimiento semanal horario/diario para la actividad Fundición de Columna	192
Tabla 20 Resumen Datos Arrojadados por el STATGRAPHICS CENTURION XV	194
Tabla 21 Intervalos de predicción en términos de las variables representativas	207
Tabla 22 Resultados numéricos intervalos de predicción de rendimientos para las actividades.	210

Tabla 23 N° de repeticiones por variable para las 15 actividades	212
Tabla 24 Resumen picos máximos actividades analizadas	213
Tabla 25 Resumen picos mínimos actividades analizadas	214

Lista de Gráficas

Gráfica 1 Censo de Edificaciones IV trimestre de 2016	49
Gráfica 2 Tasa de desempleo total Nacional de 2012- marzo de 2017	49
Gráfica 3 Tasa de desempleo 2016 para el Departamento del Quindío	51
Gráfica 4 Tasa global de participación, de ocupación y de desempleo Quindío 2008 - 2016	52
Gráfica 5 Tasa de desempleo Armenia 2013-2017	54
Gráfica 6 Distribución porcentual y variación de la población ocupada, según ramas de actividad	54
Gráfica 7 Distribución porcentual y variación de la población ocupada, según posición ocupacional para la ciudad de Armenia.....	55
Gráfica 8 Horas invertidas para la toma de muestras por actividad	141
Gráfica 9 Rendimiento horario para los días lunes.....	182
Gráfica 10 Promedio horario día lunes.....	183
Gráfica 11 Rendimiento horario para los días martes	185
Gráfica 12 Promedio horario día martes.....	185
Gráfica 13 Rendimiento horario para los días miércoles	186
Gráfica 14 Promedio horario día miércoles.....	187
Gráfica 15 Rendimiento horario para los días jueves.....	188
Gráfica 16 Promedio horario día jueves	188
Gráfica 17 Rendimiento horario para los días viernes	190
Gráfica 18 Promedio horario día viernes.....	190
Gráfica 19 Rendimiento semanal horario/diario para la actividad Fundición de Columna	192
Gráfica 20 Hora de picos máximos de rendimiento para las diferentes actividades	214
Gráfica 21 Hora de picos mínimos de rendimiento para las diferentes actividades.....	215
Gráfica 22 Días de mayor rendimiento para las diferentes actividades	216
Gráfica 23 Días de menor rendimiento para las diferentes actividades	217

Lista de Imágenes

Imagen 1. Ubicación Municipio de Armenia	46
Imagen 2. Mapa del Municipio de Armenia	47
Imagen 3 Flujograma Método	57
Imagen 4. Formato 0. Modelo inicial para la toma de rendimientos de las actividades de obra.	69
Imagen 5. Modelo Formato N°1- Información de la actividad	70
Imagen 6. Modelo Formato N°2- Información de los obreros	71
Imagen 7 Formato N°3- Información gerencial y administrativa del proyecto	71
Imagen 8 Formato 4- cuadro de Incidencia de las cuadrillas	72
Imagen 9 Formato 5- Registro de asistencia a obra	73
Imagen 10. Ubicación de las tres primeras obras	76
Imagen 11. Ubicación de las obras. Figura superior parque residencial Colombia, figura recuadro amarillo Reserva Campestre Parque Residencial y recuadro azul Súper Inter Feria de los Plátanos	79
Imagen 12. Ubicación de las obras. Figura 1 Aquazul torre 2, Figura 2 Portal de Alameda, Figura 3, Reserva la Sabana	81
Imagen 13 Ubicación de las obras. Figura 1 La Pradera-Bosque Residencial. Figura 2 El Bloque de Aulas 50 Años de la Universidad del Quindío. Figura 3 Casa de Campo - Condominio	82
Imagen 14 Ubicación de las obras. Figura 1 Senderos del Bosque 2, Figura Condominio Viavento, Figura 3, Coruña 2	84
Imagen 15 Ubicación de las obras. Edificio Torre Cristal	85
Imagen 16 Ubicación de las obras. Callejas de San José	86
Imagen 17 Instalación formaleta placa	132
Imagen 18 Instalación formaleta viga	132
Imagen 19 Fundición placas con todos sus elementos	133
Imagen 20 Colocación acero columnas	133
Imagen 21 Pega ladrillo farol	133
Imagen 22 Estuco a una sola mano	134
Imagen 23 Enchape baños	134

Imagen 24 Pintura	134
Imagen 25 Fundición muros	135
Imagen 26 Enchape Piso	135
Imagen 27 Instalación Estructura Drywall	135
Imagen 28 Excavación	136
Imagen 29 Corte y figurado de acero	136
Imagen 30 Fundición Columnas.	136
Imagen 31 Fundición Vigas	137
Imagen 32 Modelo variable marcada con “X”	148
Imagen 33 Información arrojada por el programa después de ingresados los datos	153
Imagen 34 Importación de la matriz al programa STATGRAPHICS CENTURION XV	161
Imagen 35 Matriz de datos actividad Fundición de columna, copiada en el programa STATGRAPHICS CENTURION XV	161
Imagen 36 Ingreso de variables al sistema para la regresión múltiple, variable dependiente: cantidad	162
Imagen 37 Cuadro de resultados STATGRAPHICS CENTURION XV	163
Imagen 38 Cuadro de resultados STATGRAPHICS CENTURION XV	164

Anexos

Anexo 1 Formato N°1 Diligenciado a mano por los estudiantes Obra: Conjunto Residencial Cibeles	143
Anexo 2 Formato N°2 Diligenciado, Obra: Conjunto Residencial Cibeles	144
Anexo 3 Formato N°3 Diligenciado- Obra: Conjunto Residencial Cibeles	145
Anexo 4 Matriz unificada en Excel para la actividad fundición de columna	155
Anexo 5 Matriz unificada de unos y ceros después del primer filtro	157
Anexo 6 Matriz unificada final para la actividad Fundición de Columna	160
Anexo 7 Matriz de datos “X”	166

Introducción

El sector de la construcción es un impulsador fundamental para el desarrollo de las naciones, es gracias a la Ingeniería que el mundo se conecta, se mueve y cambia, razón por la cual los Ingenieros tienen la obligación de crear nuevas y mejores formas de infraestructura, para suplir las nuevas necesidades que la humanidad va presentando y al mismo tiempo que ayuden al mejoramiento de la calidad de vida de quienes son partícipes de esos proyectos, es por ello que cada día debe velarse por el correcto desarrollo y evolución de éste sector, haciendo las cosas de la mejor manera para que, precisamente, el resultado final sea beneficioso tanto para el consumidor como para el contratista y que prevalezca ante todo la calidad de las obras ejecutadas.

El desarrollo de este trabajo se fundamenta en la necesidad de saber y poder determinar de una forma confiable cuáles son las variables que afectan el rendimiento de la Mano de obra en el Municipio de Armenia, para ello fue necesario contar con el aval de diferentes constructores que permitieron el ingreso a diferentes obras de la ciudad para poder tomar las muestras necesarias que permitieran generar los modelos que arrojaran los datos solicitados; dichos modelos se realizaron mediante procesamiento estadístico utilizando Regresión Múltiple, en el Programa STATGRAPHICS CENTURION XV. Inicialmente, se determinaron las obras en las cuales se realizarían las muestras, la cantidad de actividades y, de acuerdo con la bibliografía, se determinaron las variables que se consideró podrían ser representativas en el rendimiento de las actividades, es así, como se seleccionaron 18 obras y en total 26 actividades para el muestreo, las variables seleccionadas se agruparon en 3 grupos generales a saber: el primero son las variables que identifican la generalidad de la actividad y el proyecto, el grupo 2 contiene la información personal de los obreros y el grupo 3 contiene la información gerencial y administrativa con

respecto a la actividad. Después de tener las variables identificadas dentro de los grupos se procede a elaborar los formatos en los cuales se recolecta la información para su posterior tabulación, el proceso de muestreo se llevó a cabo de manera continua, teniendo en cuenta el estado de la obra y el avance de la misma, durante un lapso de tiempo de aproximadamente un mes por actividad, al momento de reunir la información de todas las obras para la construcción de las matrices se evidencia este proceso y el tiempo invertido, pues aparecen por días las muestras.

Al terminar de tomar los datos de campo, se procede a tabular la información por obra para posteriormente unirla en una sola matriz por cada actividad que permita generar el modelo en el programa que arroja los datos buscados para su análisis final.

En capítulos posteriores se explica manualmente el procedimiento a realizarse para los análisis estadísticos necesarios y después de correr las matrices por actividad se obtienen datos relevantes como P- Valores, que representan el porcentaje de incidencia en el error, R squared, que representa la relación entre la variable cantidad y los demás parámetros y la ecuación de cantidad (teniendo en cuenta que para el modelo la variable cantidad es la dependiente y las variables agrupadas que se consideran influyentes son las independientes), estos valores determinan el grado de error y confiabilidad del modelo, para que sean representativas, los P-Valores deben ser inferiores al 10% y los valores de R-Squared superior o iguales al 50%, el paso siguiente fue determinar el intervalo de predicción que arroja el intervalo entre el cual puede oscilar el rendimiento de cada una de las actividades, para obtenerlo se recurrió a un proceso estadístico que involucra las matrices creadas, valores arrojados por el programa como el vector de entrada C, que presenta las variables encontradas como representativas por el programa y el vector de estimación $\hat{\beta}$, generada también por el sistema, por su parte, el procesamiento matricial

para el cálculo del intervalo se realiza por medio de Regresión Lineal múltiple, aplicando la teoría para el cálculo de los límites tanto superior como inferior y que permiten tener ese intervalo para cada una de las actividades. Posteriormente se construyen las gráficas de rendimientos diarios horarios para cada una de las actividades seleccionadas que permiten determinar los días y horas de mayor y menor rendimiento de las cuadrillas para cada actividad, finalmente se construyen los cuadros de numero de repeticiones para cada variable que fue representativa y con la que es posible determinar cuáles son las que más influyen en el rendimiento de las cuadrillas por actividad.

Es importante además aclarar que para la realización de este trabajo fue necesario contar con la colaboración de varios estudiantes de pregrado de la Universidad del Quindío, que pertenecen al Programa de Ingeniería Civil adscrito a la Facultad de Ingeniería, a quienes se les avaló presentar proyectos de grado sobre rendimientos (6 grupos y 18 obras en total) y que fueron asesorados por el Ingeniero Luis Fernando Polania Obando., el Dr. Luis Hernando Hurtado Tobón y la Candidata a Master la Ingeniera Luisa Fernanda Cuartas Varón., por cada grupo se aceptaron 3 obras, todo esto con el fin de lograr tener los datos que fueran estadísticamente aceptables para este proyecto dado que el costo y el tiempo requerido para la realización de las tomas era muy alto, pues se requería de una gran cantidad de personal disponible permanentemente por un lapso de tiempo prolongado, todos los elementos establecidos en esos proyectos fueron determinados por el grupo de asesores y homogeneizados para poder obtener resultados confiables para que al momento de compilar la información ésta fuera lógica y manejable, es así como la definición de los grupos de variables a analizar y las actividades de obra son dentro de lo que fue posible las mismas, teniendo en cuenta los diferentes tipos de construcciones. Lógicamente no se logró que todas las actividades fueran las mismas dado que los tipos de construcciones fueron

variables, sin embargo, con las actividades coincidentes y teniendo en cuenta dicha representatividad estadística fue posible llevar a cabo el análisis objeto de este estudio.

1. Antecedentes

La industria de la construcción dinamiza en gran proporción la economía de cualquier país, gracias a las importantes contribuciones que realiza al Producto Interno Bruto (en adelante PIB) de las naciones, teniendo un impacto directo en el desarrollo, de ahí la necesidad de perfeccionamiento y mejoramiento continuo, no solo para que la calidad de las obras sea la más óptima, sino para que también lo sea todo el proceso desde su inicio, viendo el inicio como la idea misma, ya que todo ello se verá, al final, reflejado en los costos de las mismas y en la velocidad con la que las obras son realizadas.

Para que éste proceso funcione adecuadamente, se requiere, indiscutiblemente, de las herramientas correctas, incluyendo en este tipo todos los procedimientos relacionados con la planeación y el diseño, ya que es allí justamente donde se cometen la mayoría de errores a raíz de no contar con una información precisa que permita mejorarlo, lo que sucede a menudo con el uso de tiempos y recursos en dichos procesos, por mencionar algunos.

Con un enfoque en este tipo de análisis es posible mejorar el desempeño de la Ingeniería, pues es factor fundamental para el desarrollo de cualquiera de sus actividades. A nivel global, se han escrito diferentes artículos que hablan de los rendimientos de la mano de obra en la construcción, se han realizado algunos estudios en pro de medirlos y generar datos confiables que le ayuden a los Ingenieros a ser más exactos, sin embargo, no existe un estudio completo en dicho tema. En diferentes artículos se mencionan posibles factores de afectación de esa productividad y ello brinda la línea base para el desarrollo de este estudio.

Para poder obtener valores reales de productividad o rendimientos, se deben tener en cuenta diferentes factores cuantificables tales como la cantidad de obra realizada en un intervalo de tiempo, o lo que se conoce como rendimiento y el tiempo que el trabajador se demora en realizar la actividad, que también se denomina consumo, factores que se ven afectados por aspectos relacionados con el clima, el estado de las herramientas, la supervisión, la llegada a tiempo o no de los materiales, la experticia del trabajador, las mismas condiciones de los materiales, inclusive del estado de ánimo del trabajador, entre muchos otros.

Conociendo las variables mencionadas y realizando un análisis estadístico, es posible obtener una ecuación que muestre el rendimiento de la cuadrilla o de uno de sus integrantes en determinada actividad e intervalo de predicción del rendimiento esperado, por lo tanto, la realización de este trabajo, es una forma de aportar al campo de la Ingeniería volviéndola más competitiva, pues los parámetros para realizar presupuestos, programación de obra y ejecución no van a estar determinados por condiciones subjetivas sino que se van a fundamentar en la sumatoria de los diferentes proyectos realizados, ampliando el espectro y permitiendo seleccionar aquellos rendimientos que se acerquen más a las condiciones reales de la obra.

Son pocos aún los estudios de productividad en la construcción realizados a nivel nacional y a nivel local, esta carencia se ve evidenciada en los costos y tiempos de realización de incontables proyectos que se desarrollan, pues no existe una base de datos lo suficientemente confiable y que se ajuste a las condiciones de la zona que pueda servir para mejorar esta situación, aunque poco a poco se han llevado a cabo diversos trabajos de grado que realizan un aporte significativo.

Un elemento importante, en cuanto al rendimiento de la mano de obra es la contraprestación obtenida por desempeñar una actividad, un verdadero factor que influye en el tema de motivación y favorece el clima organizacional, tal y como lo describe Ribera (2003) en su tesis doctoral “El salario a rendimiento en el sector de la construcción. Modelo para determinar el precio óptimo y el precio máximo a pagar por un trabajador a destajo” pues habla de un sistema de incentivos en la producción como una técnica efectiva para motivar a los empleados y con ello aumentar la productividad, inclusive se analiza el sector de la construcción como base importante de la economía del país en los últimos 50 años. No obstante, aunque Europa aún no se repone en su totalidad de la crisis económica sufrida, este elemento continúa siendo importante y necesario para el aumento de la productividad y la competitividad en el sector.

Para él, el pago a los trabajadores de la construcción se ha hecho generalmente al destajo, es decir, se paga por la cantidad de obra que el empleado ejecuta, sin importar cuanto tiempo le tomo llevarla a cabo.

Es de gran importancia para él, que exista una base de datos de rendimientos reales de la región que vincule la realización de los diferentes proyectos, pues es con ésta información que se realizan las programaciones y los presupuestos con mayor exactitud, así mismo, genera un impacto positivo en el nivel de productividad de los obreros, ya que en comparación con el pago a destajo en este sistema, queda establecida la cantidad pactada por días, semanas o meses, independientemente de la cantidad de obra realizada.

Por su parte el artículo publicado por Breinstein (2003), trata de resolver preguntas como: ¿Es hoy la industria del diseño y la construcción más productivo de lo que era hace diez años? ¿Está emparejando los logros en productividad alcanzados por otras industrias? ¿Los avances tecnológicos se están aplicando en su máxima medida?, y la conclusión es

que, comparados con otras industrias, la industria de la construcción no alcanza niveles óptimos de productividad

Se cuenta también con un trabajo realizado por Stiedl, D., Brudefords, U y Shone, M. (2003), bajo el amparo de la Organización Internacional del Trabajo (en adelante OIT) en donde se determinan, entre otros temas, los factores que afectan la productividad de la mano de obra, y que según el estudio son:

- “Motivación y experiencia de la fuerza de trabajo” (p.23): Según el estudio, uno de los elementos que influyen para que éste se encuentre dentro de los factores más importantes es el hecho de que el trabajo de construcción es muy mal pago, adicional a esto, los trabajadores sin experiencia se toman más o menos dos semanas para adaptarse a las tareas que se le asignan, pero cuando el pago es al día, no es suficiente y cuando el pago es por pieza (sistema de pago para los trabajadores experimentados) se debe asegurar de que ese pago no esté por debajo del salario mínimo. Sin embargo, se debe tener en cuenta la zona donde se va a realizar la construcción, la calidad de vida de las personas y el índice de pobreza del lugar, ya que, si los trabajadores son mal pagos, probablemente no se queden mucho tiempo en ese proyecto y eso también afecta negativamente cualquier avance de obra, pues al faltar la Mano de Obra (en adelante MO) no importa que tan efectiva sea la llegada de los materiales o la supervisión, simplemente no se avanzará.
- “Organización del trabajo” (p. 25): En este caso se consideraron básicamente “capacitación y experiencia del personal de supervisión de la obra” (p.25), teniendo en cuenta que es demasiado importante, pues de acuerdo a las instrucciones que sean dadas al personal este podrá aprender más rápido de lo esperado e incluso desempeñara mucho mejor sus labores, y el éxito está justo ahí, en capacitar bien

al trabajador y en potencializar su habilidad de aprender, para que todo el proceso sea llevado a cabo con rapidez, eficiencia y eficacia, porque en el caso contrario se originarían reprocesos que conllevan costos adicionales no planeados y en consecuencia, retrasos y malas ejecuciones de proyectos.

- Tipo y condición de las herramientas y equipamiento suministrado al trabajador: El hecho de tener herramientas de la mala calidad, no solo puede provocar accidentes, sino que, además, puede bajar la moral de los trabajadores ya que si la herramienta no tiene las características adecuadas no se podrá cumplir con el objetivo de tiempo en la realización de la tarea y por ende va en detrimento de la propia obra.
- Monitoreo continuo del rendimiento: Si el estándar ya se encuentra establecido, es deber de los Ingenieros supervisar no solo la realización de las actividades, sino también, saber las cantidades de obra que se están realizando, haciendo posible llevar una medida que permita determinar los pagos a realizar y la elaboración de análisis comparativos con respecto a lo proyectado en cuanto a cantidades. Si bien es cierto que no se miden absolutamente todas las actividades si debe hacerse con las más críticas dependiendo del tipo de obra en desarrollo, pues probablemente sino se lleva este control no se podrá determinar en qué estado de avance y costos se encuentren.

Así mismo Solís, R., Martínez, J. y González, J. (2009) publicaron una investigación sobre las demoras en la construcción después de realizar un seguimiento a una edificación de 3 niveles compuesta por 24 apartamentos, que estaban desarrollando en México, y determinaron por qué en los proyectos de construcción no se cumplía con los tiempos de entrega, al considerar como variables las siguientes categorías:

Diseño (planos inconclusos, modificaciones y complejidad del contenido del trabajo), Mano de obra (absentismo y escasez), Materiales (demora en los suministros), Maquinaria (fallas mecánicas), Almacén (acarreo excesivos), Finanzas (suspensión de crédito), Subcontratos (incumplimiento de los plazos acordados), Clima (lluvia) y Esperas (inactividad por no haberse concluido las actividades precedentes). (p. 44)

Se determinó que de estos, los que aportaron mayores demoras fueron: Diseños con un 33%, Mano de Obra 23% y Materiales 16%, es justo resaltar que cuando se realizó el análisis de la variación de los tiempos de ejecución de las actividades necesarias del proyecto versus el tiempo inicial programado se presentó un incremento del 31% en su duración, de allí la importancia de contar con una base de datos confiable y actual y que sea una aproximación, lo más cercana posible, a los rendimientos reales de una cuadrilla o persona por actividad, pues, se reitera que tenerla contribuye a la elaboración de una mejor programación, un mejor presupuesto y al mejoramiento de los tiempos de ejecución (directamente relacionados con los tiempos de programación).

Acercándonos cada vez más a nuestro departamento y ciudad, se cuenta con una investigación de Botero, L. (2002) Arquitecto de la Universidad EAFIT, donde se analizan los rendimientos y consumos de mano de obra para actividades de proyectos de vivienda de interés social y en mampostería estructural. Realizando observaciones por un lapso de tiempo de 6 meses, para tener la oportunidad de tomar datos suficientes para el análisis estadístico obteniendo como resultado la creación de una base de datos sobre consumos de la mano de obra que incluye los factores que inciden sobre el rendimiento.

De igual manera, Polanco, L. (2009) enfocó su proyecto de grado en estudiar los rendimientos de la mano de obra para actividades de construcción del bloque J, ubicado dentro de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga. La toma de los

datos se hizo por medio de un estudio fotográfico permanente a cada actividad para luego marcar en los planos el progreso de las mismas, lo cual pudo afectar la determinación de los rendimientos (de los elementos estructurales) debido a la metodología implementada. Al finalizar, después de analizar los rendimientos obtenidos se formularon recomendaciones como:

- En la determinación de las cuadrillas de personal de mano de obra calificada y no calificada, es relevante tener en cuenta la experiencia de los obreros, la edad productiva y la utilización del equipamiento idóneo.
- Es necesario la realización de un cronograma de actividades con holguras de tiempo en la duración de cada una de las mismas, ya que en el campo de la construcción es muy común encontrarse con imprevistos que pueden afectar el ritmo normal del proyecto en ejecución. Algunos ejemplos de dichos imprevistos pueden ser la escasez de los materiales necesarios para saber hasta cuanto es conveniente aumentar el número de ayudantes, ya que según el estudio un ayudante adicional produce un 10% de descuento en los tiempos de ejecución, pero que la reducción máxima posible es de 30%, ya que más de 4 ayudantes adicionales no aportan descuentos en la reducción de las actividades, debido a que no ejercen mayor ayuda de la necesaria.

Ya para el Departamento del Quindío en la década de los noventa, Benjumea, B., Muñoz, A y Quintero, P. (1996) desarrollaron el trabajo de grado “Evaluación y Elaboración de Rendimientos Reales de Mano de Obra para Proyectos de Construcción en la Región” que tenía como intención mejorar los presupuestos y programación de las obras, como es sabido para ese momento se usaban tablas de rendimientos nacionales sin embargo, eso no es muy alejado de lo que se hace aún hoy en día, pues generalmente los

rendimientos se sacan por experiencia, consultando personas que realizan las actividades o con tablas como la de construdata, construplan, la Universidad Nacional, las gobernaciones con sus Análisis de Precios Unitarios (en adelante APU) etc.

El problema para pensar en implementar estos proyectos de grado en el presente, radica en que la toma se realizó analizando únicamente la cantidad de obra por día y el tamaño de la cuadrilla, pero no se tuvieron en cuenta otros factores, como los que se analizaron en trabajos posteriores y actualmente en el desarrollo de éste mismo.

Ahora bien, otro proyecto a tener en cuenta, porque ha sido base para los que se desarrollaron posteriormente es el de Valencia (2011), quien presentó el diseño de una metodología para la realización de un estudio que soporte una base de datos de consumos y rendimientos de mano de obra para el sector de la construcción en el departamento del Quindío, en el cual se tomarón datos durante un lapso de tiempo de 10 años, pero desafortunadamente mucha información fue descartada debido a deficiencias en el proceso de recolección de la misma.

Por último, fueron realizados 6 proyectos entre 2015-2016 que son el insumo fundamental para el desarrollo de este proyecto de grado (dichos proyectos de grado fueron avalados con este fin), donde por cada grupo se estudiaron 3 obras durante lapsos de tiempo de 1 mes por actividad y mediante la regresión múltiple se determinaron las variables que afectan los rendimientos de la mano de obra considerablemente.

2. Descripción del Problema

¿Es posible generalizar los rendimientos de la mano de obra en la construcción?, ¿A qué se debe la variación del rendimiento de la mano de obra de una ciudad a otra, inclusive en diferentes proyectos dentro de la misma ciudad?, ¿Por qué la productividad de la mano de obra no es constante?, ¿Qué factores afectan dicho rendimiento?, ¿Cuáles son

los momentos de mayor productividad? ¿Qué variables hacen más confiables dichos rendimientos?

Es posible que dando respuesta a los interrogantes arriba mencionados mejore considerablemente la productividad en nuestros proyectos de construcción, teniendo en cuenta que este sector juega un papel clave en el desarrollo del país, el departamento del Quindío y más aún en la ciudad de Armenia que no es la excepción. Desafortunadamente la información que se toma como insumo en la planeación y ejecución de los proyectos en el Departamento, no siempre es de la mejor calidad o la más confiable en términos de aplicabilidad a la región, adicional a esto, es importante tener en cuenta que en la actualidad la ciudad de Armenia se ha convertido en epicentro de reunión de innumerables personas provenientes de diferentes partes del país que buscan un espacio para instalarse. Todo ello contribuye enormemente en el desarrollo de la ciudad y pone en auge la construcción porque requiere aumentar los proyectos de vivienda en todos estratos socioeconómicos obligando a los ingenieros a ser cada vez más eficientes y a programar y presupuestar mucho mejor.

Uno de los elementos que más incide en la eficiente ejecución de las obras en el sector, es la productividad de la mano de obra, puesto que ésta alimenta los insumos básicos de todo proyecto como lo son el presupuesto y la programación. De manera que la deficiente obtención de los datos insumo para la determinación del rendimiento de la mano de obra o la inaplicabilidad de algunos de estos, repercutirá no solamente en la determinación del tiempo de ejecución si no también en los costos de los proyectos.

En el sector de la construcción en el Municipio de Armenia, hasta ahora solo se cuenta con proyectos de grado de estudiantes de último semestre de Ingeniería Civil de la

Universidad del Quindío, quienes están abordando el tema de productividad y han dado los pasos iniciales para llevar estos estudios a cabo.

Factores como: el estado del tiempo, tipo de contratación, supervisión, tasa de desempleo, número total de licencias de construcción, área total por construir, estado de las herramientas, relación entre los mismos trabajadores, supervisión, conocimientos certificados y experiencia, inciden altamente en los rendimientos de mano de obra en la construcción. De ahí la importancia de determinar cuáles de estos factores son los mas relevantes para poder establecer con exactitud rendimientos reales y confiables. Es correcto decir que a la luz de principios conceptuales más que factores, estos se conocen como variables explicativas que como es sabido son controladas con el fin de valorar su incidencia en la variable dependiente o respuesta, es decir las variaciones en las variables explicativas deben repercutir en variaciones de la variable dependiente.

Identificando claramente dichas variables, se facilitará la determinación de los rendimientos de mano de obra, que a su vez son utilizados para la elaboración de análisis de precios unitarios y la determinación de las duraciones de las diferentes actividades involucradas en la ejecución de los proyectos. Lo anterior impacta positivamente no solamente el sector de la construcción sino también al usuario final ya sea público o privado.

3. Justificación

El estudio propuesto contribuye al análisis de un tema fundamental en la realización de cualquier proyecto, en este caso específico, la productividad en la construcción de edificaciones en el Municipio de Armenia. Lo cual a su vez mejora la planeación y ejecución de los mismos, beneficiando positivamente los requerimientos técnicos y financieros de los agentes finales.

Además, desde el punto de vista académico, el estudio es un aporte al sector de la construcción, lo que contribuye al fortalecimiento de la relación entre la academia y el sector privado, permitiendo a su vez la retroalimentación entre los mismos. Investigaciones como la propuesta, marcarán el inicio de una cadena de proyectos en el tema de la productividad en la construcción, lo que hará al final, la industria más eficiente y competitiva.

Existen diferentes proyectos de construcción de edificaciones en el Municipio de Armenia que están actualmente en ejecución y los cuales se pueden utilizar para la toma de datos de las actividades específicas que se definan. Además, de contar con material bibliográfico, pasantes para la toma de datos y recolección de la información, asesores estadísticos para abordar el tema, y todas las herramientas computacionales necesarias y legalizadas para el procesamiento de la información recolectada.

La investigación propuesta beneficiará directamente al sector de la construcción, ya que con la definición de unas variables claras que determinen el rendimiento de la mano de obra, posteriormente se podrán construir tablas de rendimientos y consumos que sean propios de la región, que consideren las condiciones ajustadas a ella, y se puedan aplicar confiablemente en la realización de los proyectos.

En términos generales se puede afirmar que existen las condiciones necesarias desde todos los puntos de vista para que el proyecto se pueda ejecutar.

4. Objetivos

4.1. Objetivo General

Determinar las variables que afectan el rendimiento de la mano de obra en la construcción de edificaciones en el Municipio de Armenia mediante el análisis de algunas actividades de obra.

4.2. Objetivos Específicos

- ✚ Determinar las actividades de obra a las cuales será realizado el análisis de rendimiento de la mano de obra.
- ✚ Establecer las variables generales que influyen directamente en el rendimiento de la mano de obra en la construcción.
- ✚ Identificar por medio de un modelo de regresión las variables más representativas para los proyectos analizados
- ✚ Construir las curvas diarias de rendimientos de mano de obra para algunas actividades de obra.
- ✚ Estimar por medio de un modelo de regresión las variables más representativas para el Municipio de Armenia.
- ✚ Realizar el informe con la metodología empleada, presentando todos los datos y resultados obtenidos.

5. Marco de Referencia

Es importante tener en cuenta que los cambios en la productividad o rendimiento de los trabajadores de la construcción se encuentra ligada a muchos factores, como por ejemplo, la ubicación geográfica ya que las culturas por sí solas influyen fuertemente en el comportamiento y rendimiento de los trabajadores de la construcción, se puede decir

entonces, que el mismo entorno determina las condiciones de ejecución de la obra, puesto que no se le puede exigir a un trabajador de la Costa que labore al mismo ritmo de un trabajador de la zona Andina y viceversa y por último, pero no menos importante los procesos administrativos que son inherentes al desarrollo de esta actividad, factores que son abordados en profundidad durante el desarrollo de este trabajo.

5.1. Marco Teórico

El elemento fundamental en cualquier proyecto constructivo es sin duda alguna la mano de obra, de allí que forme parte del listado de factores que afectan la productividad. Por definición, en “La construcción, la productividad del trabajo se expresa como un número de horas de trabajo por unidad de trabajo, aunque también puede ser expresado como la cantidad de trabajo realizado por un equipo durante un día estándar de ocho horas” (Bakar M. y Khurshid, 2014, p. 153), otra definición, fue dada por la revista Boletín de Información Tecnológica (en adelante BIT) (2001), en su artículo “Índice de productividad en la construcción: Mito o realidad” donde afirman que la productividad es “la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción y los recursos utilizados para obtenerla” (p. 6).

De otra parte, para Rodríguez (1999) es “Una medida de eficiencia económica que resulta de la relación entre los recursos utilizados y la cantidad de productos o servicios elaborados” (p. 22). Finalmente, cuando se habla de productividad se debe considerar el concepto de eficiencia, pero para que esto se pueda dar, se requiere que tanto la mano de obra, como los insumos, la supervisión, las herramientas, la capacitación, el clima e inclusive el estado de ánimo sean los adecuados, sin embargo, son muchos los factores que en realidad afectan de manera relevante la productividad, de allí la importancia de este

trabajo como contribución para determinar, estadísticamente cuáles son esos factores predominantes de acuerdo a las características de la zona y las particularidad de las obras mismas.

Actualmente la construcción requiere de mano de obra calificada para producir elementos de calidad para el consumidor final, sin embargo este grado de especialización se muestra costoso, razón por la que se prefiere contratar mano de obra barata, repercutiendo tanto en los costos como en el producto final, sumado al hecho de no contar con una base de datos confiable que permita obtener rendimientos adecuados dependiendo de la zona donde se encuentre, generando aún más sobrecostos, pues no se hace posible realizar los presupuestos y las programaciones con datos verídicos y aplicables, sin embargo de lo que se trata es de generar no solo conocimiento de los factores que afectan la productividad, sino también determinar los tiempos reales de las actividades de obra seleccionadas y las curvas de rendimientos semanales como aporte a este trabajo. Además de lo mencionado anteriormente, se debe hacer énfasis en que las pocas tablas de rendimientos que se encuentran no están muy ajustadas a la realidad, como, por ejemplo, los rendimientos de construdata que consideran siempre las mismas cuadrillas para las diferentes actividades, o los rendimientos de la maquinaria pesada, que prevén que el equipo será siempre usado en condiciones óptimas y que el operario es calificado, reiterando aún más la importancia de tener una base de datos cercana a la realidad que tenga en cuenta diferentes parámetros y particularidades.

El análisis de la productividad de la mano de obra para proyectos de construcción ha sido objeto de estudio a nivel mundial, específicamente la mayor parte de ellos provienen de los Estados Unidos y Europa, donde a través del tiempo se han percatado de la importancia de entender cuáles son las necesidades de la mano de obra y los factores del

entorno que les afectan para poder desarrollar proyectos exitosos no solo en cuestión de tiempos, sino, además, en la relación de costo horas - hombre.

Este es también un tema crítico en los países en vía de desarrollo, gracias a la baja remuneración de los trabajadores. Lo anterior se puede argumentar con base en un estudio realizado por Rojas, E. y Peerapong, A. (2003) a través del departamento de “Administración en Construcción” de la Universidad de Washington, Seattle, donde se contó con la participación de empresarios expertos en construcción, la academia y el gobierno estatal. En este estudio se resaltan algunos de los factores principales que afectan negativamente la productividad de la mano de obra en proyectos de obra civil como lo son la mala remuneración que obtienen los trabajadores por las labores realizadas, jornadas largas sin pago extra y la falta de incentivos o bonificaciones a los empleados por optimizar los recursos materiales y el tiempo de ejecución de las actividades.

En su mayoría estos artículos coinciden en varios factores sumamente relevantes al momento de determinar los cambios en los rendimientos de la mano de obra, por ejemplo, en el libro de James, J. (1993), la productividad es vista desde diferentes ángulos por diferentes personas; se puede relacionar con el “capital de trabajo o con el dinero que sale con el ingreso de la mano de obra” y basados en esa definición, en el US Commerce Department se generan las estadísticas de productividad.

Existen sin embargo otros factores que son relevantes al momento de medir la productividad como lo son el clima, el equipamiento, el estado de las herramientas, el esfuerzo de los trabajadores, etc., que afectan las mediciones de productividad de la mano de obra. De hecho, el dar mejores herramientas a la mano de obra podría incrementar la productividad y es posible la realización de mayor trabajo con menos esfuerzo, como sea, la

definición del departamento de comercio de Estados Unidos de América (en adelante USA) es la más aceptada en el medio, es decir, “salida de dinero por entrada de mano de obra”.

Se deben mantener buenas relaciones y eficientes canales de comunicación entre el gerente y los trabajadores de campo para facilitar la aplicación de métodos y de formas de trabajo que generen rendimientos eficientes.

De acuerdo con el texto, en países como USA el factor medioambiental y climático es determinante para la productividad de la mano de obra y para la construcción de proyectos por las difíciles condiciones que se presentan en algunas regiones, por ejemplo en la zona medio oeste los tornados, huracanes y demás fuerzas naturales impiden que los trabajos se realicen en tiempos continuos durante el año y solo se pueda trabajar por temporadas, si se trabaja en tiempo cálido, por ejemplo, los rendimientos se ven seriamente afectados igual que se si trabaja en invierno.

Otro artículo relevante es el Benchmarking of Construction Productivity, que muestra la importancia de que exista una relación entre la industria de la construcción y la academia para poder obtener datos de rendimientos aceptables que sirvan como punto de partida para poder mejorar dicha productividad, menciona que a pesar de que la industria de la construcción ha intentado tomar datos serios para obtener dicha información no se ha logrado, pues las muestras no se han obtenido en los niveles apropiados ni de la forma correcta, por lo tanto establece que con esa investigación se buscó instaurar una base común de toma de datos para obtener rendimientos apropiados de la fuerza laboral, con un sistema que generó categorías y subcategorías, permitiendo llegar a unos segmentos especiales de mayor nivel de importancia bajo el uso del Benchmarking. (Sung H., Thomas, S. y Tucker, R, 2005)

Después de realizar todo el estudio de las actividades de concreto, del armado del hierro para diferentes estructuras y del análisis de los costos directos e indirectos, se llega a la conclusión de que es posible el desarrollo de un sistema métrico apropiado que sirva de línea base para la obtención de rendimientos seguros de mano de obra, para ser utilizados en la construcción de un presupuesto que considere las variaciones que se pueden presentar de acuerdo a la actividad desarrollada.

Si bien es cierto, este artículo no trata directamente las variables que influyen en la productividad de la mano de obra en la construcción, de todas formas es una fuente de consulta interesante puesto que provee una línea base para determinar cuáles son las actividades que podrían ser importantes dentro de un proyecto y a ellas realizarles el correspondiente análisis de productividad para quienes las llevan a cabo.

Con base en un informe de productividad presentado por la Corporación de Desarrollo Tecnológico (2013) (en adelante CDT) de la Cámara Chilena de la Construcción, los factores que afectan la productividad específicamente en proyectos de altura se pueden agrupar en 3 categorías, a saber:

Diseño, asociado a la estructuración del edificio y a estándar del mismo; Tecnología, referente a los equipos empleados para desarrollar los proyectos y la utilización de insumos industrializados; Metodología de trabajo, relativa al esquema de desarrollo de tareas, programación y conformación de cuadrillas. (p. 3)

Según el autor, la productividad en una construcción depende de la atención que se le preste a estos factores y al manejo que se les dé, de allí depende el éxito en la culminación del mismo y la calidad que le precede.

Ahora bien, buena parte de los artículos tomados como referencia llegan a un punto común en cuanto a las variables que afectan la productividad de la mano de obra en la

construcción, muy pocos de ellos tienen en cuenta el factor motivacional como un eje importante que puede generar variaciones en dicha productividad y aunque es un factor subjetivo pues depende del estado de ánimo de las personas no está demás tenerlo en cuenta al momento de realizar los análisis. Existe un artículo de la Universidad de Melbourn, escrito por Doloi, H. (2007) que aborda este tema en la industria de la construcción en Australia, ella toma 25 parámetros en diferentes proyectos que considera influyen la productividad de la mano de obra, entre ellos el factor motivacional, es decir, realizó un estudio de los parámetros motivacionales que afectan la mano de obra y de ellos extrajo los 4 que consideró de mayor relevancia. Con este análisis provee herramientas para que los contratistas tengan en cuenta dichos factores y usen este conocimiento como herramienta a la hora de tratar o contratar su mano de obra.

A pesar de ser el factor motivacional de gran importancia a la hora de determinar la productividad de la mano de obra en la construcción, su naturaleza subjetiva no facilita determinar hasta qué punto la motivación que se pueda dar en el trabajo surte el efecto necesario para aumentar la productividad, pues son muchas las implicaciones y las raíces que puede tener un trabajador desmotivado y no todas están ligadas con el factor laboral.

El estudio de la productividad de la mano de obra poco a poco ha ido ganando terreno a nivel internacional, en la medida que se ha identificado la necesidad de conocer cuáles son los factores que la afectan, a raíz de la influencia que esta tiene directamente en cualquier proyecto de construcción, en conjunto con establecer tiempos claros en el desarrollo de las actividades contando con la certeza de que sean cumplidos al ejercer control en la mayoría de factores que lo pueden alterar o simplemente conociendo las precauciones que deben tomarse de acuerdo a la circunstancia que se presente con el fin de minimizar el efecto que en caso dado repercute directamente en los costos del proyecto ya

sea para bien o para mal, pero que en cualquiera de los casos trabaje en pro de maximizar las ganancias, disminuir los tiempos y lograr tener una mano de obra más estable y consciente de sus capacidades.

Se menciona igualmente que muchos de los factores aludidos en los artículos como el uso de herramientas adecuadas, salarios y horarios justos, material en obra, supervisión adecuada, administración o gerencia efectiva influyen considerablemente tanto en el buen desarrollo de las actividades como en la tecnología utilizada correctamente y en el rendimiento eficiente de la mano de obra, tal y como lo mencionan Goodrum, P y Haas, C. (2004) en su artículo Long Term Impact of Equipment Technologies on labor productivity in the U.S Construction Industry at the Activity Level.

Igualmente, Shashank, K., Sutapa, H. y Nath, K. (2014), desarrollaron un trabajo relacionado precisamente con los factores que afectan la variación de la productividad laboral para los proyectos de construcción, su objetivo fue identificar la influencia de estos en dicha variación para reducir su variabilidad. Ellos tuvieron en cuenta varios modelos que han usado regresión lineal con el fin de tener una evaluación cuantitativa del impacto de los factores y que tenían en común y por agrupación ocho grupos a saber: Grupo de mano de obra, grupo de gerencia, grupo de motivación, grupo ambiental, grupo de equipos y materiales, grupo de horario, grupo de seguridad y grupo de calidad los cuales presentaron significativamente variación. Después de que realizaron el análisis de regresión múltiple quedaron 6 grupos, que se muestran a continuación en el orden de mayor a menor impacto generado: “Grupo Motivacional, Grupo de la Mano de Obra, Grupo de Materiales y Equipos, Grupo de Seguridad, Grupo de Gerencia, Grupo de Calidad” (p. 49).

Realmente este resultado no sorprende, pues la MO es el elemento primario indiscutiblemente en cualquier proyecto a todos los niveles y aún más si se habla de

construcción. Los tres primeros grupos representan el componente fundamental en la construcción, ya que un grupo de trabajadores o también llamado mano obra al encontrarse bien motivada desempeña mejor su labor haciendo uso de los materiales y equipos necesarios, ya que sin ellos tampoco sería posible poner en marcha obras de construcción.

Sin embargo, también se denota que es precisamente la MO la que genera la variación en la productividad, debido a que está inmersa en todos los demás elementos y es precisamente sobre ella que giran los procesos, y aquí es evidente una relación de proporcionalidad porque si no se tienen los demás elementos, la MO no puede producir y si se tuvieran los otros elementos pero no existiera la MO, tampoco podría generarse ningún tipo de avance, aun así, se resalta que dicha MO no es el único elemento que interviene en los rendimientos, pero aun así se analiza desde el punto de vista de las cuadrillas conformadas y de las diferentes tareas que desempeñan bajo unos tiempos de trabajo y finalización de cada actividad.

Por la importancia que este tema representa en el sector constructor a nivel internacional, se están desarrollando gran número de investigaciones y artículos, pero esto mismo no sucede a nivel nacional en donde se encuentran muy pocos escritos relacionados, no obstante, uno de los más relevantes es el del Arquitecto Botero, L. donde determina rendimientos y consumos de mano de obra para construcciones de vivienda de interés social en mampostería estructural en Medellín, aunque el proyecto a desarrollar no es para vivienda de interés social, la metodología utilizada y las conclusiones obtenidas son un gran referente para la realización del proyecto. Por último, se puede constatar que en el Departamento del Quindío no existen trabajos que presenten estudios sobre este tema, pero si se encuentra un trabajo de tesis desarrollado en la Universidad del Quindío por el Docente Polania, L., el Estadístico Hurtado, H., y la estudiante Valencia, N., denominado

“Modelo para la determinación de los intervalos de predicción para el rendimiento de la mano de obra en la construcción”, en el que se realiza un análisis estadístico con regresiones múltiples de datos tomados de rendimientos en un tiempo de 10 años, para obtener un modelo estadístico de predicción de rendimientos, pese a ello muchos de los datos tomados presentaron deficiencias por lo que fue necesario sacarlos y solo se realizó el proceso para algunas actividades.

Todo proyecto de ingeniería se ve afectado por diferentes factores como los mencionados anteriormente, los cuales pueden generar impactos positivos o negativos, dependiendo de las condiciones presentes al momento de desarrollar las diversas actividades que forman parte del quehacer diario de los proyectos de construcción. Si bien es cierto que existen tablas que dan a conocer algunos rendimientos, estas muchas veces están sobredimensionadas, es decir, la información que se encuentra en ellas y con la que se pretende ayudar a proyectar mejor no son en realidad muy ajustadas, por ejemplo si vemos las condiciones en la que se toman los rendimientos de la maquinaria en obra, siempre se enmarcan en situaciones de perfecto estado, lo cual nunca se ve en la realidad ingenieril, así mismo sucede con las tablas que presenta por ejemplo Construdata porque contienen unos rendimientos que en lugares como el Departamento del Quindío y específicamente en Armenia no son de fácil adaptación, y más cuando se trata de programar y presupuestar; la realidad es que se presenta un aumento considerable de los costos y los tiempos, dado que se calculan o extraen de proyectos en grandes ciudades y envergaduras superiores o tal vez de la experiencia en grandes proyectos en ciudades principales, en todo caso no se ajustan a la realidad de un conjunto de ciudades o Departamentos que están en constante cambio y crecimiento.

Continuando con el estudio de Botero, L. (2012), el cual menciona que los rendimientos en revistas como Construdata no tienen mucha utilidad precisamente porque esta trabaja con cuadrillas simples (1 oficial + 1 obrero), y para poder usar estas tablas adecuadamente es necesario entrar a modificar el elemento de MO de acuerdo con las realidades en los proyectos, y como se puede ver, implementarlas aumenta los costos.

Así mismo sucede cuando se programa y presupuesta con pseudorendimientos, ya que como son datos aproximados que se usan para poder presupuestar y programar cuando no se cuenta con información de primera mano, se entiende que no son verificables, y por ello es posible que se incurra en errores al momento de presupuestar y ello conlleve a mayores costos en el desarrollo de los proyectos. También es necesario tener en cuenta que otra de las definiciones de rendimientos es: “La cantidad de tiempo que emplea un obrero para ejecutar completamente una determinada cantidad de obra” (Consuegra, 2002, p. 81), de manera que el objetivo es compilar información lo más cercana posible a la realidad para que se vea reflejado en los costos y tiempos finales de cada proyecto de construcción, independientemente de sus particularidades, es por esto que al contar con una base de datos, con información real, se mejorarán considerablemente los proyectos desde su etapa inicial para finalmente generar incrementos de las utilidades y disminución en los costos para el consumidor final.

Nuevamente se resalta que en términos generales, los artículos mencionados convergen entorno a que las variables que afectan el rendimiento de la mano de obra en el sector de la construcción son el clima, la administración, la supervisión, la motivación, las herramientas, la disponibilidad de material, la tecnología, entre otros, por eso el estudio de estos factores a través de los años puede dar una luz para iniciar el camino de este proyecto

y lograr así determinar de forma más certera si las mismas variables aplican, en qué grado y posiblemente las formas de evitar la disminución de la productividad.

Precisamente para determinar las variables que presentan mayor afectación en las obras que se vienen desarrollando en el Municipio de Armenia, es que se realiza este trabajo utilizando el método de regresión múltiple. Adicional a ello, se pretende encontrar para cada caso la ecuación y el intervalo de predicción que permita obtener los rendimientos más acertados posibles para la realización de las actividades de construcción analizadas y así mismo definir las más representativas y significativas para el sector.

El desarrollo de este análisis no podría realizarse sin estadística, pues esta nos brinda valores consolidados para los elementos en mención, que gozan de asertividad son reales y significativos, buscando trabajar en conjunto con el álgebra lineal, lo que en esencia permite manejar muchos datos y darles un orden adecuado para trabajar.

Según Hurtado T., García G., Galvis, S. y Salcedo, E. (2006) la estadística se origina en la antigüedad, desde el Emperador YAO, quien ordeno realizar un censo en el 2238 AC, además que desde su aparición:

La Estadística ha estado relacionada con la recolección de datos y tal vez sea la razón por la cual durante mucho tiempo la Estadística se identificó con esta actividad; sólo cuando empezó a usarse como una técnica para apoyar la toma de decisiones, con información sometida a incertidumbre, quedó aclarado que su objeto de estudio iba más allá de la simple recolección de datos. (p. 1)

Así pues, el desarrollo de este trabajo no sería posible o, por lo menos, confiable si no se tuviera como herramienta primordial a la estadística, sin dejar de lado el álgebra lineal, que como se mencionó antes completa el equipo para poder encontrar esa

variabilidad en la productividad que afecta directamente el desarrollo de las obras y genera múltiples problemas en los costos y los tiempos.

A continuación, se presenta entonces el proceso utilizado para la asociación de variables de nuestro modelo.

5.1.1. Metodología estadística aplicada.

5.1.1.1. Técnica para la asociación de variables.

El procedimiento de asociación entre las variables utilizado en la metodología, se realizó con la técnica utilizada y explicada en el capítulo 9 del libro Estadística Básica de Hurtado T. et al. (2006). En él, se explica que existen diferentes técnicas para la asociación de variables todo dependiendo de si son determinísticas o estocásticas, cuando la relación es conocida o determinada por una teoría se dice que es determinística, en caso contrario se considera que es estocástica. Se menciona también que en la vida real es común que no haya una expresión para relacionar un conjunto de variables por lo que, en una posibilidad para lograrlo es normal usar datos de observación directa, entonces se dice que es tipo estadístico, lo que lo convierte en un primer paso para llegar a lo estocástico.

Hablando en términos estadísticos, el autor manifiesta que se puede estudiar la asociación de dos variables desde dos puntos de vista; uno es usando los estadísticos de asociación y el otro es usando modelos de regresión. Para el caso que nos concierne será usado el método de Regresión Lineal Múltiple ya que lo que se requiere es relacionar una variable Y con las variables explicativas X_1, X_2, \dots donde la variable Y sería la variable dependiente y las variables X_1, X_2 , serían las independientes. Se explica entonces a continuación el método estadístico usado para la asociación de variables.

5.1.1.2. Modelo de regresión lineal Múltiple.

El modelo a utilizar para determinar y relacionar las diferentes variables que afectan el rendimiento de la MO se conoce como “Regresión Lineal Múltiple”, que relaciona la variable Y con las variables explicativas X_1 Y X_2 utilizando regresión lineal y en donde se analiza un modelo de la siguiente forma:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2$$

Ecuación 1. Modelo de Regresión Lineal Múltiple.

Fuente: (Hurtado T. et al., 2006, p. 154)

Para este trabajo, la variable respuesta (Y) representa los valores de las cantidades de obra realizadas para cada actividad particular, por hora, que se obtuvieron durante las tomas de datos y las variables explicativas X_1 Y X_2 , etc, representan cada una de las condiciones presentadas para cada actividad y, por último, los coeficientes b_0, b_1, b_2, b_n son la influencia de cada variable explicativa en la respuesta.

Este procedimiento se realiza para cada actividad y sub actividad si existe un conjunto de n observaciones, si por ejemplo son dos variables explicativas la matriz sería de la siguiente forma:

$$\begin{matrix} [X1 & X2 & Y] \\ \begin{bmatrix} X11 & X21 & Y11 \\ X12 & X22 & Y12 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ X1n & X2n & Y1n \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Esta técnica se utiliza para poder hallar los coeficientes $(b_0|b_1|b_2)$ de la Ecuación 1 y el error, que es el valor que se obtiene de la diferencia entre el valor que se observa y los obtenidos de la regresión.

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + e_i, \text{ donde } i=1, \dots, n$$

De acuerdo a la cantidad de observaciones del grupo de n parejas para los valores X_i , Y_i , se genera un sistema de ecuaciones lineales que se expresa en notación matricial así:

$$y = X\beta + e,$$

Teniendo en cuenta que:

$$Y = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix}, \quad X = \begin{bmatrix} 1 & X_{11} & X_{21} & \dots & X_{1n} \\ 1 & X_{12} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ 1 & X_{1n} & X_{2n} & \dots & X_{nn} \end{bmatrix}, \quad \beta = \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_n \end{bmatrix}, \quad e = \begin{bmatrix} e_0 \\ e_1 \\ e_2 \\ \vdots \\ e_n \end{bmatrix}$$

Cuando las ecuaciones se expresan de forma matricial, lo que se hace, al igual que en el modelo de regresión lineal simple, es encontrar los valores de los coeficientes b o del vector de estimación β . Una manera de encontrarlo es resolver el sistema de ecuaciones normales por el método de mínimos cuadrados y que se expresa de la siguiente forma:

$$X^T X\beta = X^T Y$$

Es decir, se debe encontrar un vector β tal que:

$$\hat{\beta} = (X^T X)^{-1} X^T Y,$$

Donde:

$X^T =$ *Matriz transpuesta de X*, es decir, la transpuesta de la matriz de datos obtenida de las n observaciones para las p variables.

Cuando una de las variables independientes es una combinación lineal de otra variable, no existe la inversa de la matriz $(X^T X)$ y el sistema de ecuaciones no tiene una única solución y entonces se dice que en ese caso existe una multicolinealidad entre las variables independientes, si se requiere que el sistema tenga una sola solución, se hace

necesario que las columnas de $(X^T X)$ sean linealmente independientes¹ lo que se evalúa estadísticamente gracias al Coeficiente de correlación lineal de Pearson², donde se requiere que la correlación $(X_i, X_j) = 0$ para todo $i \neq j$, o que la matriz de correlación del vector (X_1, X_2, \dots, X_p) sea idéntica.

Cuando se relacionan p variables independientes (X_1, X_2, \dots, X_p) con una dependiente (Y) , se usa el modelo de regresión de la ecuación 1, que se expresa en notación matricial así:

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & X_{11} & X_{21} & \dots & X_{1n} \\ 1 & X_{12} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ 1 & X_{1n} & X_{2n} & \dots & X_{nn} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_0 \\ e_1 \\ e_2 \\ \vdots \\ e_n \end{bmatrix}$$

El vector β , que representa la influencia de las variables explicativas en el vector respuesta, se obtiene minimizando la suma de los cuadrados de los errores u así:

$$u = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - b_0 - \sum_{j=1}^p b_j x_{ij})^2,$$

Lo que es equivalente a resolver el siguiente sistema de ecuaciones normales:

$$(X^T X \beta) = X^T Y$$

Donde:

$$\hat{\beta} = (X^T X)^{-1} X^T Y$$

Con las matrices $X^T X$ y $X^T Y$ de la forma:

¹ Según el Algebra Lineal un conjunto de vectores es linealmente independiente si ninguno de ellos puede ser escrito como una combinación lineal de los restantes, es así que si en R^3 el conjunto de vectores $(0,1,0)$, $(1,0,0)$ y $(0,0,1)$ serían linealmente independientes, en cambio $(2,1,0)$, $(2,0,-1)$ y $(4,1,-1)$ no lo es porque el tercero es la suma de los dos primeros.

² Este coeficiente es una medida de la relación lineal entre dos variables aleatorias cuantitativas, dicha correlación es independiente de la escala de medida de las variables.

$$X^T X = \begin{bmatrix} n & \sum X_{i1} & \sum X_{i2} & \sum X_{ip} \\ \sum X_{i1} & \sum X_{i1}^2 & \sum X_{i1}X_{ip} & \sum X_{i1}X_{ip} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \sum X_{ip} & \sum X_{ip} X_{i1} & \dots & \sum X_{ip}^2 \end{bmatrix} \text{ y } X^T Y = \begin{bmatrix} \sum y_i \\ \sum X_{i1} Y_i \\ \vdots \\ \sum X_{ip} Y_i \end{bmatrix}$$

De igual manera se puede evaluar el modelo de Regresión Lineal Múltiple así:

$$R^2 = \frac{\hat{\beta} X^T Y - n(\bar{Y})^2}{\sum_{i=1}^n Y_i^2 - n(\bar{Y})^2}$$

Ecuación 2. Evaluación del modelo de regresión múltiple

Fuente: (Hurtado T. et al., 2006, p. 160)

Donde,

R^2 = oscila entre 0-1, entre más cercano a 1 más confiable es el modelo.

5.1.1.3. Diseño de la muestra.

Para la selección de las variables a tener en cuenta en el desarrollo del modelo, se usaron aquellas que, dados los diferentes trabajos, artículos y libros, presentaron una mayor y mejor respuesta al momento de ser evaluadas por los autores, adicional a esto la selección también se realizó teniendo en cuenta los tipos de obras que se estaban llevando a cabo para el momento de la toma de muestras y de estas actividades se seleccionaron las más representativas de acuerdo a los sistemas constructivos usados.

La forma de escoger las variables explicativas para un modelo de regresión a veces puede arrojar resultados poco representativos por no tener estas una relación significativa con la variable respuesta, independientemente de que al momento del muestreo en dichas obras lo fueran o hicieran parte de la ruta crítica. Estadísticamente hablando existen diferentes métodos para seleccionar estas variables que van a significar un mayor aporte al modelo (variable respuesta) dentro de un grupo de variables explicativas, uno de ellos, es el usado para este trabajo y es el de selección por eliminación, el cual se desarrolla de la siguiente manera:

1. Con las variables explicativas seleccionadas se construye el modelo de regresión lineal múltiple.
2. Se eliminan las variables explicativas que presenten correlación lineal (para este procedimiento se puede efectuar inicialmente un barrido manual en Excel eliminando aquellas variables explicativas que presenten igualdad de condiciones y cambios en exactamente los mismos puntos que otras variables, lo que representa un primer aporte para depurar un poco más el modelo antes de ingresarlo al programa).
3. Se determina el porcentaje de incidencia en el error que generan las variables explicativas que quedaron en el modelo de regresión.
4. Se eliminan aquellas variables que no representen un aporte significativo al modelo (variable respuesta), en este caso que no presenten un aporte significativo al rendimiento.
5. Se construye el nuevo modelo de regresión con las variables que si lo generaron (aporte significativo al modelo) y luego se construyen las ecuaciones en función de las variables explicativas que van a dar el intervalo de predicción.

Cabe resaltar que, dado que las matrices son muy grandes, es decir, contienen en algunos casos, por ejemplo, 600 datos o más, se recurrió a la programación en la calculadora HP 50G para hacer el proceso matricial, obtener la ecuación, asignar valores a las variables y con ello, verificar los límites del intervalo.

Adicional a esto, entre menor sea la diferencia en el intervalo mayor es la confiabilidad del mismo.

5.1.1.3.1. Intervalos de Predicción.

Se trata de encontrar un intervalo confiable y que esté en función de las variables más representativas dentro del cual oscilara el rendimiento más adecuado de la mano de obra para una actividad determinada. Una de las aplicaciones del modelo de regresión lineal múltiple consiste en realizar predicciones de valor de la variable respuesta (Y), que representa la cantidad de obra realizada en una hora a partir de los valores de las variables explicativas (X_1, X_2, \dots, X_p) que representan las condiciones de cada obra para cada actividad.

Tomando el modelo de la Ecuación 1 se tiene:

$$Y_i = b_0 + b_1X_{1i} + b_2X_{2i} + \dots + b_pX_{pi} + e_i$$

Y que se representa matricialmente así:

$$Y = X\beta + e_i$$

Donde Y y e son vectores de dimensión n, β , vector de dimensión (p+1) y la matriz X que tiene dimensión $n_x(p + 1)$.

El vector β se elimina por mínimos cuadrados:

$$\hat{\beta} = (X^T X)^{-1} X^T Y$$

Y el vector $\hat{\beta}$ es un estimador insesgado³ (β), es decir que, $E[\hat{\beta}] = \beta$ y la matriz de varianza- covarianza es:

$$V(\hat{\beta}) = \sigma^2(X^T X)^{-1}$$

³ Sea β un estimador puntual de un parámetro β . Entonces β es un estimador insesgado de β , si $E \beta = \beta$, de lo contrario se dice que es sesgado. En palabras, un estimador insesgado es aquel cuya media o valor esperado de la distribución de las estimaciones es igual al parámetro estimado.

Esto suponiendo que los errores e_i tienen varianza constante σ^2 , si también se cumple el supuesto de que los errores tienen distribución normal estándar $N(0, \sigma^2)$, el vector $\hat{\beta}$ tiene distribución normal multivariante con valor esperado β y matriz de varianza-covarianza $\sigma^2(X^T X)^{-1}$. Si se conoce el valor de σ^2 , se obtiene lo siguiente:

$$\hat{\beta}_i \approx N(\beta_i, \sigma^2, a_{ii}),$$

a_{ii} , =i-esimo elemento en la diagonal principal de la matriz $(X^T X)^{-1}$, por lo tanto,

$$\frac{\hat{\beta}_i - \beta_i}{\sqrt{\sigma^2 a_{ii}}} \approx N(0, 1),$$

El intervalo para $\hat{\beta}_i$ se obtiene:

$$\left(\hat{\beta}_i - n_{\frac{\alpha}{2}} \sqrt{a_{ii}}, \hat{\beta}_i + n_{\frac{\alpha}{2}} \sqrt{a_{ii}} \right)$$

Para un nivel de confianza de $(1 - \alpha)$, $n_{\frac{\alpha}{2}}$ cuantil correspondiente a una probabilidad de $\left(1 - \frac{\alpha}{2}\right)$ en la distribución normal estándar.

Como en la práctica el valor de σ^2 no se conoce debe ser estimado por el cuadrado medio del error (RMSE) y el intervalo de confianza para β_i será:

$$\left(\hat{\beta}_i - t_{\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{\sum e_i^2}{n-p}} a_{ii}, \hat{\beta}_i + t_{\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{\sum e_i^2}{n-p}} a_{ii} \right),$$

Con $t_{\frac{\alpha}{2}}$ el valor de la distribución $t(n - p + 1)$ correspondiente a una probabilidad $1-\alpha$, después de obtener el intervalo de confianza para β , la predicción de la variable respuesta Y se obtiene en términos de las variables explicativas:

$$C^T = (X_1, X_2, \dots, X_p) \text{ Así,} \\ \hat{y} = C^T \hat{\beta}$$

Ecuación 3. Modelo general para el valor respuesta o rendimiento esperado

Fuente: Hurtado, T. et al., (2006)

Y el intervalo de confianza para la esta predicción es:

$$CT \beta - t_{\alpha/2} RMSE \sqrt{CT XTX^{-1}C}, CT \beta + t_{\alpha/2} RMSE \sqrt{CT XTX^{-1}C}$$

Ecuación 4. Modelo general para el intervalo de predicción

Fuente: Baena y García (2015)

Donde, $t_{\alpha/2}$ es una probabilidad de $(1- \alpha/2)$ que depende de la cantidad de datos de la muestra y se obtiene de la tabla de distribución t de Student; $t_{\alpha,V}$ para $P(t \geq t_{\alpha,V}) = \alpha$.

RMSE= Raíz cuadrada del cuadrado medio del error.

5.2.Marco Espacial

Para la realización del presente trabajo de grado se tuvieron en cuenta las obras localizadas en el Departamento del Quindío, Municipio de Armenia (ver Imagen 1;**Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) y en los diferentes sectores de la ciudad (ver Imagen 2), esto con el fin de darle un mayor soporte al desarrollo estadístico y mayor confiabilidad a las muest

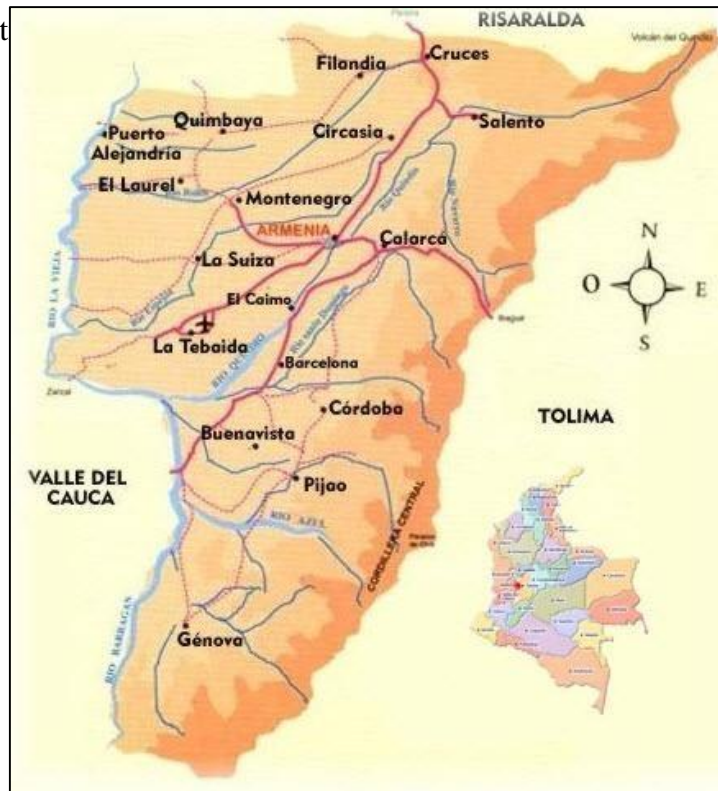


Imagen 1. Ubicación Municipio de Armenia

Tomado de <http://blade1.uniquindio.edu.co/uniquindio/ntic/trabajos/6/grupo1/quindio/paginas/index.htm>

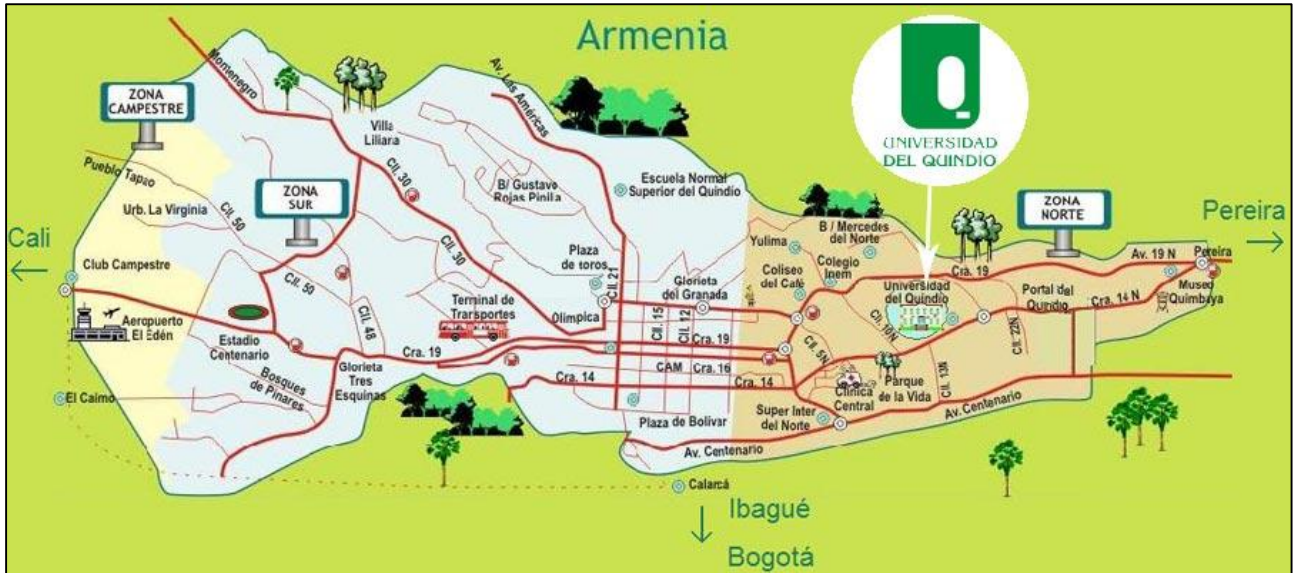


Imagen 2. Mapa del Municipio de Armenia

Tomado de: <http://www.mapade.org/armenia.html>

El proceso de recolección de la información se llevó a cabo por medio del seguimiento a 18 obras ubicadas dentro del perímetro urbano de la ciudad de Armenia, se realizó en esta cantidad de construcciones para poder recolectar datos suficientes que permitieran un análisis estadístico que fuera representativo y que permitiese obtener resultados con un porcentaje de incidencia del error menor al 10%, adicional es muy importante tener muestras de un número considerable de actividades para que al momento de unir la información estas concuerden en la mayor cantidad, permitiendo una cuantía más grande de datos y una respuesta estadística superior.

Además, la información debe ser confiable, teniendo por lo menos una semana completa por cada actividad (de ser posible), ya que todo depende del estado de avance en el que se encuentren las obras, el sistema constructivo y el tipo y la cantidad de actividades a desarrollar o en desarrollo.

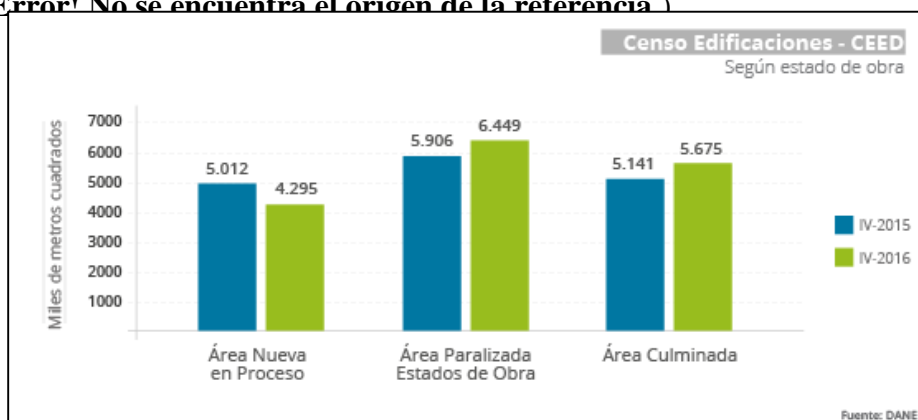
El factor mano de obra es por demás el elemento más importante, sin él ningún tipo de construcción podría llevarse a cabo, dado esto, medir los rendimientos y determinar las variables que pueden afectarlo es un elemento directamente relacionado.

Hablando de la importancia que tiene el sector de la construcción en la economía y desarrollo de un país, una región o una ciudad se puede decir con certeza que aporta un porcentaje importante al PIB, y es gracias a eso que se propicia un desarrollo y se fomentan incontables formas de mejorar la calidad de vida de las personas, de allí la importancia de que se trabaje a conciencia, de que cada día se restablezcan las condiciones de los trabajadores y de que se le preste mucha más atención al tiempo que se invierta en cada obra porque ello repercute no solo en la calidad sino también en el factor económico tanto para el contratista como para el contratante; para el primero se representa en una mejor programación y realización de análisis unitarios que permita menores costos y mayor aprovechamiento del tiempo y para el segundo genera un aprovechamiento de los recursos disponibles que en últimas siempre van a influir en los costos directos e indirectos. Por eso, tener una base confiable de rendimientos ayuda a que todos los sectores involucrados puedan optimizar y con ello disminuir costos para el consumidor final sin tener que desmejorar el producto a entregar.

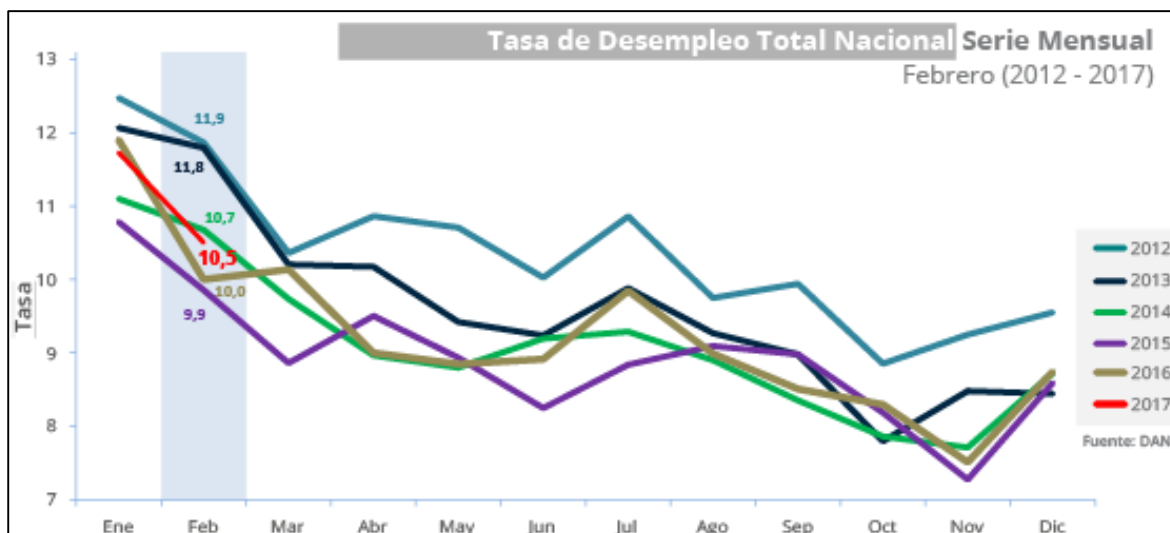
Según datos del Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (2016) (en adelante DANE) el PIB a precios constantes creció 1,6% con respecto al mismo trimestre de 2015 y de ello la construcción aportó un 3,5%, que se explica por un crecimiento en el subsector de edificaciones del 0,9% y de 5,1% en el subsector de obras civiles. Esto muestra que efectivamente este sector es de gran importancia para el desarrollo de la nación y soporta el argumento del aporte que se hace al PIB demandando un perfeccionamiento de la práctica.

Así mismo, para el IV trimestre de 2016, en el censo de edificaciones⁴ del DANE se observa que el 70,8% del área censada se encontraba en proceso de construcción, el 15,5% paralizada y el 13,7% había terminado el proceso constructivo para el momento del censo. Si se observa el porcentaje de obras en desarrollo, se puede ver que es bastante alta, que el sector cada día crece más y a una tasa acelerada, por lo que es indispensable el mejoramiento de todos los procesos constructivos y una mejor planeación de las obras (Ver

Gráfica 1; **Error! No se encuentra el origen de la referencia)**



Gráfica 1 Censo de Edificaciones IV trimestre de 2016
Fuente: DANE



Gráfica 2 Tasa de desempleo total Nacional de 2012- marzo de 2017
Fuente: DANE

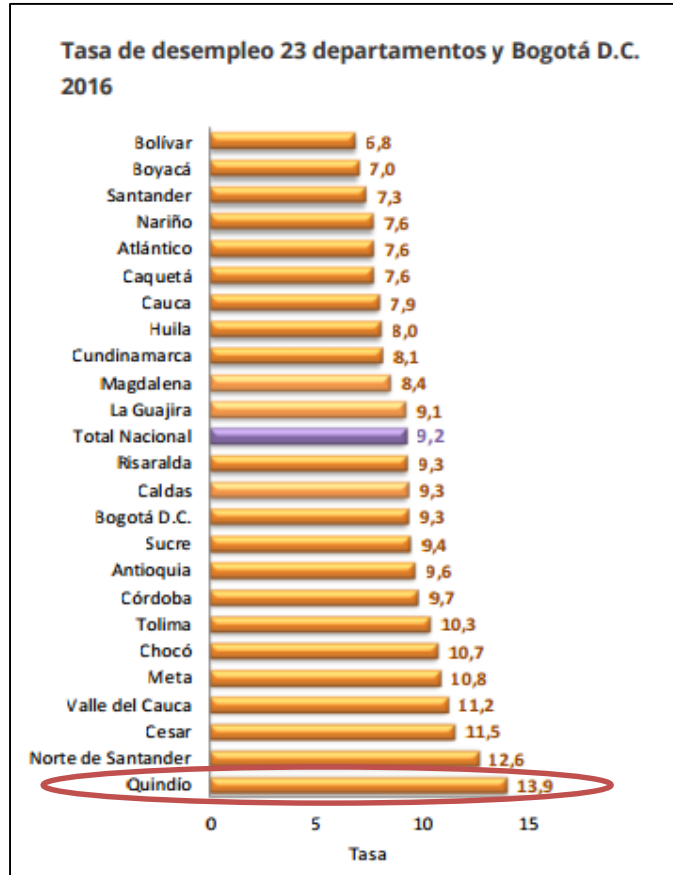
⁴ Determina el estado actual de la actividad edificadora para establecer su composición, evolución y producción, contribuyendo a la medición y cálculo de los principales agregados macroeconómicos.

La *Gráfica 2* representa los resultados de la Gran Encuesta Integrada de Hogares (en adelante GEIH⁵), mostrando que en febrero de 2017 el desempleo estuvo en 10,5%, que es lo característico de este mes, la tasa de participación fue de 64% y de ocupación del 57,3%.

Según el diario Portafolio, el director del DANE hizo referencia a que “En febrero de 2017 se encontraron 21 millones 851 mil personas ocupadas en el total nacional, la cifra más alta para este mes en los últimos 16 años. En febrero de 2017, 32 mil personas más encontraron empleo”.

El reporte continúa informando que las ramas con mayor contribución a la generación de empleo de diciembre 2016 a febrero de 2017 fueron por una parte las relacionadas con inmobiliarias, servicios empresariales y alquiler y por otra, la Industria manufacturera. No obstante, en esta generación de empleo el protagonista es el sector formal aportando 10 veces más que el informal, todo gracias a la contribución que hace la industria de la construcción en este sector. Además, se debe hacer énfasis en que las menores tasas de desempleo se registraron en Santa Marta (8%), Barranquilla A.M. (8,2%) y Bucaramanga A.M. (9, 3%). Y que las ciudades con tasas de desempleo más altas fueron Cúcuta A.M. (18,0%), Quibdó (16,9%), Riohacha (15,6%) y Armenia (15,1%) de las 23 ciudades con desempleo 4 fueron de un dígito y 9 presentaron variación negativa.

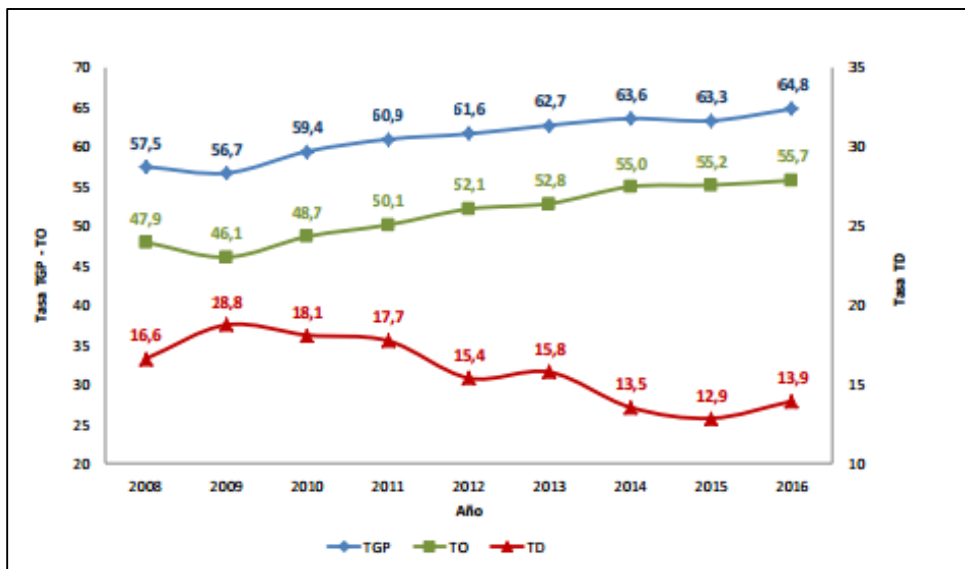
⁵ **La Gran Encuesta Integrada de Hogares es una encuesta mediante la cual se solicita información sobre las condiciones de empleo de las personas** (si trabajan, en qué trabajan, cuánto ganan, si tienen seguridad social en salud o si están buscando empleo), además de las características generales de la población como sexo, edad, estado civil y nivel educativo, se pregunta sobre sus fuentes de ingresos. proporciona al país información a nivel nacional, cabecera - resto, regional, departamental, y para cada una de las capitales de los departamentos. DANE



Gráfica 3 Tasa de desempleo 2016 para el Departamento del Quindío
Fuente: DANE

Como lo muestra la *Gráfica 3*, el Departamento del Quindío es el que presenta el mayor índice de desempleo del país, lo que muestra que a pesar del auge que está teniendo la construcción en el Departamento, dicho sector aporta poco para disminuir esta tasa.

Según el DANE, en 2016 para el Quindío la tasa global de participación fue 64,8%, presentando un aumento de 1,5 puntos porcentuales frente al año 2015 (63,3%). La tasa de ocupación se situó en 55,7% y la tasa de desempleo fue 13,9% (Ver *Gráfica 4*; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).



Gráfica 4 Tasa global de participación, de ocupación y de desempleo Quindío 2008 - 2016
Fuente: (DANE, 2017, p. 18)

Así mismo, para la ciudad de Armenia, Capital del Departamento se presentan los indicadores relacionados en la *Tabla 1*, *Tabla 2*, *Tabla 3*, *Gráfica 5* y *Gráfica 6*:

Indicador	Diciembre 2015 - febrero 2016		Diciembre 2016 - febrero 2017	
	Total Nacional	Armenia	Total Nacional	Armenia
TGP (%)	64,7	62,3	64,1	64,0
TO (%)	58,1	52,8	57,5	54,4
TD (%)	10,2	15,3	10,3	15,1
OCUPADOS (MILES)	21.859	125	21.931	130
DESOCUPADOS (MILES)	2.473	22	2.524	23
INACTIVOS (MILES)	13.287	89	13.670	86

Tabla 1 Resumen indicadores ocupados, desocupados e inactivos para la ciudad de Armenia 2016
Fuente: (DANE, 2017, p. 3)

Diciembre 2016 - febrero 2017							
DOMINIO	TGP	TO	TS (subj)	TS (obj)	TD (2017)	TD (2016)	Variación TD
Cúcuta AM	61,1	50,1	21,9	11,0	18,0	17,5	+
Quibdó	61,2	50,9	22,7	6,4	16,9	19,3	-
Riohacha	63,4	53,5	32,6	15,5	15,6	13,8	+
Armenia	64,0	54,4	30,9	14,9	15,1	15,3	-
Popayán	59,2	50,8	26,1	10,9	14,2	12,8	+
Ibagué	66,1	57,1	30,1	11,8	13,6	16,1	-
Valledupar	58,9	50,9	16,1	7,1	13,6	10,9	+
Villavicencio	65,2	56,4	19,0	9,3	13,4	12,3	+
Neiva	67,8	59,0	30,6	12,3	13,0	12,2	+
Florencia	59,9	52,3	22,2	9,6	12,6	12,5	+
Manizales AM	60,1	52,6	17,4	6,1	12,4	10,7	+
Cali AM	68,6	60,3	31,2	11,2	12,1	11,7	+
Medellín AM	66,1	58,3	25,5	9,3	11,8	12,7	-
Total 23 ciudades y AM	66,7	59,0	23,4	9,2	11,5	11,5	=
Bogotá DC	70,2	62,1	21,5	7,8	11,5	11,0	+
Sincelejo	65,9	58,3	31,3	14,2	11,4	9,8	+
Total 13 ciudades y AM	67,3	59,6	23,1	8,9	11,4	11,4	=
Tunja	60,8	54,0	20,7	8,1	11,2	12,2	-
Montería	61,6	55,2	12,8	6,0	10,4	10,4	=
Pasto	68,6	61,7	35,8	16,9	10,1	11,8	-
Pereira AM	64,8	58,3	16,7	8,2	10,0	11,9	-
Cartagena	58,2	52,6	10,9	3,5	9,5	8,8	+
Bucaramanga AM	68,7	62,3	22,4	9,2	9,3	8,8	+
Barranquilla AM	65,7	60,3	22,5	9,9	8,2	8,8	-
Santa Marta	59,2	54,5	26,5	12,6	8,0	9,5	-
San Andrés*	71,2	67,1	5,0	1,8	5,7	6,5	-

Tabla 2 Indicadores de mercado laboral por ciudad
Fuente: (DANE, 2017, p. 4)

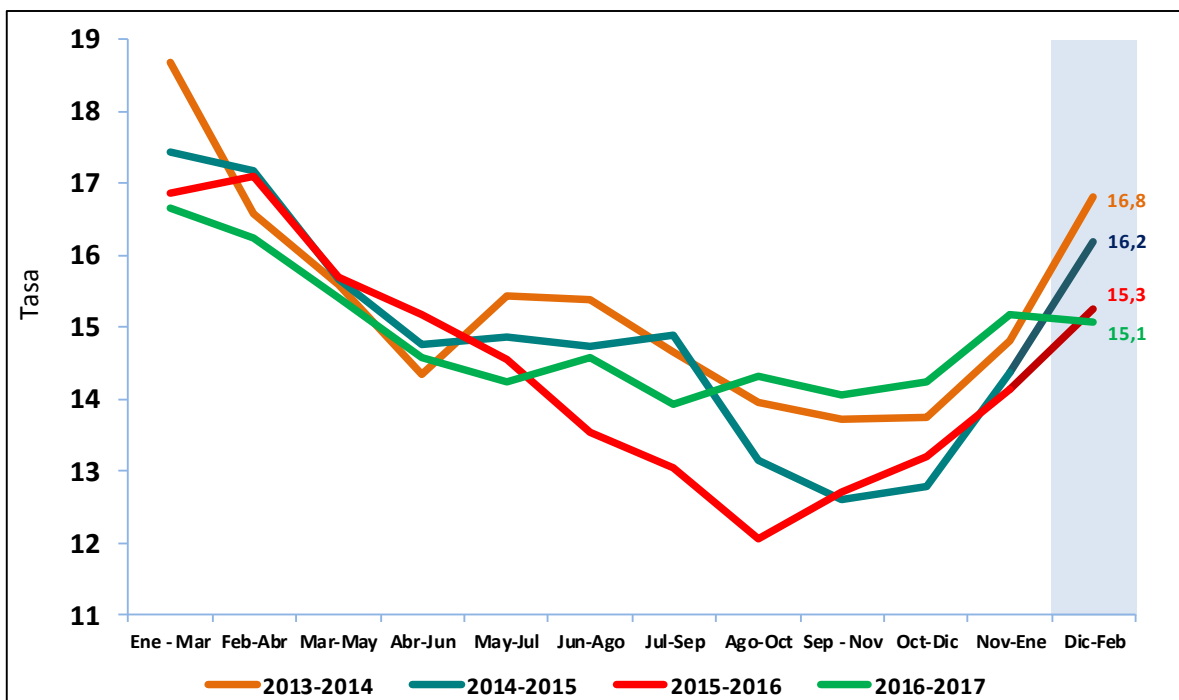
Poblaciones	Variación			
	Dic 15 - Feb 16	Dic 16 - Feb 17	Absoluta	%
Ocupados	125	130	5	3,7
Desocupados	22	23	1	2,4
Inactivos	89	86	-4	-4,0

Fuente: DANE - GEIH

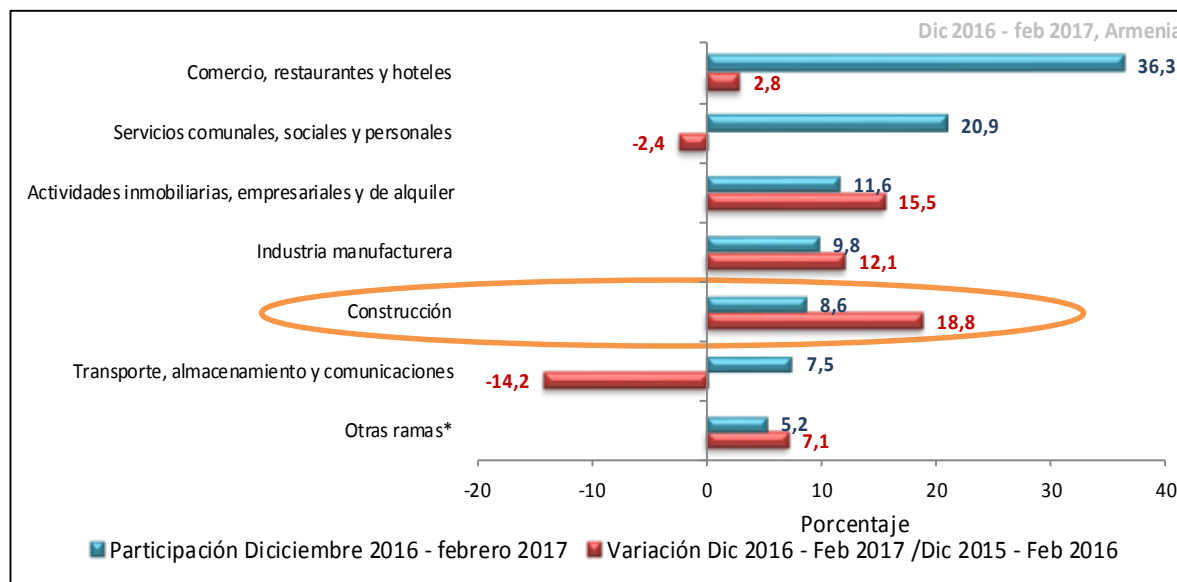
Nota: Resultado en miles. Por efecto de redondeo en miles los totales pueden diferir ligeramente

Nota: Datos expandidos con las proyecciones de población elaboradas, con base en los resultados del Censo 2005

Tabla 3 Indicadores de mercado laboral por ciudad
Fuente: (DANE, 2017, p. 7)



Gráfica 5 Tasa de desempleo Armenia 2013-2017
Fuente: (DANE, 2017, p. 6)

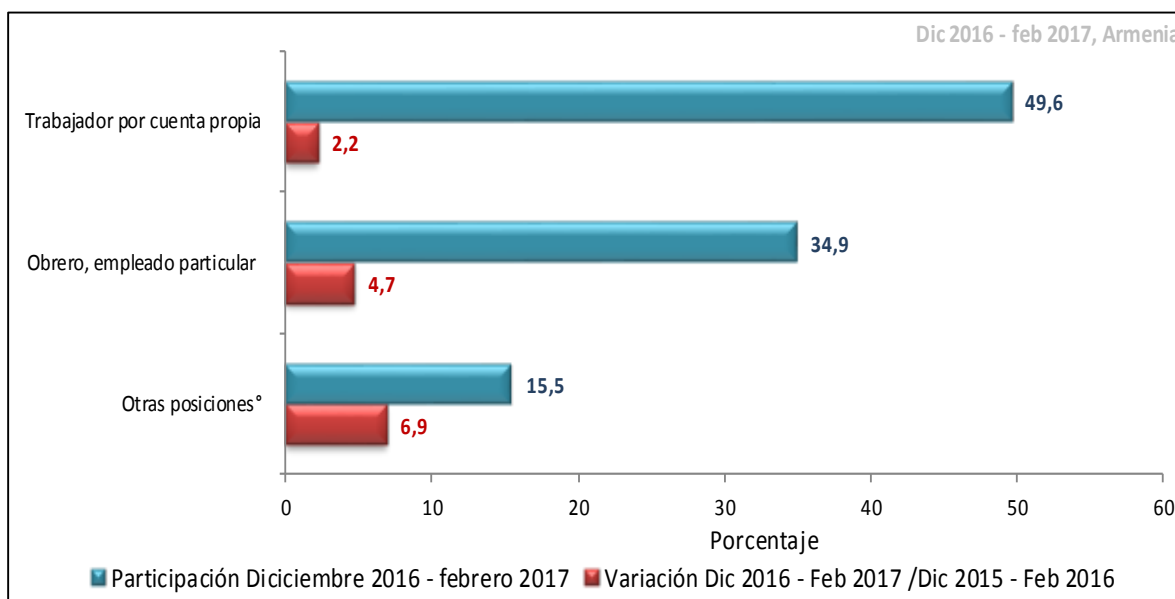


Gráfica 6 Distribución porcentual y variación de la población ocupada, según ramas de actividad
Fuente: (DANE, 2017, p. 9)

La Gráfica 5, muestra la variación del desempleo en la ciudad de Armenia desde el año 2013, donde se muestra que para el año 2016-2017 primer bimestre la tasa de desempleo se encuentra en 15.1%, que es la menor presentada desde el año 2013.

Adicional, como se observa, el sector de la construcción para la ciudad de Armenia según el DANE tuvo una participación de diciembre de 2016 a febrero de 2017 del 8,6% en la población ocupada y así mismo presenta una variación con respecto al mismo periodo del 2015-2016 del 18,8%, donde se identifica un incremento, pero aun así sigue siendo insuficiente para cubrir la demanda de la población, considerando que este tipo de trabajo lo realizan en su mayoría personas con niveles bajos de educación (fuerza laboral básica), pero que suman en gran medida a la población laboralmente activa censada.

La última gráfica muestra la distribución porcentual y variación de la población ocupada, según posición ocupacional para la ciudad de Armenia.



Gráfica 7 Distribución porcentual y variación de la población ocupada, según posición ocupacional para la ciudad de Armenia.

Fuente: (DANE, 2017, p. 12)

Como se observa en la Gráfica 7, entre obreros y empleados particulares la participación de diciembre del 2016 a febrero de 2017 es del 34,9% y la variación con respecto al mismo periodo 2015-2016 fue del 4,7%, lo que indica que aunque no es el mayor aportante si ha mejorado la situación de empleo de la ciudad, sin embargo, sigue siendo insuficiente para cubrir la demanda de trabajo para el sector, lo que se evidencia en

la cantidad de personas que solicitan empleo en las diferentes construcciones en desarrollo dentro de la ciudad.

6. Método

Mediante el siguiente flujograma (*Imagen 3*), se presenta el paso a paso realizado para la determinación de los rendimientos de la MO, para cumplir con el objetivo general y los objetivos específicos planteados en el proyecto, dando inicio con el planteamiento del proyecto y la revisión bibliográfica, para luego lograr la identificación de las variables a analizar, seguido de la selección de las obras para la toma de datos en cantidad y pertinencia, para dar paso a la determinación del método y las herramientas de recolección de la información, que continúen con la definición de las actividades a evaluar, el análisis estadístico por el método seleccionado, el cálculo de las variables objeto de estudio, las conclusiones y las recomendaciones.

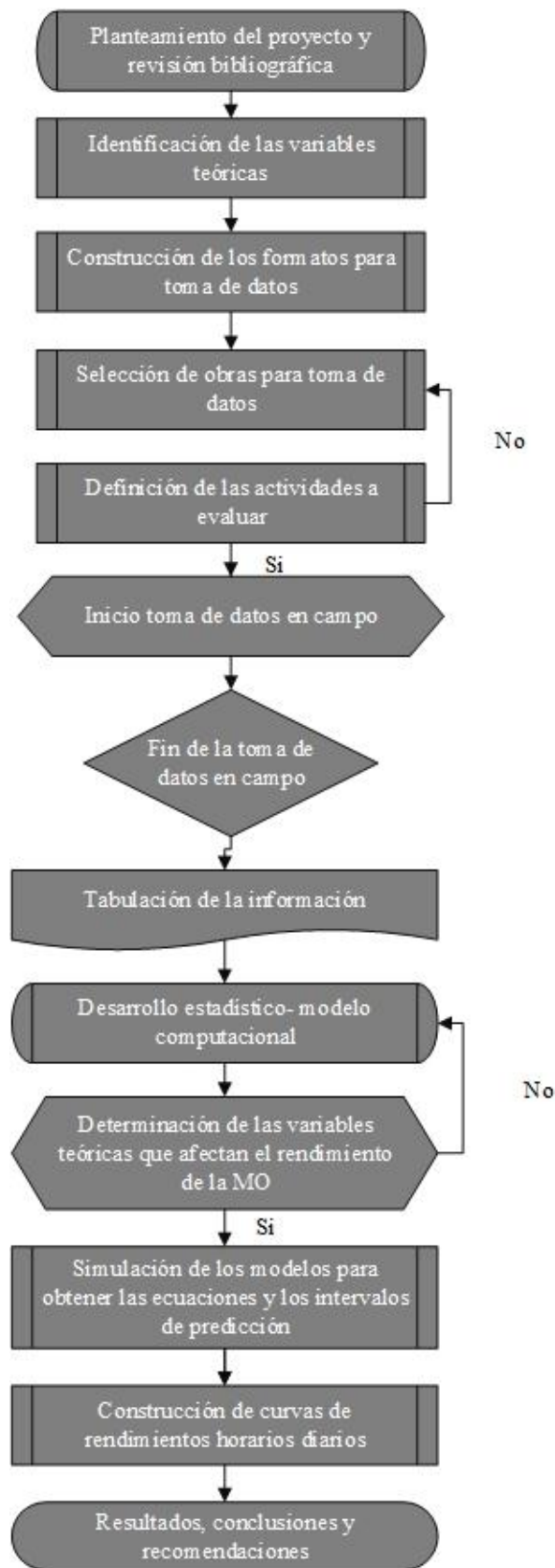


Imagen 3 *Flujograma Método*
Fuente. Elaboración propia

6.1.Revisión Bibliográfica

Tal como se presenta, la revisión bibliográfica se fundamentó en los diferentes artículos, libros y trabajos encontrados sobre el tema en particular y que son relevantes para el desarrollo del proyecto tanto a nivel de la Ingeniería como de la Estadística Básica y la Algebra Lineal, en lo relacionado con la Ingeniería la información fue avalada por el Ingeniero Luis Fernando Polania Obando director del Proyecto de Grado, y en Estadística Básica y Algebra Lineal por el Estadístico Luis Hernando Hurtado Tobón.

6.2.Identificación de las Variables Teóricas

Existen diferentes factores que pueden afectar el rendimiento de la MO de manera positiva o negativa durante el desarrollo de una actividad X en una construcción, dichas variables lo afectan directamente en lo relacionado con el tiempo y el dinero que se requiere en el desarrollo de la obra, de allí la importancia de identificarlas y estudiarlas para minimizar su impacto y al mismo tiempo ayudar a que haya una mejor organización al momento de iniciar, es más, desde la creación misma del proyecto pues al presupuestar y programar con datos confiables de rendimientos que estén basados no en tablas teóricas, sino, que sean identificados y desarrollados mediante un proceso de análisis estadístico fundamentado por la observación directa, se contribuye a generar ahorros considerables, siempre y cuando no se presenten factores que alteren el normal desarrollo de las actividades.

Sin embargo, para poder determinar el intervalo de predicción de los rendimientos se hace indispensable incluir esos factores de alteración, positivos o negativos y, para determinar que variables son las realmente importantes se debe consultar la bibliografía estudiada, pues allí se consignan los factores que han sido identificados como relevantes y

que han demostrado tener incidencia en el rendimiento. Dado lo anterior, para determinar las variables teóricas que afectan ese rendimiento se recurre a la experiencia de Ingenieros constructores y del director del proyecto, quienes son conocedores del tema.

Después de realizar el análisis para identificar cuáles de esos factores teóricos son aplicables de acuerdo a las características de la zona en cuestión y con asesoría del Director del proyecto se determinó separarlos en tres grupos de la siguiente manera:

✚ **Grupo N°1:** Variables que identifican la generalidad de la actividad y del proyecto, a saber:

- ✓ Cuadrilla A: B: C⁶: Donde A es el número de maestros que participan en la actividad, B el número de oficiales y C el número de ayudantes. Para tabular la información, se coloca la cuadrilla en números teniendo en cuenta la cantidad de personas que la conforman, y de acuerdo con la actividad particular que se analiza.
- ✓ Programa SISO: Según la Organización Internacional del Trabajo, la salud ocupacional es el conjunto de actividades multidisciplinarias encaminadas a la promoción, educación, control, recuperación y rehabilitación de los trabajadores, para protegerlos de los riesgos de su ocupación y ubicarlos en un ambiente de trabajo de acuerdo con sus condiciones fisiológicas. La Seguridad Industrial y Salud Ocupacional (en adelante SISO) es la encargada de velar por el correcto desarrollo de las actividades en los referentes a elementos de protección personal y salud ocupacional. Se marca con uno (1) si la obra estudiada presenta un programa SISO y con cero (0) en caso contrario.

⁶ En la práctica solo se utilizan oficiales y ayudantes porque el maestro está considerado como un costo indirecto, por consiguiente para efectos de este estudio se involucra como parte de la supervisión

- ✓ **Supervisión:** La alta calidad de los trabajos y en gran medida los tiempos de ejecución en buena parte, dependen del tipo de supervisión que se ejerza y el nivel de capacitación que posea quien realiza esta labor, para efectuar el análisis se emplea uno (1) si hubo supervisión y cero (0) si no la hubo, según Botero, L. (2002) los elementos que deben evaluarse en este ítem son las instrucciones de trabajo y el seguimiento, para verificar que los obreros realicen las actividades siguiendo instrucciones y cumpliendo con las actividades requeridas para su ejecución. Cabe mencionar que en los formatos de toma de muestras se incluye un aparte para poner, en caso de haber supervisión, quien la realiza.
- ✓ **Relación entre los trabajadores:** “la falta de un líder o el conflicto por el liderazgo pueden afectar el rendimiento. Las diferentes idiosincrasias pueden también generar aspectos negativos” (Gómez, Cruz Baquero, Otálvaro, y Agudelo, 1995: 26), en diferentes teorías administrativas se hace énfasis en las relaciones de los trabajadores como índice de aumento de la productividad, lo que se ve reflejado en el rendimiento de las mismas, para este ítem se presentan tres alternativas: relaciones buenas, regulares y malas, marcándose con uno (1) la situación presentada y con cero (0) las restantes.
- ✓ **Materiales:** Si los materiales no están a tiempo es posible que se presenten retrasos en la ejecución de las actividades y por ende, en el desarrollo de la obra en su totalidad, más aún si son actividades críticas. Es lógico que sin materiales los obreros pierdan tiempo y que este se vea reflejado en el cumplimiento no solo de dichas actividades sino de la ejecución total y entrega a tiempo del proyecto, sea cual sea su origen. Es deber del Ingeniero tener los materiales disponibles en obra para sus trabajadores y prever eventualidades que lo retrasen, sin querer decir con esto que se

debe tener exceso de inventario, pero por lo menos si el necesario para que durante la semana los tiempos de las actividades no sufran retrasos. Para el proceso estadístico se denota con uno (1) si el material estuvo a tiempo en la obra y con cero (0) en caso contrario.

- ✓ Tipo de contrato: Se refiere a la forma de pago que tiene el trabajador. “la cuantía y forma de la remuneración, ya sea por unidad de trabajo, por obra ejecutada por tarea, a destajo u otra cualquiera, y los periodos que regulen el pago”. (Corporativo, 2008), en el trabajo se toman dos modalidades, al día, que se marca con uno (1) o al destajo, que se marca con cero (0).
- ✓ Complejidad de la obra: Se definió de acuerdo a la cantidad de pisos del proyecto de la siguiente manera, estructuras de cero a tres pisos, complejidad baja; estructuras de cuatro a ocho pisos, complejidad media; y estructuras con altura mayor a ocho pisos, complejidad alta. Para el proyecto se marca con uno (1) la complejidad que se presente y con cero (0) las restantes.
- ✓ Condiciones del sitio: Esta se refiere al sitio de trabajo donde se desarrolla la actividad, si en una obra se presenta mucho o poco desorden se contribuye con el retraso en la ejecución de las actividades, pero más que eso:

La definición clara y ordenada de áreas de circulación y áreas de almacenamiento, la descarga ordenada y apilamiento correcto de los materiales y elementos de trabajo, además de la limpieza, la remoción de clavos, el orden, la devolución de material sobrante y de toda herramienta o equipo que no tenga utilización inmediata. (Gómez, et al., 1995, p. 25).

Para el trabajo se definen condiciones buenas, regulares o malas, se toma como uno (1) la situación que se presenta en la actividad que se estudia y como cero (0) las restantes.

- ✓ Estado de las herramientas: Este elemento influye directamente en el desarrollo y rendimiento de una actividad, dado que su estado puede ocasionar retrasos y más aún si las herramientas no se encuentran disponibles para el trabajo, sin ellas, no es posible realizar ninguna actividad por parte del trabajador, por lo tanto, se considera elemento indispensable de estudio. Para analizar este ítem se usan tres posibles alternativas: buena, regular y mala, se marca con uno (1) el estado en que se encuentran para cada actividad considerada y con cero (0) los estados restantes.
- ✓ Planeación de las actividades: Este factor considera la importancia de planificar la ejecución de las diferentes actividades incluyendo su proceso constructivo y de comunicarla con el personal asignado para el desarrollo de cada actividad específica, situación necesaria para poder llevar un orden adecuado y cumplir con los tiempos, adicional, sin este elemento se presentaría un desorden generalizado bastante costoso en tiempo y dinero, además de eso se debe considerar que:

Para que el trabajo se inicie, es necesario que previamente se hayan dado las órdenes y las autorizaciones generales y especiales para su realización, es necesario hacer una programación cuidadosa y detallada de las actividades, que permita que el personal conozca cual es la tarea específica que debe desarrollar y que pueda disponer de todos los recursos para llevarla a cabo”. (Gómez, et al., 1995, p. 25).

Para el proyecto se marca con uno (1) si hubo planeación de las actividades y con cero (0) en caso contrario.

✓ **Clima:** El clima es un factor muy mencionado en otros proyectos dado que se ha demostrado su relevancia dependiendo del estado de la obra, según Botero, L. (2002) al cubrir este aspecto se analizan los antecedentes dependiendo de la temporada, también se miran las condiciones predominantes del lugar, el estado del suelo del lugar de la obra y si la actividad se desarrolla en zona cubierta o al aire libre. Para su análisis se utilizan tres posibles alternativas: soleado, lluvioso o nubado, para el procedimiento estadístico en el programa y en las matrices se usa uno (1) para el clima que se presente al momento de la toma de la información y cero (0) para los eventos restantes.

✚ **Grupo N°2:** Información personal de los obreros: Este grupo contiene las variables que se analizan con respecto a la información personal de los trabajadores.

✓ **Región:** Se define la zona de donde proviene el obrero, el lugar donde adquirió sus conocimientos o hábitos de trabajo, como es factible que esta variable contenga muchos lugares, se determinó dividirlo por regiones, así: Andina, Pacífica, Atlántica, Orinoquia, Caribe e Insular. Para tabular esta variable, se marca con (1) el lugar al cual pertenece, o donde inició su vida laboral el trabajador y con (0) las regiones restantes.

✓ **Experiencia:** Según los planteamientos de Polania, L., Echeverry, J., y Pulgarín, R. en el tema de la experiencia, es importante:

La experiencia previa de las personas involucradas en el desarrollo de las tareas es primordial a la hora de establecer la duración de las actividades, rendimientos obtenidos en cartillas especializadas o de proyectos anteriores son un buen punto de partida, pero no se pueden considerar como de validez absoluta, pues siempre


requieren ser ajustadas a las condiciones propias del proyecto que se quiere ejecutar (2009, p. 149)

Es así que contar con experiencia previa en el campo de la construcción, le permite a la persona tener un mayor control de los elementos que pueden interferir y retrasar la tarea, para el caso actual la variable se define por la experiencia del obrero y se expresa en años, si el trabajador cuenta con experiencia en el sector se marca con el número de años, en caso contrario se marca con cero.

- ✓ Especialización: con esta variable se mide el grado de especialización en años que tenga el obrero (oficial y ayudante) en la ejecución de actividades específicas, contrario a la experiencia, la especialización se puede medir no solo por la cantidad de estudios previos certificados que tenga la persona en el desarrollo de las actividades, sino también con conocimientos empíricos adquiridos por la repetición en el desarrollo de diversas labores. Para tabular la información, si el obrero tiene especialización en la realización de la actividad se marca con el número de años y en caso contrario se marca con cero (0).
- ✓ Edad: Esta variable es importante ya que en muchos casos, la edad puede influenciar el rendimiento, ya sea por joven o por viejo; se cree en teoría, que en el primer caso, la persona rinde más por estar en mejores condiciones físicas y que si está muy mayor no tendrá la misma capacidad de producir que el anterior. Esta variable mide los años cumplidos que tienen las personas que realizan cada una de las actividades, para tabularla se ingresa la edad de la persona de la cuadrilla que mayor incidencia tiene en el rendimiento de la actividad.
- ✓ Nivel de educación: A pesar de que para este tipo de trabajo no se exige un nivel de educación específico, el tenerlo repercute positivamente en el desarrollo de las

actividades y su rendimiento, así como su calidad. Para este caso se mide el nivel de educación de cada trabajador presente en las tareas, de acuerdo a las cuadrillas y se tabula así: primaria, bachiller y superior y se marca con uno (1) el nivel educativo del trabajador que mayor incidencia tiene en el rendimiento y con cero (0) los dos factores restantes.

- ✓ Entrenamiento previo a la realización de la tarea: Se dirige principalmente al obrero directamente relacionado con el desarrollo de la actividad, se lleva el registro de si recibió instrucción o no la recibió, para tabular, se marca con uno (1) si tiene entrenamiento previo y con cero (0) si no lo tiene.

 **Grupo N°3:** Información gerencial y administrativa del proyecto.

- ✓ Habilidades gerenciales: Son las competencias que indican el desempeño de los directivos y toda persona relacionada con la parte administrativa y de ejecución de un proyecto. “las competencias gerenciales están compuestas por: gestión y acción por objetivos, liderazgo, gestión de recursos humanos, dirigir subordinados, enfoque a otras personas y conocimiento específico” (Medina, M., Armenteros, M., Guerrero, L., y Barquero, J., 2012, p. 82). Si se toma este criterio, esta variable se enfoca a determinar si hay quien tome decisiones, programe la ejecución de las actividades, dirija al personal o plantee estrategias de trabajo en la obra al momento de realizar las actividades, entonces se ingresa uno (1) si existe esta persona o cero (0) en caso contrario.
- ✓ Programación: La programación es indispensable para el buen desarrollo de los proyectos y va ligada al factor tiempo, que determina su duración, fluctuaciones u holguras, además de su ruta crítica, necesaria para determinar las actividades que podrían generar cambios drásticos en los tiempos y determinar el inicio y el final del

proyecto. Con esta variable se quiere determinar si la ejecución de las actividades se realiza teniendo en cuenta algún tipo de programación previamente establecida, así es que para tabularla se ingresa uno (1) si existe programación y cero (0) en caso contrario.

- ✓ Administración del equipo y materiales: Si para el desarrollo de las actividades se cuenta con los equipos, herramientas y materiales adecuados e inmediatos, lo más probable es que éstas se ejecuten de la manera adecuada y en los tiempos establecidos, ayudando a mejorar los rendimientos y la calidad de las obras de construcción. Es de suma importancia que este claramente establecido quien es el responsable de entregar y cuidar estos insumos para que se garantice así mismo un adecuado control, lo que lleva ineludiblemente a disminuir los costos por desperdicios, por ejemplo. Lo que se busca determinar con esta variable es precisamente si hubo o no control en la entrega y cuidado de los materiales y equipos, entonces, se ingresa uno (1) si hubo dicho control y cero (0) en caso contrario.
- ✓ Control de calidad: De acuerdo con el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (1997), el reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente declara en el literal I.2.4.4 del título I de NSR-10 que “la construcción de las estructuras se realice utilizando materiales que cumplan con los requisitos generales y normas técnicas de calidad establecidas por el reglamento para cada uno de los materiales” (p. 6). De acuerdo con esto, se analiza esta variable para determinar si hubo o no control de calidad en el desarrollo de cada actividad, es así que se ingresa uno (1) si hubo dicho control o cero (0) en caso contrario.

6.3. Construcción de los Formatos

Para la construcción de los formatos que servirán como herramienta en la toma de datos de campo se tuvieron en cuenta diferentes aspectos generales y específicos, considerando que no era posible que las 18 obras fueran copias idénticas en lo que se refiere a tipo de estructura, personal, cantidad, ubicación y en general muchas de las actividades. Dado lo anterior, se buscó que los formatos tuvieran la información pertinente y que aunque se presentaran diferencias en las obras y actividades, no se convirtiera esto en un bloqueo, sino que por el contrario, fuera simple consolidar la información al momento de la toma de las muestras y de la tabulación y organización, para generar las matrices que permitiesen el análisis de la información.

También se tuvo en cuenta el proyecto de grado de Valencia (2011), donde se diseñó una metodología para la realización de un estudio que soporte una base de datos de consumos y rendimientos de mano de obra para el sector de la construcción en el departamento del Quindío y en donde se hace una primera aproximación a un tipo de formato de toma de muestras, pero que después se fortaleció para complementarlo con este trabajo.

Para establecer los formatos definitivos se buscó, dada la bibliografía estudiada, generar los elementos que se ajustaran al entorno de la construcción en la ciudad de Armenia y donde, como se mencionó antes, quedarán plasmados todos los elementos necesarios para que la toma de la información fuera completa y veraz.

El resultado fue la creación de tres formatos donde se incluyó la información correspondiente a cada actividad en cada proyecto a evaluar, el formato N°1, contiene la información correspondiente a la actividad a evaluar, el formato N°2 muestra la información de los trabajadores y el formato N°3, contiene la información gerencial y

administrativa de la actividad y del proyecto, el formato N° 4 contiene la información recolectada a través de los supervisores de la obra y en términos específicos de cada actividad sobre la incidencia de cada integrante de la cuadrilla en la actividad y por último se creó un formato adicional para verificar la asistencia permanente de los estudiantes a las obras y la veracidad de los datos consignados, dicho formato para tener validez debe estar firmado en cada visita por el Residente de Obra.

MODELO TOMA DE MUESTRA PARA RENDIMIENTO																													
Item	Actividad	Und	Muestra #	Fecha	Cuadrilla	Hora muestreo	Cantidad	PARAMETROS																					
								Clima		Estado Herramientas		Supervision			Materiales		Tipo de contrato		Experiencia		Condiciones del sitio		Relaciones entre trabajadores		Edad			Programa de SI	
								Sol	Lluvia	Buena	Mala	Si	No	Realizada por	A tiempo	Espera	Día	Destajo	Si	No	Buena	Mala	Buena	Mala	18-29	30-42	43-55	Si	No
						7:01-8																							
						8:01- 9																							
						9:01-10																							
						10:01-11																							
						11:01-12																							
						1:00-2																							
						2:01-3																							
						3:01-4																							
						4:01-5																							
Observaciones:																													

Imagen 4. Formato 0. Modelo inicial para la toma de rendimientos de las actividades de obra.
Fuente: Elaboración propia

En la *Imagen 4* se aprecia el Formato 0, que es el modelo inicial presentando al director del proyecto Ingeniero Luis Fernando Polania Obando y al asesor estadístico Dr. Luis Hernando Hurtado Tobón, quienes en conjunto con la autora realizaron una revisión y sugirieron unos cambios que permitieran consignar la información de manera más adecuada y de forma más completa, sin tener que llenar campos adicionales que pudiesen generar errores.

MODELO TOMA DE MUESTRA PARA RENDIMIENTO																																					
Nombre del Proyecto:														Fecha:																							
Item	Actividad	Sub-actividad	Und	Muestra #	Cuadrilla	Hora muestreo	Cantidad	PARAMETROS																													
								Clima		Estado Herramientas			Supervisión		Materiales			Tipo de Contrato		Complejidad de la obra			Condiciones del sitio			Relaciones entre Trabajadores		Planeación de las Actividades		Programa de SISO							
								S	N	U	B	R	M	SI	No	Realizada por	At	Es	Ta	De	Dest	A	M	Ba	B	R	M	B	R	M	SI	No	SI	No			
				1		7:00 - 7:59																															
				2		8:00 - 8:59																															
				3		9:00 - 9:59																															
				4		10:00 - 10:59																															
				5		11:00 - 11:59																															
				6		13:00 - 13:59																															
				7		14:00 - 14:59																															
				8		15:00 - 15:59																															
				9		16:00 - 16:59																															
						17:00 - 17:59																															

Observaciones: _____

Alcance: _____

S : Sol
 N : Nublado
 U : Lluvia
 B : Bueno
 R : Regular
 M : Malo
 At : A tiempo
 Es : Espera
 Ta : Tiempo aprox
 A : Alto
 M : Medio
 Ba : Bajo

Imagen 5. Modelo Formato N°1- Información de la actividad
 Fuente. Elaboración propia

La *Imagen 5* presenta el modelo de formato No. 1, que tiene la información correspondiente a la actividad y al proyecto en el cual se toma la muestra, como se explicó anteriormente, los factores seleccionados a evaluar son: cuadrilla, hora muestra, cantidad, clima, estado de las herramientas, supervisión, materiales, tipo de contrato, complejidad de la obra, condiciones del sitio, relación entre los trabajadores, planeación de las actividades, SISO. Finalmente, en la parte inferior izquierda del formato se encuentra un recuadro con observaciones, que son las pertinentes a la actividad y el alcance de la misma y en la parte inferior derecha las abreviaturas de cada elemento que compone las variables.

MODELO TOMA DE MUESTRA PARA RENDIMIENTO																	
Nombre del Proyecto:										Fecha:							
Item	Actividad	Sub-actividad	Und	Muestra #	Cuadrilla	PARAMETROS											
						Región		Experiencia		Especialización		Edad	Nivel de Educación	Entrenamiento Previo a la Realización de la Tarea			
						Lugar	Si	No	Cuantos años	Si	No			Cuantos años			Si
					Oficial												
					Ayudante												
					Oficial												
					Ayudante												
					Oficial												
					Ayudante												
					Oficial												
					Ayudante												
					Oficial												
					Ayudante												

Observaciones: _____

Imagen 6. Modelo Formato N°2- Información de los obreros
 Fuente. Elaboración propia

La Imagen 6, presenta el formato No. 2, éste muestra la información relacionada con los obreros, básicamente se consigna el ítem, la actividad, la sub-actividad, la unidad de medida, la región, la experiencia, la especialización, la edad, el nivel de educación y el entrenamiento previo. En la parte inferior del formato aparece un recuadro para consignar observaciones si es pertinente.

MODELO TOMA DE MUESTRA PARA RENDIMIENTO									
Nombre del Proyecto:						Fecha:			
Item	Actividad	Sub-actividad	Und	Muestra #	PARAMETROS				
					Habilidades Gerenciales	Programación	Administración del Equipo y Materiales	Control de calidad	

Observaciones: _____

Imagen 7 Formato N°3- Información gerencial y administrativa del proyecto
 Fuente. Elaboración propia

En este último formato (Ver

) se consigna la información pertinente a la parte gerencial y administrativa de obra a saber: actividad, subactividad, unidad, muestra #, habilidades gerenciales, programación, administración del equipo y materiales y control de calidad.

Todos los formatos deben de contener el nombre del proyecto, la fecha en la cual se toma el rendimiento, el nombre de la actividad y la unidad de medida para cada actividad.

Cuadro de incidencia de cuadrillas en las actividades

Actividad	Cuadrilla	% incidencia oficial	% incidencia ayudante

Cuadro de incidencia de cuadrillas en las actividades

Actividad	Cuadrilla	% incidencia oficial	% incidencia ayudante
ESTUCCO A UNA MANO	0:1:0	100%	0%
PINTURA A UNA MANO	0:0:1	0%	100%
MOETERO DE NIVELACION	0:1:1	60%	90%
ENCHAPE DE PISOS	0:1:1	70%	30%
PÉGA DE GUARDAESICILIA	0:0:1	0%	100%
ENCHAPE DE BAÑOS	0:1:0	100%	0%
FORMALETA METALICA MODO	0:1:3	70%	10% C/U + 30%
FUNDICIÓN MURO	0:2:3	35% C/U + 70%	10% C/U + 30%
INST. ESTRUCTURA DE W	0:1:1	65%	35%
ENCINTADO DE WALL	0:1:1	60%	90%

Imagen 8 Formato 4- cuadro de Incidencia de las cuadrillas

Fuente. Elaboración propia

En la *Imagen 8* se muestra el formato sin diligenciar para determinar la incidencia de cada cuadrilla el desarrollo de las diferentes actividades, al lado se encuentra el formato diligenciado para varias actividades y los porcentajes de incidencia de oficiales y ayudantes. La determinación de este porcentaje se hace mediante preguntas directas a los responsables de la supervisión de cada actividad de obra (Ingeniero, Maestro, etc.), dado que son los que pueden brindar información fidedigna en este caso.

REGISTRO DE OBRA

Nombre de la Obra:	
Ciudad:	
Direccion:	
Barrio:	
Tipo de Obra:	
Complejidad de Obra:	
Numero de Pisos:	
Numero de licencia:	
Uso:	
Constructora:	
Director de Obra:	
Residente encargado:	
Nombre Estudiante:	
Cedula:	
Duracion de toma de datos:	

Firma Estudiante encargado	Firma Residente Encargado

Imagen 9 Formato 5- Registro de asistencia a obra
Fuente. Elaboración propia

La *Imagen 9* muestra el formato que debe diligenciarse cada que se realizan tomas de información en obra, ello con el fin de darle validez a la información, es decir, verificar que los estudiantes en realidad asistieron y permanecieron en la obra durante el tiempo que se tomaron las muestras y que la información consignada en los formatos es correcta. Para ello el residente de obra debe firmar un formato como este en cada visita.

6.4. Selección de Obras para Toma de Datos

Para el desarrollo del proyecto se analizaron 18 obras ubicadas en la ciudad de Armenia, realizando los correspondientes seguimientos a las actividades seleccionadas y consignando la información en cada formato para luego poder procesarla y analizarla y con ello determinar cuáles son esas variables que afectan los rendimientos de la mano de obra en Armenia. No obstante, la selección de las obras se hizo teniendo en cuenta las siguientes consideraciones: primero la disposición de los dueños de las constructoras o directores de

obra para permitir el ingreso de los estudiantes a tomar los datos, que incluyera también la voluntad de brindar información veraz sobre los datos que les correspondían, básicamente gerenciales y administrativos, la segunda consideración fue que los procesos constructivos presentaran similitud, pues al momento de compilar la información era indispensable tener suficientes datos por actividad para la realización del procedimiento estadístico y por último, que las actividades que se estuvieran realizando en todas las obras fueran preferiblemente las mismas, dentro de lo posible claro está.

A continuación, se relacionan los proyectos en los que se recolecto la información:

- ✓ **Conjunto Residencial Cibeles:** Un proyecto de seis torres, las primeras cinco de quince pisos para apartamentos y una sexta torre de doce pisos para parqueaderos. Las torres 1, 2 y 6 se construyen en un sistema aporticado y las torres 3, 4 y 5 en un sistema de muros vaciados en concreto reforzado. Se encuentra ubicado en la Urbanización Villa Liliana, al sur occidente de la ciudad de Armenia, entre las avenidas 14 de octubre y Perimetral de Occidente (Av. Los Camellos) (Ver *Imagen 10*Imagen 10), perteneciente a la Comuna 5 “El Bosque”. Este proyecto, es llevado a cabo por GEO-CASAMAESTRA. El seguimiento y toma de datos se realizó a la torre número cinco (5), que fue la primera en ser construida. Dentro de las características arquitectónicas de la torre se puede mencionar que cuenta con 10 apartamentos por piso distribuidos de la siguiente forma: dos aparta-estudios de 23 (m²), cuatro apartamentos con dos alcobas para un área total de 38 (m²), cuatro apartamentos de tres alcobas para un área de 49 (m²), 68 (m²) de corredores o vías de circulación por cada piso aproximadamente, además incluye dos ascensores, dos escaleras de acceso, los acabados de la fachada exterior en recubrimiento de

graniplast, cubierta zona comunes y/o vacío central en policarbonato y estructura metálica.

- ✓ **Parque Residencial Reserva de Cócora:** El proyecto de construcción en general consta de 5 torres de apartamentos, aunque para este caso en específico de toma de rendimientos solo se realiza el seguimiento a una de las torres. La torre en mención se desarrolla sobre dos lotes urbanos con un área de 3222 (m²), ubicado en el norte de la ciudad de Armenia, sobre la calle 10 A Norte en el barrio Providencia (Ver *Imagen 10*). El sector es residencial estrato 5 con alta valorización, circundado por universidades, colegios, centros hospitalarios, centros recreativos, entidades deportivas y bancarias, iglesias, comercio en general y la mejor infraestructura vial y de servicios públicos y transporte. La edificación se construye de la siguiente manera: 42 apartamentos de interés social, 63 apartamentos de no interés social y 1 local comercial. La torre se compone de 12 pisos de apartamentos y 4 pisos de parqueaderos y bodegas. Cuenta con dos ascensores. Los apartamentos son de 1, 2 y 3 habitaciones, para un total de 105 apartamentos, 1 local comercial, 98 parqueaderos privados para vehículos, 11 parqueaderos privados para motos y 71 bodegas.
- ✓ **Nogal Plaza:** Ubicado en el barrio El Nogal al norte de la ciudad en la carrera 13 con Calle 16N esquina, perteneciente a la Comuna 10 “Quimbaya” (Ver *Imagen 10*), consta de tres pisos para locales comerciales y un sótano para parqueaderos con capacidad de doce vehículos, la edificación cuenta con escaleras y un ascensor que comunica todos los pisos con el sótano, presenta una fachada completamente en vidrio y una cubierta a dos aguas sobre una estructura metálica. Dentro de las características arquitectónicas de la edificación, el primer piso está dividido en

cuatro locales comerciales, uno de 43 m², dos de 40 m² y uno de 24 m², además de un área de 98 m² inicialmente proyectada para recepción; en el segundo piso se encuentra un mezanine de 51 m² que posiblemente sea destinada como recepción de los locales del tercer piso que se plantean en un área de 215 m² aproximadamente, los cuales aún no tienen dimensiones establecidas, ya que estos se arrendaran de acuerdo al área que solicite el arrendatario. El sistema constructivo empleado para la construcción de este proyecto es en sistema aporcado; este proyecto es ejecutado por el ingeniero Nelson Duque Duque, que tiene una larga experiencia en el gremio de la construcción. Un ejemplo de ello es la participación en la adecuación y remodelación del auditorio y sala de estudios del “Bloque de ciencias Básicas” de la Universidad del Quindío.

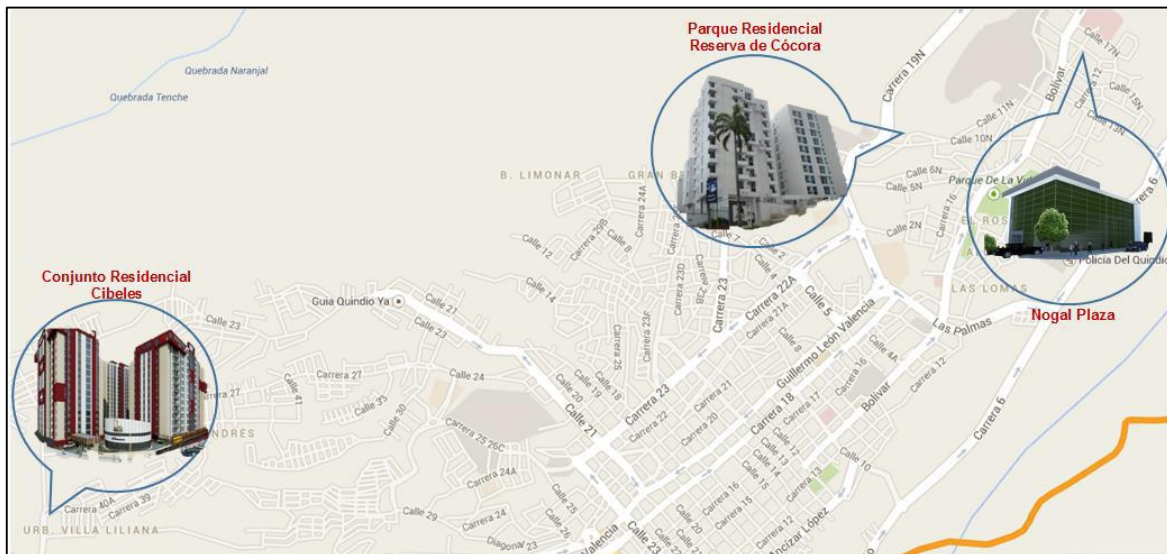


Imagen 10. Ubicación de las tres primeras obras
Fuente. Adaptación de Google Maps

- ✓ **Parque Residencial Colombia:** Es un complejo de conjuntos residenciales y una torre de apartamentos ubicados en el kilómetro 1,5 vía al aeropuerto El Edén de Armenia (Comuna N° 1 – Centenario) (Ver Imagen 11/Imagen 11), la cual presenta un ambiente campestre y diversidad de opciones en tamaño, precios y

características. El proyecto de vivienda está a cargo de la Constructora Centenario la cual autorizó las constantes visitas a la obra para la toma de datos, contribuyendo con toda su infraestructura al cumplimiento de los objetivos planteados para este proyecto. El sitio de interés de estudio es Caño Cristales, un conjunto de viviendas de 2 pisos que consta de 3 habitaciones, 2 baños, sala, comedor, con un área construida aproximada de 80 m², construidas con un sistema de mampostería estructural, acabados en cerámica y muros livianos, además cuenta con áreas sociales como: juegos infantiles, cancha multideportiva y piscina. Es un proyecto en el cual se realizan diferentes actividades en simultaneo, ya que se está adelantando la construcción de múltiples viviendas lo que permite realizar el registro de datos de varias actividades en una misma visita, este fue uno de los principales incentivos para elegir este proyecto.

- ✓ **Reserva Campestre Parque Residencial-Spa:** Reserva Campestre es un conjunto residencial que consta de 26 casas ubicado en la AV. Centenario 24N frente al Batallón de Servicio Cacique Calarcá (Comuna N° 10 – Quimbaya) (ver *Imagen 11*). El proyecto es ejecutado por el Grupo B&M Constructora S.A.S y consta de viviendas de 2 pisos con 9 metros de frente, patio privado (con club House Opcional), 4 habitaciones, 3 baños, sala y comedor independientes, cocina, garaje para dos vehículos y jacuzzi, construidas en un sistema de pórticos con áreas construidas entre 260 y 330 m², este conjunto cuenta con una muy buena ubicación en una de las zonas que se ha venido valorizando como lo es el sector norte de la Avenida Centenario, además de la tranquilidad que presenta dicho sector y la vista hacia la cordillera central de los Andes hacen de este un proyecto de interés para personas que buscan un espacio de tranquilidad a las afueras de la ciudad.

- ✓ **Súper-Inter Feria de los Plátanos:** El proyecto se encuentra ubicado en la calle 50 # 25 – 00 (antigua Feria de los Plátanos) contiguo a la cárcel de Mujeres Villa Cristina (Comuna N° 2 – Rufino José Cuervo) (ver *Imagen III*Imagen 11). Es una obra que consta de supermercado y locales comerciales permitiéndole al gran número de habitantes del sector encontrar más cerca sus productos y servicios, reactivando este sector y generando un impacto positivo en la zona para las personas que viven y circulan por los alrededores del centro comercial. El supermercado o sala de ventas consta de 1900 m² construidos con zona de cárnicos, lácteos, verduras y estanterías con los diferentes productos que se ofrecen, además el centro comercial Feria de los Plátanos contará con 40 locales comerciales en los que se encontraran bancos, restaurantes, zonas de juegos infantiles, zonas de entretenimiento, oficinas, etc. En total son 8200 m² sumando el supermercado y el centro comercial, además dispone de 80 parqueaderos para automóviles y 30 para motocicletas.

La zona de interés de este trabajo es el supermercado; el cual fue el sitio donde se tomaron los datos necesarios para realizar el estudio, este no es más que una bodega construida en mampostería estructural y donde se cuenta con columnas de confinamiento, acabados de piso en cerámica, muros livianos y estructura metálica para la cubierta; el proyecto es ejecutado por una serie de subcontratos y se encuentra supervisado por el departamento de Ingeniería de Súper-Inter.



Imagen 11. Ubicación de las obras. Figura superior parque residencial Colombia, figura recuadro amarillo Reserva Campestre Parque Residencial y recuadro azul Súper Inter FERIA de los Plátanos
 Fuente. Adaptación de Google Maps

- ✓ **Aquazul - Torre 2:** Edificio de 6 niveles de altura más terraza y dos sótanos de parqueaderos, con ubicación esquinera entre la carrera 19 y la Cll. 24N al norte de la ciudad de Armenia, perteneciente a la comuna 10 (Ver Imagen 12). El proyecto fue desarrollado por la Constructora de los Ríos y cuenta con estructura en sistema Aporticado con columnas y vigas en concreto reforzado, con placa aligerada en dos direcciones, y muros en material liviano tipo dura-panel. El sótano está diseñado para parqueaderos, al igual que parte del primer nivel el cual, además, cuenta con varios locales comerciales. A partir del 2° piso hasta el 6, el edificio cuenta con distribución arquitectónica similar, pues tiene 4 apartamentos por piso entre los 39 m² y 152 m² con acabados tipo revoque, estuco y pintura, pisos, baños y cocinas, enchapados, esta última es tipo integral. La zona social o pasillo cuenta con

piso enchapado y bordes en granito, además de un ascensor. Destacamos que este pasillo comunica a la torre 1 en donde se encuentran las escaleras de acceso. La terraza cuenta con zona húmeda y salón social.

- ✓ **Portal de Alameda:** Proyecto desarrollado por la empresa URBE Construcciones S.A., en el sector norte de la ciudad de Armenia más exactamente sobre la Cra. 19 con Cll. 40N frente a la sede de la Defensa Civil, (Ver *Imagen 12*). Corresponde a un conjunto residencial conformado por 108 casas de 2 niveles con áreas de 148,67 m² y 161,87 m² construidas en lotes de 90 m². Las edificaciones cuentan con sistema constructivo en mampostería confinada por columnas y vigas en concreto reforzado, con placa maciza. Cuenta con acabados tipo revoque, estuco y pintura, pisos y baños enchapados, y cocina integral, la cubierta es metálica con teja de fibrocemento. Los datos se toman dependiendo la casa en la que se desarrollen las actividades constructivas de interés para el presente proyecto.
- ✓ **Reserva la Sabana:** Conjunto residencial conformado por 125 casas de 164,01 m² (medianera), 218,05 m² (esquinera) y de 197,3 m² (tipo campestre), construidas sobre un lote con área de 31.715 m². Las casas son de dos niveles de altura construidas en mampostería confinada por columnas y vigas en concreto reforzado, con placa maciza. Cuenta con acabados tipo revoque, estuco y pintura, pisos y baños enchapados, y cocina integral, la cubierta es metálica con teja de fibrocemento. Los datos se toman dependiendo la casa en la que se desarrollen las actividades constructivas de interés para el presente proyecto. La obra es realizada por la Constructora Los Ángeles. (Ver *Imagen 12*Imagen 12Imagen 12)



Imagen 12. Ubicación de las obras. Figura 1 Aquazul torre 2, Figura 2 Portal de Alameda, Figura 3, Reserva la Sabana

Fuente: Adaptación de Google Maps

- ✓ **La Pradera-Bosque Residencial:** es una obra que cuenta con 28 viviendas, vías de acceso, parqueaderos para visitantes, una zona infantil y un sendero ecológico. Son viviendas de un piso y su sistema estructural son muros confinados, las cuales se construyen en 2 etapas (la primera etapa cuenta con 15 viviendas y la segunda cuenta con 13). Estas constan de 4 alcobas con sus respectivos baños (incluyendo el cuarto de servicio), sala, comedor, estudio, cocina, zona de ropas, terraza y 2 parqueaderos. (Ver Imagen 13)
- ✓ **El Bloque de Aulas 50 Años de la Universidad del Quindío:** Es un edificio de 3 pisos y un altillo, su sistema estructural es aporticado y las placas son aligeradas con perlines en una dirección. Este edificio cuenta con 14 salones (6 en la primera planta, 6 en la segunda y en la tercera, 2 para estudiantes de pregrado y 4 para estudiantes de postgrado), también cuenta con baterías de baños, plazoleta de estudio y rampas de acceso para personas con movilidad restringida. (ver Imagen 13)

- ✓ **Casa de Campo - Condominio:** Es un complejo de 48 viviendas de dos pisos, su sistema estructural es de muros confinados y con placa de entrepiso en una dirección. La vivienda está compuesta de dos pisos y tiene la siguiente distribución: 4 habitaciones con su respectivo baño (incluyendo el cuarto de servicio), sala, comedor, cocina, estudio una sala de estar interior y otra exterior, un cuarto de ropas, un vestier en la alcoba principal y una pequeña bohardilla en la parte superior de la casa. El conjunto residencial cuenta con vías de acceso, parqueaderos para visitantes, BBQ y piscina (niños y adultos). *Imagen 13*

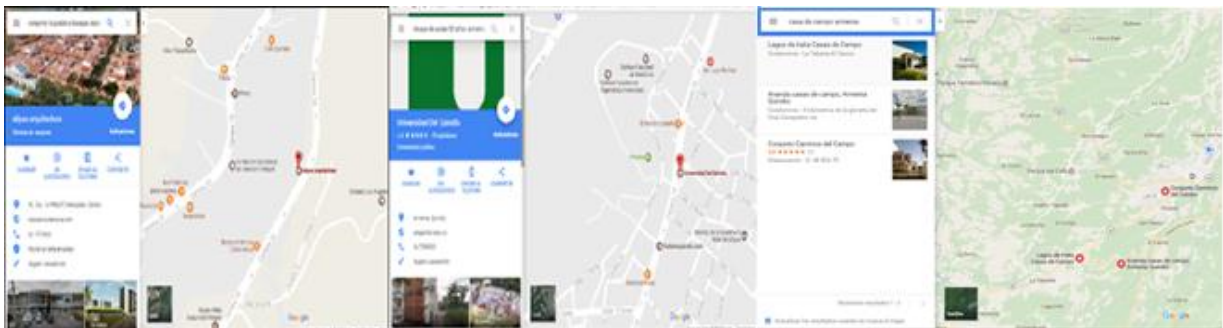


Imagen 13 Ubicación de las obras. Figura 1 La Pradera-Bosque Residencial. Figura 2 El Bloque de Aulas 50 Años de la Universidad del Quindío. Figura 3 Casa de Campo - Condominio

Fuente: Adaptación Google Maps

- ✓ **Senderos del Bosque:** Ubicado en la Calle 26 N° 22-08 Barrió Berlín, Armenia Quindío. El número de licencia es: 2-000209 y 1-001773 de /09/04/012. Este proyecto es ejecutado por la Constructora Ambiente Ecológico S.A.S. Proyecto constructivo que consta de 46 casas unifamiliares de 2 pisos, diseñadas en sistema constructivo aporticado con placa aligerada en la zona de la sala y el comedor y el resto del piso con placa maciza, posee entre 2 y 3 alcobas cada una. Comprenden áreas entre 72,7 m² hasta 80 m²., sus acabados son en pintura coraza y terminados en piedra laja en la fachada, los marcos de las puertas y ventanas son en láminas de aluminio y puertas en madera. Comprende un local

comercial, 1 portería y 1 aparta-estudio para el portero; parqueaderos y bodegas para las viviendas. Entre sus áreas comunes se encuentran un salón comunal, espacios lúdicos infantiles y una mini-cancha de fútbol. (Imagen 14)

- ✓ **Conjunto Residencial Viavento:** La ejecución del proyecto está a cargo de la Sociedad Constructora e Inversiones El Zafiro. El proyecto consiste en un 1 edificio de 2382 m² con sistema constructivo aporticado y placa en Steel deck soportada por perlinería metálica, para uso de vivienda multifamiliar de interés social y comercio con acabados en pintura de vinilo tipo 1 blanco y negro, balcones en vidrio con una franja en cerámica a lo largo de la fachada con marcos de puertas y ventanas en aluminio. El proyecto posee 3 bloques más, para vivienda de interés social con área total de 6347 m², durante la evolución del proyecto sus alcances se han sometido a cambios, con el fin de adaptarlos al presupuesto existente aportado por los inversionistas, entre estas modificaciones se evidencia un piso menos en el edificio de 2382 m² y un posible cambio de las 3 torres de interés social por viviendas bifamiliares de interés social, el cual se encuentra en discusión en la junta directiva de la constructora para definir su aprobación, entre estos cambios que se piensan definir, también están los acabados del proyecto. Entre las zonas del proyecto se incluyen: portería, salón comunal, piscina, sauna, turco, zonas de recreación infantil y vías de acceso. (Imagen 14)

- ✓ **Edificio Coruña 2:** Construido por Geo Casamaestra. Es un proyecto de vivienda en altura de 3 pisos en muros de carga vaciados en concreto, que consta de 1265 m² en urbanismo y 3518,64 m² de construcción, está compuesto por un bloque que contiene 59 unidades habitacionales de 3 alcobas, el complejo

tiene además un local comercial de 100 m². El bloque esta escalonado en tres niveles para aprovechar la topografía del terreno. El acceso a la vivienda se hace directamente desde el interior de la edificación, gracias a la versatilidad del diseño arquitectónico que genera un corredor longitudinal, presentando acabados en la fachada en graniplast, pintura vinilo tipo 1 y estuco-acrílico con ventanas en aluminio y puertas con lámina de acero. (Imagen 14)

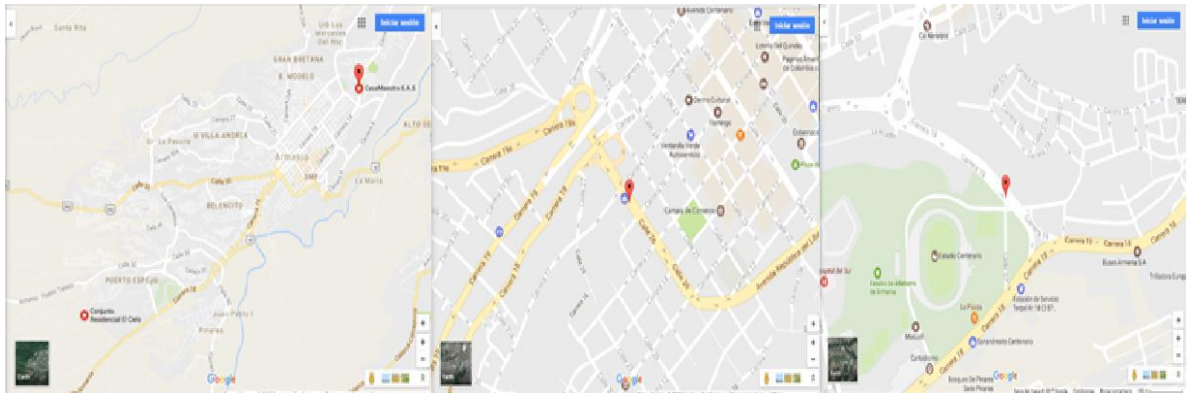


Imagen 14 Ubicación de las obras. Figura 1 Senderos del Bosque 2, Figura Condominio Viavento, Figura 3, Coruña 2

Fuente: Adaptación Google Maps

- ✓ **Edificio Torre Cristal:** 69 Apartamentos desde 44,58 m² hasta 119.95 m², Edificio inteligente totalmente terminado con costo más bajo de administración en el sector con Parquaderos cubiertos, 2 Ascensores, 2 Jacuzzis climatizados, Gimnasio, Salón social, Portería, Administración, Lobby, Parquadero para visitantes, Acceso tipo hotel, Red contra incendio, UTB, Tanque de reserva y equipo de presión constante, Planta eléctrica zonas comunes, Agua caliente comunal, Fachada en piedra y graniplast. Este Proyecto es Realizado en Alianza con la Constructora Soriano- Del Toro, ubicado en Carrera 11 # 9 A Norte – 14 Barrio La Castellana - Armenia Quindío. (Imagen 15)

- ✓ **Callejas de San José:** Ubicado en la ciudad de Armenia-Quindío en el centro occidente, cerca del antiguo estadio San José, actualmente centro deportivo con canchas sintéticas, gimnasio y espacio para realizar deportes diferentes. En 7 cuadras a la redonda hay supermercados, plaza minorista, a pocos minutos del centro de Armenia. Condominio cerrado, Torres de 10 pisos con parqueadero privado, 8 apartamentos por piso y ascensor por torre. Se encuentra en un sector seguro con 2 vías de acceso y a muy pocos minutos del centro de Armenia. Cuenta con apartamentos de 1, 2 y 3 alcobas, con 8 especificaciones diferentes. Áreas desde 29.77 m² hasta 60.69 m², en 3 tipos de acabados. Proyecto de Vivienda Estrato 3, aplica Subsidio VIS y MI Casa Ya, ubicado en la Calle 30 N° 33-53 Contiguo al Barrio Quindío, Armenia, Quindío, el sistema constructivo es Muros y lozas macizas en concreto reforzado fundido en sitio. (Imagen 15 Imagen 16)
- ✓ **Centro Empresarial Betania:** Es un edificio de 5 pisos en sistema aporticado, las placas son en sistema aligerado con perlines en una dirección. Este edificio cuenta con locales en todos los pisos y un restaurante en el último piso

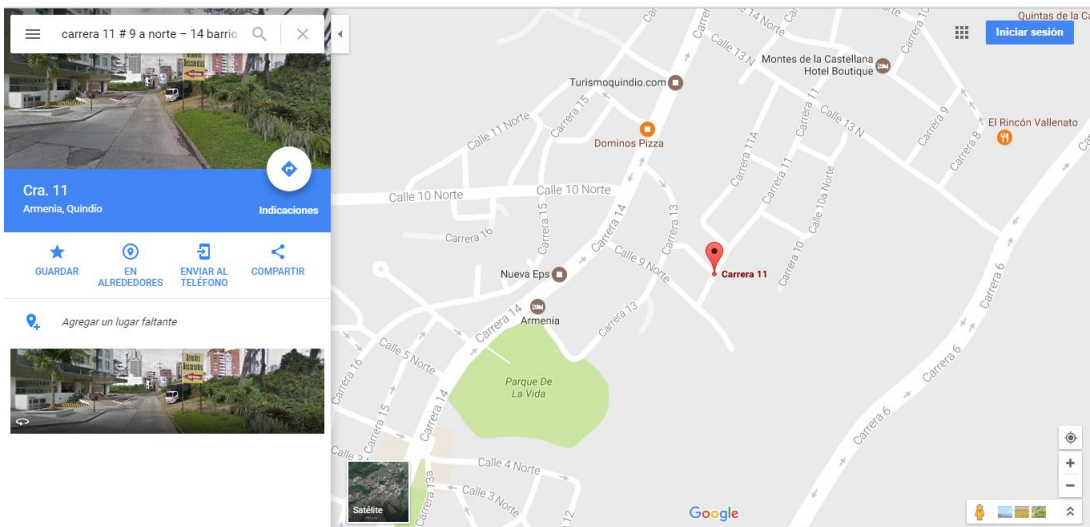


Imagen 15 Ubicación de las obras. Edificio Torre Cristal
Fuente: Adaptación Google Maps



Imagen 16 Ubicación de las obras. Callejas de San José

6.5. Definición de las Actividades a Evaluar

Para la selección y evaluación de las actividades se tuvo en cuenta primero que fueran actividades representativas de obra, segundo que fueran coincidentes dentro de lo posible con las otras obras, tercero que la actividad tuviera la duración necesaria para que se pudieran realizar las tomas y no quedaran incompletas o con muy pocos datos, a continuación, se describen las actividades a las cuales se les realizó seguimiento por obra, teniendo en cuenta que aquellas actividades que repitan serán descritas una sola vez, solo se pondrán datos adicionales cuando haya un elemento diferente en ellas:

Actividades por grupo de obras: Parque Residencial Reserva de Cócora, Conjunto Residencial Cibeles y Nogal Plaza (Ver *Tabla 4*)

Acrividad	Conjunto Residencial Cibeles	Parque Residencial Reserva de Cocora	Nogal Plaza
Formaleta Placa		x	
Formaleta Viga		x	
Colocación Acero Viga		x	
Colocacion acero viguetas		x	
Fundicion Placa	x	x	
Colocacion acero columnas		x	x
Formaleta metálica para columna		x	x
Fundicion columnas		x	x
Pega muro en ladrillo farol		x	
Revoque interior liso		x	
Estuco a una mano	x		
Pintura a una mano	x		
Mortero de nivelacion	x		
Enchape pisos	x		
Instalacion guardaescoba	x		
Fraguado	x		
Enchape baños	x		
Instalacion formaleta metalica de muros	x		
Fundicion muros	x		
Instalacion estructura Dry Wall techo	x		
Instalacion placa Dry Wall techo	x		
Encintado Dry Wall	x		
Excavación manual de tierra			x
Corte y figurado de acero			x
Armado y colocacion acero de cimentación			x
Fundicion cimentacion			x
Colocación acero muro estructural			x
Instalación formaleta metálica muro de contencion			x
Fundición Muro estructural			x
Armado y colocacion acero vigas aéreas			x
Formaleta vigas aéreas			x
Fundicion vigas aéreas			x

Tabla 4. Actividades por grupos de Obra: Conjunto Residencial Cibeles, Parque Residencial Reserva de Cocora, Nogal Plaza

Fuente. Elaboración propia sustraída de los archivos de Excel

6.5.1. Actividades parque residencial Reserva de Cócora.

- ✓ **Formaleta placa:** La toma del rendimiento inicia en el momento que se comienzan a colocar los tacos y las cerchas donde descansaran los tableros. Lo anterior quiere decir, que, en ese momento, el rendimiento medido será igual a cero, ya que, para obtener la cantidad de obra realizada para esta actividad, se tienen como referencia, el número de tableros instalados debido a que estos tienen unas dimensiones determinadas y de esta manera se puede calcular el área de formaleta colocada para la placa. Es importante tener en cuenta que la altura a la cual se nivela la placa, es la

correspondiente a la distancia que existe entre el nivel de la placa anterior y la cara inferior de las viguetas de la placa superior. Para la finalización de la actividad, se tienen en cuenta la cantidad y dimensión de los tableros instalados, debidamente colocados; es decir, que los tableros se encuentren amarrados a las cerchas y los tacos estén nivelados a la altura indicada en los diseños. La unidad de medida para la actividad está dada en (m²/h).

- ✓ **Formaleta viga:** En este proyecto se emplean vigas de (0,3 x 0,45) metros. El rendimiento para esta actividad se comienza a medir en el momento que se instalan los primeros tacos y las cerchas donde se colocaran los tableros, esto es, que en este momento el rendimiento medido será igual a cero, debido a que para esta actividad, este se obtendrá de la suma de las longitudes, de los tableros instalados en una hora. La altura a la cual se nivelará el encamado, es menor a la utilizada para la formaleta de la placa, ya que las viguetas tienen menor altura que las vigas. Para la finalización de la actividad, se tienen en cuenta la cantidad y dimensión de los tableros instalados, debidamente colocados; es decir, que los tableros se encuentren amarrados a las cerchas y los tacos estén nivelados a la altura indicada en los diseños. Cabe aclarar que para medir el rendimiento de esta actividad también se contemplan en metros lineales los tableros laterales con los cuales se marca la altura de la viga. La unidad de medida para la actividad está dada en (m/h).
- ✓ **Colocación acero vigas:** Para la colocación del acero longitudinal, la actividad inicia cuando las varillas de refuerzo están dispuestas en el lugar de trabajo y luego de que los tableros (formaleta) están debidamente colocados, nivelados y remendados según sea el caso; y termina después de que cada varilla quede ubicada sobre los tableros y pasando sobre las columnas. Para los estribos y ganchos, se da

comienzo a la actividad luego de que los herreros cuenten con el acero transversal necesario adecuadamente figurado; y se da fin a la actividad después de que dicho acero quede debidamente colocado y amarrado según las especificaciones de los planos. La unidad de medida para la actividad está dada en (Kg/h).

- ✓ **Colocación acero viguetas:** Antes de dar inicio a la actividad, es necesario tener colocado en su totalidad el acero de las vigas sobre las cuales descansan las viguetas; además de estar instalada la formaleta de la placa. En el caso del acero longitudinal, se comienza a medir el rendimiento luego de que sobre la formaleta de la placa, se tengan a disposición las varillas de refuerzo. Para el acero transversal, la toma de rendimiento inicia cuando se tengan, debidamente figurados, los estribos necesarios para comenzar la actividad. La actividad finaliza luego de que se tenga colocado y debidamente amarrado según las especificaciones de los planos, todo el acero programado. Es importante aclarar que las dimensiones de las viguetas son de (0,15 x 0,3) metros. La unidad de medida para la actividad está dada en (Kg/h).
- ✓ **Fundición placa:** Esta actividad comienza después de que sobre la formaleta se encuentran colocados los aceros para las vigas y viguetas, los casetones, la malla electro soldada y la tubería para las instalaciones eléctricas. En el proceso de vaciado participan un oficial y cuatro ayudantes, el oficial se encarga de supervisar todos los procesos y de nivelar la mezcla cuando hayan terminado con el vaciado, los ayudantes de distribuir y vibrar la misma; verificando que todos los espacios queden recubiertos con concreto. El rendimiento se comienza a medir después de que por medio de la torre grúa se recoge la mezcla de concreto desde la planta y la deposita en el lugar dispuesto para fundir. La manera como se transcriben los datos, es midiendo para cada hora de fundición, la cantidad de obra que se ha realizado. La

actividad termina luego de que la mezcla de concreto haya llegado al nivel esperado y después de alisar la placa con el codal. La unidad de medida para la actividad está dada en (m^3/h).

- ✓ **Colocación acero columnas:** En esta obra se pueden encontrar dos tipos de columna, el primer tipo con dimensiones (0,85 x 0,45) metros y el segundo con dimensiones (1,5 x 0,45) metros. En el caso de la colocación del acero transversal, la actividad comienza luego de que los herreros han transportado ya figurados los flejes y ganchos necesarios para armar el castillo de la columna, al lugar de trabajo; y termina cuando la columna esta armada en su totalidad. Para la colocación del acero longitudinal, la actividad comienza cuando los herreros, con las varillas en el sitio de trabajo, comienzan a alzar las mismas para luego ubicarlas según las especificaciones de los planos; y termina, cuando el total de varillas a colocar hayan quedado bien amarradas. La unidad de medida para la actividad está dada en (Kg/h).
- ✓ **Formaleta metálica para columna:** La actividad inicia una vez se han demarcado mediante cimbra, las guías o recuadro que determinan los límites de la columna. La actividad como tal comienza con la aplicación del desmoldante a la formaleta para posteriormente ser instalada y termina cuando la columna está completamente apuntalada. La actividad incluye el transporte de la formaleta metálica al punto de trabajo a una distancia máxima de aproximadamente 20 metros, la colocación de los pines y tacos metálicos, la colocación del andamio para instalar la formaleta en la parte más alta y la nivelación o plomada de la columna; no se incluye la limpieza de la formaleta ya que esta se debe realizar al momento de desencofrar la columna. La unidad de medida ésta dada en (m^2/h).

- ✓ **Fundición columnas:** Para dar inicio a la actividad, se debe verificar que la formaleta metálica de la columna esté debidamente colocada, nivelada, apuntalada y asegurarse de que se hayan colocado correctamente los pines que mantienen unidas las caras de la formaleta. En esta obra se pueden encontrar dos tipos de columna, el primer tipo con dimensiones (0,85 x 0,45) metros y el segundo con dimensiones (1,5 x 0,45) metros. Durante el proceso de vaciado, un ayudante se encarga de vibrar constantemente la mezcla, para garantizar que todos los espacios de la columna queden recubiertos por concreto. La actividad finaliza, luego de que, para cada columna, la mezcla de concreto haya llegado al nivel sugerido en los planos. La unidad de medida para la actividad está dada en (m^3/h).
- ✓ **Pega muro en ladrillo farol:** El material necesario para realizar esta actividad (ladrillos y materiales para la preparación de la mezcla de pega), es transportado mediante una grúa a cada piso donde será utilizado. Antes de comenzar a medir el rendimiento, los trabajadores deben transportar el material, desde donde lo deposita la grúa, hasta el lugar de trabajo. Al momento de realizar el transporte de los ladrillos y la preparación de la mezcla de pega, el rendimiento medido será igual a cero ya que este es obtenido del cálculo del área en m^2 de ladrillos colocados. Además, deben estar definidos sobre la placa los ejes sobre los cuales descansa el muro. La finalización de la actividad, se da cuando el muro esta levantado, debidamente hilado y después de haber limpiado la mezcla de pega sobrante. La unidad de medida para la actividad está dada en (m^2/h).
- ✓ **Revoque interior liso:** Esta actividad inicia cuando el obrero pone la mezcla en el sitio dispuesto para esto y termina cuando pone la plomada en la parte alta del muro revocado y así chequea la verticalidad, cabe aclarar que la actividad contempla el

champeo necesario para que el revoque quede debidamente pegado al muro. La unidad de medida es (m²/h).

6.5.2. Actividades Conjunto Residencial Cibeles.

- ✓ **Estuco:** La actividad inicia al momento que el oficial tiene el material solicitado en el punto de trabajo, el cual es preparado por otros obreros en la bodega de materiales, para posteriormente mezclarlo con agua e iniciar la actividad. Previamente el oficial debe haber realizado la limpieza o eliminación de imperfecciones en la pared con ayuda de una espátula o cincel (si es el caso), este proceso no hace parte de la toma de muestras; la ejecución de la actividad es realizada con una llana metálica y termina cuando el oficial deja totalmente pulida el área estucada, esta actividad no incluye el acabado o detalles de los filos de las puertas y las ventanas. La unidad de medida para la actividad está dada en (m²/h).
- ✓ **Pintura:** La actividad inicia una vez el ayudante lleva la pintura preparada en la bodega de materiales hasta el punto de trabajo (apartamentos), para comenzar con el rodillo a aplicar la primera mano de pintura a las paredes ya estucadas y termina una vez le ha dado la primera capa de pintura a todo el apartamento, la actividad incluye pintura a techo y paredes. La unidad de medida ésta dada en (m²/h).
- ✓ **Mortero de nivelación:** Inicialmente el oficial mide el área sobre la cual va a trabajar para calcular cuando material debe de preparar y posteriormente con la ayuda de un nivel de manguera sacan los niveles con los que debe de quedar el piso. La actividad inicia en el momento en que el ayudante llega con el cemento al punto de trabajo, el resto de los materiales están dispuestos allí desde el día anterior. El oficial y el ayudante mezclan los materiales hasta obtener una mezcla homogénea;

la cual es esparcida en los perímetros del área o apartamento por el ayudante, para que el oficial con ayuda de un nivel de burbuja, un platacho y un codal, determine los espesores del mortero alrededor del apartamento. La actividad termina cuando el oficial y su ayudante dejan el área de trabajo totalmente morterada y nivelada. La unidad de medida está dada en (m²/h).

- ✓ ***Enchape pisos (0.6X0.6):*** Se inicia una vez termina la actividad mortero de nivelación, el oficial y su ayudante comienzan tirando los niveles y acomodando las baldosas que le servirán de guía para la realización del enchape y termina cuando la última pieza de cerámica es pegada, esta actividad incluye la realización de cortes de algunas piezas de enchape, también incluye la limpieza del lugar una vez terminada la actividad y no incluye el emboquillado (fraguado o lechado), la cual es una actividad independiente. La unidad de medida ésta dada en (m²/h).
- ✓ ***Pega o instalación de guardaescoba:*** Para la realización es esta actividad el apartamento debe de estar enchapado con anticipación. Por lo tanto el inicio se marca al momento en que el obrero comienza a cortar las piezas de guardaescoba ya sean de baldosas enteras o retales sobrantes del enchape de pisos y termina en el momento que ha pegado la última pieza de guardaescoba en el apartamento. La unidad de medida ésta dada en (ml/h).
- ✓ ***Fraguado o lechado de pisos:*** El fraguado o lechado de pisos (emboquillado), inicia con la limpieza de las juntas entre la cerámica y termina cuando el apartamento o área está totalmente fraguado. La actividad incluye la preparación de la pasta, el emboquillado del piso, baños y del guardaescoba, tanto la parte lateral como la superior, además de la limpieza del lugar. La unidad de medida ésta dada en (ml/h).

- ✓ ***Enchape de baños:*** Esta actividad en particular se divide en dos sub-actividades, como son el enchape de las paredes y el enchape del piso de los baños, sin incluir el emboquillado.
- ✓ ***Enchape pared de baños (0.35X0.25):*** La actividad inicia en el momento en que el oficial asegura el codal en la pared, para usarlo como guía o nivel para pegar las baldosas, y termina cuando la última pieza es pegada, esta actividad incluye la preparación de la mezcla (cemento + fijamix+ agua), la realización de cortes de algunas piezas de enchape y la limpieza del lugar una vez terminada la actividad y no incluye emboquillado. La unidad de medida ésta dada en (m²/h).
- ✓ ***Enchape pisos de baños (0.30X0.30):*** La actividad inicia en el momento en que el oficial instala la primera baldosa y termina cuando la última pieza es pegada, esta actividad incluye la preparación de la mezcla (cemento + fijamix+ agua), el nivel de caída para que el agua no se estanque, la realización de cortes de algunas piezas de enchape y la limpieza del lugar una vez terminada la actividad y no incluye emboquillado. La unidad de medida ésta dada en (m²/h).
- ✓ ***Instalación formaleta metálica de muros (2.40X0.60):*** La actividad inicia una vez se han demarcado las guías de los muros mediante cimbra, esta sub-actividad es realizada uno o dos días antes ya que no tiene una programación definida, por tal razón no se tiene en cuenta como sub-actividad. La actividad como tal comienza con la aplicación del desmoldante a la formaleta para posteriormente ser instalada y termina cuando los muros están completamente apuntalados. La actividad se mide a una cara e incluye el transporte de la formaleta metálica al punto de trabajo, la cual en algunas ocasiones debe ser llevada de un nivel de piso a otro o de un extremo de piso hasta el otro, en distancias no superiores a los 15 metros, también incluye, la

colocación distanciadores, pines, alineadores, tacos metálicos y la nivelación o plomada de muros, no se incluye la limpieza de la formaleta que se debe realizar al momento de desencofrar los muros. La unidad de medida ésta dada en (m^2/h).

- ✓ **Fundición de muros:** Esta actividad inicia cuando la cuadrilla vierte el concreto dentro de la formaleta de los mismos, y termina cuando el muro queda completamente lleno y totalmente nivelado en la parte superior. Esta actividad contempla el vibrado del concreto, la fundición de muros divisorios, de terraza y muros de vacíos o antepechos, por tal razón la altura de los mismos es variable pero su espesor es constante $e=0.12$ m. Para los primeros, el concreto es transportado por medio de torre-grúa y vertido directamente, y para los antepechos, es llevado al sitio de trabajo mediante pluma-grúa y transportado en carretas. La unidad de medida ésta dada en (m^3/h).
- ✓ **Fundición placa:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.1
- ✓ **Instalación estructura drywall (techo):** La actividad inicia cuando el oficial y su ayudante toman las medidas para cortar las piezas y los perfiles en acero galvanizado como: ángulos, omegas, canaletas, viguetas y termina cuando la estructura o esqueleto de los techos de los baños o los buitrones que cubren la tubería en las cocinas quedan totalmente armadas y aseguradas con tornillos. Los ángulos utilizados tienen dimensiones de 2.5 X 2.5 y su longitud es variable dependiendo de las necesidades, las omegas son de 63 mm y de calibre 26, sus dimensiones son variables dependiendo de la necesidad y se ubican cada 60 cm. La unidad de medida ésta dada en ($ml/(m^2/h)$).
- ✓ **Instalación placa drywall (techo):** La actividad de la instalación de placa o lámina de drywall, inicia una vez se ha instalado la estructura de soporte, y para un mejor

rendimiento, esta actividad se realiza una vez se tienen suficientes elementos para instalar (antepechos cocinas, baños y divisiones o tapas de buitrones). La actividad inicia cuando el material se encuentra en el punto de trabajo y se toman las medidas para cortar las piezas según las dimensiones requeridas y se aseguran con tornillos en la estructura, a una separación de 30 cm entre cada tornillo, la actividad culmina una vez se han instalado las láminas de drywall para cada uno de los elementos requeridos por piso. Esta actividad no incluye la colocación de la cinta en las uniones de la placa. La unidad de medida ésta dada en (m²/h).

- ✓ **Encintado drywall:** Esta actividad inicia cuando el oficial aplica la pasta en las uniones de las placas de drywall y coloca la cinta papel o malla sobre esta, para posteriormente volver a recubrirla con más pasta y termina una vez ha encintado todos los lugares requeridos, la actividad incluye la preparación de la pasta, el recubrimiento de los tornillos y el lijado de la superficie. La unidad de medida ésta dada en (ml/(m²/h)).

6.5.3. Actividades Nogal Plaza.

- ✓ **Excavación manual de tierra:** Esta actividad se puede dividir en dos, una cuando se excavan las brechas para las vigas de cimentación, y otra, cuando se perfila el terreno para la posterior construcción de muros de contención. En ambos casos, la actividad comienza luego de que se tengan tensados los hilos que indican al trabajador por donde debe realizar la cimentación o cuando se tenga el terreno perfilado según las indicaciones para el caso de los muros de contención. La unidad de medida para la actividad está dada en (m³/h). Termina cuando la excavación

llegue a la profundidad deseada en el caso de las vigas o cuando se tenga el terreno perfilado.

- ✓ **Corte y figurado de acero:** Esta actividad es descrita en el numeral 6.5.4
- ✓ **Armado y colocación acero de cimentación:** Esta actividad contempla dos casos, la instalación del acero de las zapatas de dimensiones (1.7x1.0); y la instalación del acero de las vigas de cimentación de dimensiones (0.35x0.65). Para esta actividad el rendimiento se comienza a medir una vez se han excavado las zanjas de las vigas y de las zapatas, inicia con la colocación de las parrillas de las zapatas y del acero longitudinal de la viga para posteriormente colocar el acero transversal. La actividad termina cuando todas las vigas de cimentación han sido instaladas y amarradas al castillo de las columnas del sótano. La unidad de medida ésta dada en (Kg/h).
- ✓ **Fundición cimentación:** Esta actividad es descrita en el numeral 6.5.5
- ✓ **Armado y colocación acero columna:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.1
- ✓ **Instalación formaleta metálica columna (2.40x0.60):** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.1
- ✓ **Fundición columnas:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.1
- ✓ **Colocación acero muro estructural:** El acero de refuerzo del muro estructural está conformado por varillas de acero transversa #3 y longitudinal #4 colocadas una por una; no contiene flejes. Para iniciar la actividad, es necesario tener perfilado el terreno que será contenido por el muro estructural, además de tener fundida la pata donde se apoyará el mismo. La actividad termina luego de que tenga completamente instalado y amarrado el acero que conforma la malla de refuerzo. La unidad de medida para la actividad está dada en (Kg/h).

- ✓ **Instalación formaleta metálica muro de contención:** La actividad puede dar comienzo, una vez se han instalado todo el acero de refuerzo y se ha colocado el plástico protector contra el terreno, dado que este se funde contra el talud. La actividad como tal comienza con la aplicación del desmoldante a la formaleta metálica (2.40X0.60), para posteriormente ser instalada y termina cuando el muro está completamente apuntalado y nivelado. La actividad incluye el transporte de la formaleta metálica al punto de trabajo a una distancia no mayor de 15 (m), la colocación de los pines, los tacos metálicos y la nivelación o plomada del muro. La unidad de medida ésta dada en (m²/h).
- ✓ **Fundición muro estructural (0.2x3.0x36):** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.2
- ✓ **Armado y colocación acero vigas aéreas (0.35x0.5):** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.1
- ✓ **Formaleta vigas aéreas:** La actividad fue descrita en el numeral 6.5.1
- ✓ **Fundición de vigas aéreas (0.35x0.5):** Para dar inicio a esta actividad se deben de haber instalado los perlines metálicos y la formaleta correctamente. La actividad inicia como tal en el momento que los obreros vacían la primera carreta de concreto dentro de la formaleta de la viga y termina una vez se han fundido todas las vigas programadas. La actividad contempla el transporte del concreto en una distancia que varía desde los 10 a 35 metros y el vibrado del concreto, no se incluye la adecuación del lugar de trabajo como la construcción del puente o camino para transportar el concreto, debido a que este es modificado durante la fundición de las vigas. La unidad de medida está dada en (m³/h).

Cuadro resumen de las actividades analizadas grupos de 3 obras: Aquazul, Portal de Alameda y Reserva la Sabana (Ver *Tabla 5*)

ACTIVIDAD	AQUAZUL	PORTAL DE ALAMEDA	RESERVA LA SABANA
Excavación cimentación		X	X
Corte y Fig. Acero cimentación		X	X
Amado y colocación acero cimentación		X	X
Fundición cimentación		X	X
Corte y figurado acero columna	X	X	X
Amado y colocación acero columna	X	X	X
Formaleta columna	X	X	X
Fundición columna	X	X	X
Corte y fig. acero viga coronación		X	X
Amado y colocación acero viga cimentación		X	X
Fomaleta viga coronación		X	X
Fundición viga coronación		X	X
Corte y fig. acero viga de carga		X	X
Amado y colocación acero viga de carga		X	X
Colocación malla electrosoldada		X	X
Corte, figurado y colocación acero placa entrepiso		X	
Pega de ladrillo		X	X
Revoque (champeo)	X	X	X
Revoque (llana)	X	X	X
Estuco interior	X	X	X
Pintura interior	X	X	X
Estuco exterior		X	
Pintura exterior		X	
Enchape piso	X	X	X

Tabla 5. Actividades por grupos de Obra: Aquazul, Portal de Alameda, Reserva la Sabana
Fuente. Elaboración propia sustraída de los archivos de Excel

6.5.4. Actividades Aquazul Torre 2.

- ✓ **Corte y figurado acero columna (0.7x0.7) metros:** El oficial realiza el análisis de los planos estructurales, previo al inicio de la actividad, y se definen tanto las dimensiones como la cantidad de acero que se requiere para la construcción del elemento estructural tipo columna. Así, la dimensión de la columna es de 0.7 x 0.7. Posterior a la ubicación de las barras de acero en el montaje mecánico dispuesto

para el corte y figurado del acero, se da inicio a la actividad justo en el momento en que se comienza a medir y cortar las barras de acero. A medida que se va cortando el acero, el oficial con el apoyo del ayudante comienzan a figurarlo hasta completar la totalidad de lo programado, que corresponde al momento en el que finaliza la actividad. La unidad de medida está establecida como (kg/h).

- ✓ ***Armado y colocación acero columna (0.7x0.7) metros:*** Se transporta el acero de refuerzo transversal y longitudinal debidamente cortado y figurado, el cual se apronta a unos 70 centímetros del elemento estructural (columna de 0.7x 0.7 m); La actividad marca el inicio en el momento en que el oficial y/o los ayudantes toman del apronte el acero de refuerzo que está cerca del elemento estructural; colocando primero el refuerzo longitudinal y posteriormente el transversal, definido como estribos y ganchos. El acero longitudinal utilizado corresponde a varillas #5 con flejes o acero transversal #3. Se da como concluida la actividad una vez se haya colocado la totalidad del acero de refuerzo de la columna en la totalidad de su altura o al terminar la jornada laboral de ese día. La unidad de medida está establecida como (kg/h).
- ✓ ***Formaleta en madera para columna (0.7x0.7) metros:*** Antes de dar inicio a la actividad se tienen fabricadas las formaletas de madera que constan de tableros en madera con y trabas en cuartón, también se tiene armado la estructura de refuerzo de la columna; el inicio de esta actividad se da mediante la delineación con cimbra del espacio donde irá la columna para posteriormente comenzar con la instalación de la formaleta, la cual se encuentra elaborada previamente para cada tamaño de columna específico. La actividad incluye el traslado de la formaleta desde la pila donde se encuentran organizadas con anterioridad, la colocación de los tacos

metálicos, el uso de andamios o butacos para la parte alta y la nivelación de la formaleta. Los tableros utilizados se reutilizan y en ocasiones requieren de reparaciones las cuales se realizan previo al inicio. La finalización de la actividad se da al tener la totalidad de los tableros instalados, debidamente taqueados y plomados. La unidad de medida está establecida como (ml/h).

- ✓ **Fundición columna (0.7 x0.7) metros:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.1
- ✓ **Revoque:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.1
- ✓ **Estuco:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.2
- ✓ **Pintura interior:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.2
- ✓ **Enchape de piso:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.2

6.5.5. Actividades Portal de Alameda.

- ✓ **Excavación viga de cimentación:** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.3
- ✓ **Corte y figurado acero viga de cimentación:** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.4
- ✓ **Armado y colocación acero viga de cimentación:** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.3
- ✓ **Fundición cimentación:** Se alistan todos los materiales y equipos para la preparación y manipulación del concreto el cual es de 3000 PSI además, de contar con la totalidad del acero de la cimentación ya instalado dentro de las brechas. La dimensión de la cimentación es de 30x30 cms. La actividad inicia cuando se comienza a preparar el concreto, el cual en ocasiones se debía transportar por 20m aproximadamente, en carretillas hasta el sitio de vaciado o fundición. Para esta

actividad generalmente se utilizaba mano de obra de otras actividades para poder movilizar la totalidad del concreto necesitado, ya que se buscaba fundir toda la cimentación de una casa el mismo día. La actividad finaliza cuando se funde la totalidad de la cimentación programada. La unidad de medida está definida como (m^3/h).

- ✓ **Corte y figurado acero columna:** Analizados los planos estructurales y con las dimensiones de la columna (15x25) se procede a apilar los materiales y las herramientas necesarias para el inicio de la actividad. Esta inicia cuando se miden las barras de acero para su posterior corte a mano con el uso de una cizalla, posteriormente figurarlo hasta completar la totalidad de lo programado, momento en el que termina la actividad. La unidad de medida está establecida como (Kg/h).
- ✓ **Armado y colocación acero columna:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.1
- ✓ **Formaleta columna:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.4
- ✓ **Fundición columna 15x25 cms:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.1
- ✓ **Corte y figurada viga de coronación:** Esta actividad es descrita en el numeral 6.5.6
- ✓ **Armado y colocación acero viga de coronación:** Previo al inicio de la actividad se debe contar con el levantamiento de la mampostería, además, de la fundición de las columnas. Inicia la actividad cuando se comienza a armar el castillo de la viga que incluye la colocación de acero longitudinal y transversal sobre el muro a confinar del segundo nivel de la edificación. La actividad finaliza cuando la totalidad del acero de la viga ha sido instalada según las especificaciones. La unidad de medida está establecida como (Kg/h).

- ✓ **Instalación Formaleta viga de coronación:** La formaleta para la viga de coronación es instalada posterior al levantamiento de la mampostería del segundo nivel, además, de la colocación del castillo de la viga. Después de que el oficial y el o los ayudantes terminan de organizar andamios, materiales y herramientas, la actividad da inicio con el ajuste de los tableros de madera de la formaleta al muro con puntillas y alambre en la parte inferior y con ganchos metálicos en la parte superior. Finaliza esta cuando se completa la longitud de viga programada. La unidad de medida está establecida como (ml/h).
- ✓ **Fundición viga de coronación:** Se alistan previamente la totalidad de los materiales y herramientas necesarias para la preparación del concreto, mezcla que se realiza a mano en el sitio de ubicación de la viga a fundir la cual es de 15x30. La actividad inicia cuando la cuadrilla se dispone a comenzar con la preparación de la mezcla de concreto. Finaliza cuando se ha fundido la totalidad de la viga según los planos estructurales. La unidad de medida está establecida como (m^3/h).
- ✓ **Pega de ladrillo farol:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.1
- ✓ **Revoque:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.1
- ✓ **Estuco:** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.1
- ✓ **Pintura interior:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.2
- ✓ **Pintura Exterior:** Actividad que se realiza por costados de la fachada en ambos niveles, para el cual es necesaria la utilización de andamios. Previamente se cuenta con la pintura preparada y las herramientas necesarias disponibles, además, del armado de los andamios. Inicia con la aplicación de la pintura con el rodillo sobre el muro previamente estucado. La medición de la actividad termina cuando el obrero se detiene según lo programado. La unidad de medida está establecida como (m^2/h).

- ✓ **Enchape piso:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.2

6.5.6. Actividades Reserva de la Sabana.

- ✓ **Excavación cimentación a mano:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.3
- ✓ **Corte y figurado acero viga de cimentación:** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.4
- ✓ **Armado y colocación acero viga de cimentación:** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.3
- ✓ **Fundición viga de cimentación de 0.3x0.3 m:** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.5
- ✓ **Corte y figurado acero columna:** Después de que el oficial analiza los planos estructurales y define las dimensiones y la cantidad de acero que se requiere para la elaboración del elemento estructural columna de 0.12x0.2 m de sección transversal, la actividad da inicio cuando se miden las 4 barras # 3 de longitud 2,8 metros para el acero longitudinal y barras # 2 para el acero de refuerzo transversal de longitud 60 centímetros incluyendo el gancho para su posterior corte a mano con el uso de una cizalla. A medida que se va cortando cierta cantidad de acero, el oficial con el apoyo del ayudante comienzan a figurarlo hasta completar la totalidad de lo programado para esa jornada laboral. La unidad de medida está establecida como (Kg/h).
- ✓ **Armado y colocación acero columna de 12x20 cms:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.1
- ✓ **Formaleta en madera para columna de 20x12 cms:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.4

- ✓ ***Fundición columna de 12x20 cms:*** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.1
- ✓ ***Corte y figurado viga de coronación ó viga cinta de 12x15 cms:*** Una vez analizados los planos estructurales se muestran las dimensiones de las barras de acero y la cantidad que se necesita para el armado del elemento estructural, viga cinta o de coronación. La actividad da inicio cuando se miden las barras de acero para su posterior corte a mano. A medida que se va cortando cierta cantidad de acero, el oficial con el apoyo del ayudante comienza a figurarlo hasta completar la totalidad de lo programado. La unidad de medida está establecida como (Kg/h).
- ✓ ***Armado y colocación acero viga de coronación ó viga cinta:*** Una vez cortado el acero de refuerzo y debidamente aprontado. Se comienza a armar el castillo de la viga de coronación ó viga cinta, desde este momento se inicia a registrar la actividad, este castillo contiene dos sub-actividades: Colocación de Acero Longitudinal y Colocación de Acero Transversal. La actividad termina cuando la totalidad del acero de la viga ha sido instalado según las especificaciones. La unidad de medida está establecida como (Kg/h).
- ✓ ***Formaleta en madera para viga de coronación de 12x15 cms:*** Esta actividad se describió en el numeral 6.5.5.
- ✓ ***Fundición viga de coronación ó viga cinta de 0.12x0.15 m:*** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.5
- ✓ ***Formaleta placa entrepiso:*** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.1
- ✓ ***Colocación malla electrosoldada placa entrepiso:*** Antes de la instalación de la malla y comienzo de esta actividad, se tiene el acero de refuerzo de las vigas de carga correctamente colocado y la formaleta de entrepiso debidamente instalada y

plomada; Para esta actividad se cuenta con la malla electrosoldada ya elaborada de ojo 15x15 cms de $\frac{1}{4}$ " con ancho 2.4 metros. La actividad se comienza a registrar con el transporte de la malla; Finaliza cuando se ha fijado y amarrado la malla a los otros elementos en el área programada. La unidad de medida está establecida como (m^2/h).

- ✓ **Fundición placa entrepiso (incluye vigas de carga):** Después de contar con la formaleta completamente nivelada, la colocación del acero de las vigas y la malla electrosoldada y las diferentes tuberías instaladas, se inicia con el registro de la fundición de la placa maciza de entrepiso. El concreto se prepara a una distancia menor a 20m con una mezcladora de 1 metro cubico, la cual es manipulada por dos obreros, mientras que otros realizan el transporte del material en buguis hasta el lugar de fundición. Se destaca que al momento de fundir utilizan personal que se encontraba en otras actividades. La actividad termina cuando se ha fundido la totalidad del área de placa de la edificación según lo programado. La unidad de medida está establecida como (m^3/h).
- ✓ **Pega de ladrillo tolete de 25 x 12 x 7 centímetros:** Para esta actividad se dispone de los ladrillos y materiales para la preparación de la mezcla de pega, junto al sitio de trabajo, previo al inicio del registro de esta actividad. Asimismo, después de tener lista la mezcla de pega y los ejes de referencia por dónde va el muro, se comienza con la medición de la actividad que consiste en el levantamiento del muro en ladrillo tolete. Finaliza la actividad cuando el muro está completamente levantado en el área definida, debidamente plomado y "liso", es decir sin material sobrante. La unidad de medida está establecida como (m^2/h).
- ✓ **Revoque:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.1

- ✓ **Estuco:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.2
- ✓ **Pintura Interior:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.2
- ✓ **Pintura Exterior :** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.5
- ✓ **Enchape piso:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.2

Acrividad	La Pradera Bosque Residencial	Bloque de Aulas UniQuindío	Casa de Campo
Pega muro en ladrillo farol		X	X
Fundición cinta de coronación	X	X	
Levantamiento castillo columnetas de confinamiento		X	
Fundicion columnetas de confinamiento		X	
Revoque	X		X
Pega de marmol Traventino	X		
pega de marmol	X		
Estuco			X
Pintura	X		X
Enchape escaleras	X		
Mortero de nivelacion	X		X
Enchape exrterior			X
Enchape pisos			
Flanche cubierta			X
Enchape pared	X		
Muro estructural con dovelas		X	
Muro cuchilla ladrillo farol	X	X	
Muro cuchilla ladrillo tolete		X	
Enchape baños	X		
Instalacion formaleta metalica de muros			
Fundicion muro de contención	X		
Instalacion estructura Dry Wall			X
Instalacion placa Dry Wall	X		X
Excavación	X	X	
Armado y colocacion acero de columnas rampas de acceso		X	
Fundicion dados de cimentación		X	
Fundicion vigas amarre	X	X	
Armado de acero para muro de contención	X		

Tabla 6 Actividades por grupos de Obra: La Pradera Bosque Residencial, Bloque de Aulas Universidad del Quindío y Casa de Campo

Fuente. Elaboración propia sustraída de los archivos de Excel

6.5.7. Actividades La Pradera Bosque Residencial.

- ✓ **Excavación:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.3
- ✓ **Corte de acero de refuerzo para muro de contención:** Previo al inicio de la actividad el trabajador debe tener analizada la información de los planos

estructurales. La actividad inicia con el corte del material y finaliza cuando el oficial deja este cortado en el suelo. La unidad de medida es (Kg/h).

- ✓ ***Figurado de acero de refuerzo para muro de contención:*** Previo a iniciar la actividad se deben tener todos los materiales cerca del sitio de trabajo y las herramientas correspondientes. Esta actividad inicia cuando el obrero tiene las medidas del estribo y se dispone a doblarlo y esta termina cuando el trabajador deja el material apilado en el suelo. La unidad de medida es (Kgh).
- ✓ ***Fundición de muro de contención ($e=0.25 m$):*** Esta actividad contempla el vaciado del concreto del muro de contención, previo al inicio de la actividad se debe tener la formaleta puesta y los tacos y las cerchas ubicadas en su lugar, adicional es muy importante contar con un vibrador de concreto para evitar la segregación de los materiales al momento de fundir. inicia cuando los trabajadores vacían el concreto e y termina cuando se vacía la última carretilla en el sitio final. esta actividad incluye el vibrado y el allanado. La unidad de medida es (m^3/h).
- ✓ ***Mortero de nivelación terminado:*** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.2
- ✓ ***Fundición vigas de amarre y viga canal ($0.30x0.50 m$):*** Esta actividad es descrita en el numeral 6.5.8
- ✓ ***Levantamiento muro cuchilla en ladrillo farol terminado:*** Previo al inicio se deben tener los materiales y herramienta a la mano, los ladrillos organizados y la mezcla. Esta actividad inicia cuando el obrero tiene los niveles listos y termina cuando se tiene el ladrillo pegado con mezcla en la base y en sus extremos. La unidad de medida es (m^2h).

- ✓ ***Armado de acero de cinta de coronación:*** Para poder dar inicio a la actividad se requiere que tanto los materiales como las herramientas menores y los elementos básicos como andamios, teleras y demás de seguridad estén a la mano para quien la desarrolla, entonces inicia cuando el trabajador tiene el acero longitudinal puesto en el canto del muro sin ningún amarre y termina cuando el estribo y la varilla de acero longitudinal estén amarrados con alambre negro. La unidad de medida es (*mlh*).
- ✓ ***Fundición de cinta de coronamiento (0.10x0.10 m):*** Previo al inicio de la actividad deben estar colocados el acero de la cinta y la formaleta de madera, y debe haber sido aprobado por quien ejerce la supervisión, se deben tener además los andamios, teleras y los elementos de seguridad pertinentes para poder realizar la actividad, esta inicia cuando se vacía el primer balde de concreto y termina cuando el concreto es puesto en el sitio de fundición y es allanado para su terminación. La unidad de medida es (*m³/h*).
- ✓ ***Revoque terminado:*** *Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.1*
- ✓ ***Enchape de escaleras externas (0.3x0.6 m):*** El inicio para esta actividad se da cuando el trabajador empieza a tensar los hilos que debe seguir y termina cuando las piezas están pegadas en su sitio. Es importante aclarar que esta actividad, incluye los cortes de las piezas y la preparación del pegante y no incluye la emboquillada. La unidad de medida es (*m²h*).
- ✓ ***Enchape de baldosa baño (0.6x0.6 m):*** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.2
- ✓ ***Enchape de baldosa pared (0.6x0.3 m):*** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.13

- ✓ ***Pega de mármol traventino:*** La actividad inicia cuando el obrero tensa los hilos que debe seguir, considerando que se deben tener los materiales en obra, y termina cuando las piezas están puestas en su sitio, incluye los cortes de las piezas y la preparación del pegante. La unidad de medida es (m^2h).
- ✓ ***Pega de mármol formato grande (0.6x1.3 m):*** Antes de iniciar la actividad es necesario tener los materiales listos en el lugar donde se ejecutará, y empieza cuando se tensan los hilos que debe seguir y termina cuando las piezas están puestas en su sitio, incluye los cortes de las piezas y la preparación del pegante. La unidad de medida es (m^2h).
- ✓ ***Pintura para interiores vinilo tipo I:*** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.2
- ✓ ***Montaje de placa de Dry Wall (1.22x2.44 m):*** Esta actividad es descrita en el numeral 6.5.9

6.5.8. Actividades Bloque de Aulas (Universidad del Quindío).

- ✓ ***Excavación:*** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.3
- ✓ ***Fundición dados de cimentación (1.20x1.20x1.0 m):*** Esta actividad contempla el vaciado del concreto del dado de cimentación entre la excavación hecha para este elemento estructural, previo al inicio de la actividad se debe contar con los materiales apilados en sitio cercano al de la fundición, además de las herramientas indispensables. Esta inicia cuando los trabajadores vacían el concreto en la excavación y termina cuando se vacía la última carretilla en el sitio final medida es (m^3/h).

- ✓ ***Armado de acero columnas de rampas de acceso:*** Inicialmente, se debe hacer el despiece en los planos para determinar las dimensiones de la columna, cuando todo se tiene listo, se apila el material cerca al sitio de armado junto con la herramienta que se requiera para tal fin. La actividad inicia cuando se tienen las varillas longitudinales sueltas sin ningún amarre y termina cuando el herrero amarra completamente el estribo de las varillas con el alambre negro. La unidad de medida es (*mlh*).
- ✓ ***Encofrado columnas de rampas de acceso (0.60x0.60 m):*** Para definir el alcance del encofrado es necesario decir que este inicia cuando el trabajador arma la formaleta cerca del sitio de colocación y termina cuando se termina de apuntalar la formaleta para que contrarresten el empuje que genera el concreto sobre la formaleta e incluye chequeo de hilos y de niveles. La unidad de medida es (*m/h*).
- ✓ ***Levantamiento muro estructural con dovelas:*** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.10
- ✓ ***Levantamiento muro ladrillo farol:*** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.1
- ✓ ***Colocación de castillo de columnetas de confinamiento:*** Esta actividad tiene su inicio cuando el obrero monta el castillo teniendo en cuenta que las dimensiones se cumplan, que los flejes estén a las distancias determinadas en planos y el acero en buenas condiciones y termina cuando el castillo está montado y con el anclaje epóxico necesario para esta actividad. La unidad de medida es (*ml/h*).
- ✓ ***Encofrado de columnetas de confinamiento (0.10x0.20 m):*** El encofrado inicia cuando el trabajador tiene todos los elementos para armar la formaleta cerca del sitio de colocación, teniendo en cuenta que las caras de la formaleta deben ser

lisas y cada tabla debe estar en las mejores condiciones y termina cuando se termina de apuntalar la formaleta con tacos en las diferentes direcciones, para que se contrarreste el empuje que genera el concreto sobre la formaleta. La unidad de medida es (m/h) .

- ✓ ***Fundición de columnetas de confinamiento (0.10x0.20 m):*** Previo al inicio de la actividad se deben de tener todos los materiales cerca para la fabricación del concreto (la cual no hace parte de esta actividad). Esta actividad inicia cuando los trabajadores vacían el concreto entre la formaleta y termina cuando se vacía la última carretilla en el sitio final. Esta actividad incluye el vibrado y el allanado. La unidad de medida es (m^3h) .
- ✓ ***Desencofrado de columnetas de confinamiento:*** Para este caso, la actividad inicia cuando el trabajador desmonta los tacos y cuñas que son puestos para que contrarresten el empuje que genera el concreto sobre la formaleta y finaliza cuando queda la columneta expuesta. La unidad de medida es (m^2h) .
- ✓ ***Cama de arena para desagüe:*** Esta actividad tiene inicio cuando se trazan los niveles a los cuales debe ir la tubería y termina cuando el trabajador ha dispuesto la arena con un espesor tal que coincida con la cota a la cual debe ir la tubería (espesores entre 2 y 3 cm). La unidad de medida es (m^3h) .
- ✓ ***Montaje tubería de desagüe:*** Esta actividad inicia inmediatamente después del montaje de la cama de arena y termina cuando la tubería esta soldada y puesta en su lugar (tubería de 4" de diámetro). La unidad de medida es (mlh) .
- ✓ ***Fundición de vigas de amarre (0.5x0.7 m):*** Esta actividad contempla el vaciado del concreto del muro de contención entre la formaleta, previamente se deben tener

todos los materiales para fundirlas, las herramientas correspondientes y los castillos en su lugar. Esta inicia cuando los trabajadores vacían el concreto entre la formaleta y termina cuando se vacía la última carretilla en el sitio final. Esta actividad incluye el vibrado y el allanado. La unidad de medida es (m^3/h).

- ✓ **Levantamiento muro cuchilla ladrillo farol:** Esta actividad inicia cuando el obrero tiene los niveles listos y la mezcla a su lado, y termina cuando se tiene el ladrillo pegado con mezcla en la base y en sus extremos. La unidad de medida es (m^2h).
- ✓ **Levantamiento muro cuchilla ladrillo tolete:** Esta actividad inicia cuando el obrero tiene los niveles listos y la mezcla a su lado y termina cuando se tiene el ladrillo puesto en su sitio, pegado a la fila inmediatamente anterior y al ladrillo vecino unido a él con mezcla. La unidad de medida es (m^2h).
- ✓ **Encofrado en madera de cinta coronación:** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.5
- ✓ **Fundición de cinta coronación (0.10x0.10 m):** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.5

6.5.9. Actividades Casa de campo.

- ✓ **Mortero de nivelación terminado:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.2
- ✓ **Levantamiento muro ladrillo farol:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.1
- ✓ **Champeo para revoque:** El champeo inicia cuando el obrero tiene la mezcla de mortero con altísimo contenido de agua y se tiene en baldes junto a él y termina cuando la mezcla está adherida al muro de ladrillo. La unidad de medida es (m^2h).
- ✓ **Revoque terminado:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.1

- ✓ **Flanche cubierta (ancho=0.50 m):** Para este caso, la actividad comienza cuando el obrero corta la lámina que va ubicada entre la cubierta y las cuchillas, y termina cuando el flanche está anclado a la pared. La unidad de medida es (*mlh*).
- ✓ **Enchape exterior (0.70x0.45 m):** El inicio de esta actividad es cuando el trabajador empieza a tensar los hilos que debe seguir, y termina cuando las piezas están pegadas en su sitio. Es importante aclarar que incluye los cortes de las piezas y la preparación de la pega, pero no el emboquillado. La unidad de medida es (*m2h*).
- ✓ **Estuco interno:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.2
- ✓ **Estuco externo:** Esta actividad se definió en el numeral 6.5.5
- ✓ **Pintura vinilo para interiores:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.2
- ✓ **Esqueleto y ángulos de dry wall:** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.18
- ✓ **Montaje placa dry wall:** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.16

ACTIVIDAD	PARQUE RESIDENCIAL COLOMBIA	RESERVA CAMPESTRE	SUPER INTER - FERIA DE LOS PLATANOS
Excavación	X	X	X
Figurado de Acero de Vigas	X	X	X
Armado de Acero de Vigas	X	X	X
Pega de Ladrillo Estructural	X		X
Pega de Ladrillo Farol		X	
Fundición de Dovelas	X		X
Colocación Formaleta Columnas		X	X
Fundición de Columnas (0.25 x 0.25)m		X	
Fundición de Columnas (0.12 x 0.25)m			X
Colocación Formaleta Losa de Entrepiso	X	X	X
Fundición Losa de Entrepiso	X	X	X
Revoque de Pared	X	X	X
Estuco de Pared	X	X	X
Pintura	X	X	X
Pega de Baldosas	X	X	X
Colocación Estructura para Panel Yeso de Cielorraso	X	X	X
Colocación Placas de Panel Yeso para Cielorraso	X	X	X

Tabla 7. Actividades por grupos de Obra: Parque Residencial Colombia, Reserva Campestre y Super Inter Feria de los plátanos

Fuente. Elaboración propia sustraída de los archivos de Excel

6.5.10. Actividades Parque Residencial Colombia.

- ✓ **Excavación:** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.3

- ✓ **Figurado de acero de vigas:** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.3
- ✓ **Armado y colocación de acero de vigas:** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.1
- ✓ **Pega de ladrillo estructural:** Previamente al inicio de la actividad se debe tener listo el trazado de hilos y los ladrillos apilados cerca al lugar donde se van a pegar, y esta se da por iniciada cuando se empieza a preparar el mortero y termina al momento en el que el ladrillo es pegado, nivelado y aplomado. Esta actividad se mide en (m^2/h). Cabe resaltar que el ladrillo utilizado en esta actividad es ladrillo estructural (0,3X0,2X0,12) debido al sistema constructivo manejado en la obra.
- ✓ **Fundición de dovelas:** Antes de iniciar la actividad, se deben tener los ladrillos debidamente pegados y “ratoneados” (eliminar sobrantes de mortero en los orificios del ladrillo). Esta inicia cuando la mezcla de grouting se empieza a preparar, después se procede a vaciarla en los orificios donde se encuentran las dovelas, y finaliza cuando la mezcla ha alcanzado el nivel superior del muro. La sección transversal de los orificios de los ladrillos es de (9 X 8) cm y la unidad en que es medida es en (m^3/h)
- ✓ **Colocación formaleta losa de entrepiso:** Actividad descrita en el numeral 6.5.1
- ✓ **Fundición de losa de entrepiso:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.1
- ✓ **Revoque de pared:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.1
- ✓ **Estuco de pared:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.2
- ✓ **Pintura:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.2
- ✓ **Pega de baldosas:** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.2
- ✓ **Colocación estructura para panel yeso de cielorraso:** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.2

- ✓ **Colocación placas de panel yeso para cielorraso:** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.2

6.5.11. Actividades Reserva Campestre.

- ✓ **Excavación:** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.3
- ✓ **Figurado de acero de vigas:** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.3
- ✓ **Armado y colocación de acero de vigas:** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.1
- ✓ **Pega de ladrillo farol:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.1
- ✓ **Colocación formaleta columnas:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.4
- ✓ **Fundición de columnas (0.25 x 0.25) m:** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.1
- ✓ **Colocación formaleta losa de entrepiso:** Actividad descrita en el numeral 6.5.1
- ✓ **Fundición losa de entrepiso:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.1
- ✓ **Revoque de pared:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.1.
- ✓ **Estuco de pared:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.2
- ✓ **Pintura:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.2
- ✓ **Pega baldosa:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.2
- ✓ **Colocación estructura para panel yeso de cielorraso:** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.2
- ✓ **Colocación placas de panel yeso para cielorrasos:** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.2

6.5.12. Actividades Súper Inter- Feria de los Plátanos.

- ✓ **Excavación:** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.3

- ✓ **Figurado de acero de vigas:** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.3
- ✓ **Armado y colocacion de acero de vigas:** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.1.
- ✓ **Pega de ladrillo estructural.** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.10
- ✓ **Fundición de dovelas:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.10
- ✓ **Colocación formaleta de columnas (0.12 x 0.25) m:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.4
- ✓ **Fundición de columnas (0.12 x 0.25) m:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.1
- ✓ **Colocación formaleta losa de entrepiso:** Actividad descrita en el numeral 6.5.1
- ✓ **Fundición losa de entrepiso:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.1
- ✓ **Revoque de pared:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.1
- ✓ **Estuco de pared:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.2
- ✓ **Pintura:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.2
- ✓ **Pega de baldosas:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.2
- ✓ **Colocación estructura para panel yeso de cielorraso:** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.2
- ✓ **Colocación placas de panel yeso para cielorraso:** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.2

Actividades por grupo de obras: Senderos del Bosque, Conjunto Residencial

Viavento y Edificio la Coruña 2.

Acrividad	Senderos del Bosque	Conjunto Residencial Viavento	La Coruña 2
Preparación concreto	X	X	
Pega de ladrillo tolete		X	
Pega de ladrillo farol	X	X	
Fundición de concreto para placa de entepiso		X	
Armado de acero de columnas	X		
Desencofrado de columnas		X	
Revoque	X		X
Lija en paredes	X		
Pintura en superficies metálicas	X	X	
Estuco	X		X
Filos			X
Acabado de fachada en graniplast			X
Enchape en piedra laja	X		
Enchape en pocerlanato	X		
Estructura de Dry Wall para cieloraso	X		
Encintada de placa Dry Wall	X		
Dilataciones de 3mm	X		
Pintura en interiores	X		X
Figurado de flejes para columna	X		
Instalacion de placa de Dry Wall cieloraso	X		
Formaleta viga aérea (tablero)	X		
Regate en muros e=5cm	X		
Enchape porcelanato de pared	X		
Tablero metálico para formaleta muro ciclópeo			X
Fundicion de concreto muro ciclópeo			X

Tabla 8 Actividades por grupos de Obra: Senderos del Bosque, Conjunto Residencial Viavento y Edificio la Coruña 2

Fuente. Elaboración propia sustraída de los archivos de Excel

6.5.13. Actividades Senderos Del Bosque.

- ✓ **Figurado de flejes para columna:** Para Flejes en varilla #3. Como actividad previa se tiene que las medidas de varillas de acero se encuentran cortadas de acuerdo al despiece de los planos estructurales (1,05 m, longitud de varillas para columnas de (0,3*0,3) m) y el herrero da comienzo a la actividad con el doblado en la platina

para que esta termine cuando este puesto en el sitio y de ahí disponer de él, la unidad de medida y pago es (Kg/h).

- ✓ **Armado de acero de columnas:** para Columnas de (0,3*0,3) m. Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.1
- ✓ **Pega de ladrillo farol (0,10*0,20*0,3) m:** para Muros perimetrales y divisorios. Se refiere al levantamiento de muros en ladrillo farol (10*20*30) cm para esta obra, la actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.1
- ✓ **Regate en muros de espesor 5 cm:** Para muro en ladrillo farol (0,10*0,20*0,3) m. Tiene como actividad previa el humedecimiento de la pared en la que se va a trabajar; tiene su inicio cuando se ubica y se demarca la franja para proceder a romper el muro y finaliza cuando se hace la limpieza en el sitio, su unidad de medida y pago es (ml/h).
- ✓ **Formaleta viga aérea, tablero (1,4*0,7) m:** Para vigas de (0,3*0,3) m. Se debe tener como actividad previa el acero de refuerzo de vigas aérea con castillos armados, se inicia al preparar la formaleta con tableros de (1,4*0,7) m y termina cuando estas son aseguradas con tacos y alambre conservando las dimensiones entre las caras inferiores correspondientes a las del elemento estructural a fundir, manteniendo la horizontalidad del elemento en la altura, su unidad de medida es (m²/h).
- ✓ **Revoque:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.1
- ✓ **Estuco:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.2
- ✓ **Enchape de baldosa Porcelanato:** De (0,6*0,6) m en piso tráfico 1. Esta actividad inicia cuando el obrero dispone de las esquinas de la habitación para ubicar las escuadras correspondientes (incluido en el rendimiento tomado) por las que se

tensarán los hilos que servirán de guía de las baldosas y tiene su finalización cuando se chequea con nivel o codal la horizontalidad de la baldosa en el piso. En esta actividad se tiene en cuenta la limpieza del sitio, el corte de las baldosas y el chipoteo (golpe con martillo de caucho), su unidad de medida es (m²/h).

- ✓ ***Enchape de baldosa en pared:*** Para baldosa de (0,25*0,4) m en pared. Previo a la actividad la superficie debe estar nivelada con el mortero al espesor que se indique en las especificaciones técnicas del proyecto. Inicia con la instalación de las baldosas en las esquinas y tiene su finalización cuando se chequea con martillo de caucho la pega de los elementos instalados. En esta actividad se tiene en cuenta la limpieza del sitio, el corte de las baldosas y el chipoteo (golpe con martillo de caucho), su unidad de medida es (m²/h).
- ✓ ***Lechado o emboquillado de baldosa:*** Para piso de porcelanato de (0,6*0,6) m. Tiene como actividad previa despejar el área de trabajo para así dar comienzo cuando se limpian con cepillo de alambre las juntas entre baldosas normalmente de 2 mm para remover las impurezas y termina en el momento en que se limpian los residuos que deja el emboquillado en la baldosa. La limpieza (incluida en el rendimiento) juega un papel importante e incide en la pega de la boquilla, antes, durante y después de esta actividad, su unidad de medida es (m²/h).
- ✓ ***Estructura de soporte drywall:*** Para Cielo raso. Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.2
- ✓ ***Instalación de placa de drywall en cielo raso:*** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.2
- ✓ ***Encintada de placas de drywall:*** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.2

- ✓ **Lija en paredes:** Para paredes interiores y exteriores estucadas. Después de haber aplicado estuco en las paredes interiores o exteriores, estas quedan en ocasiones con grumos de estuco o imperfecciones en su acabado, es en este momento que comienza la lijada de estas imperfecciones para garantizar la uniformidad en la superficie para poder pintar después de esto, tiene su finalización cuando las paredes se limpian con agua. Su unidad de medida es (m²/h).
- ✓ **Pintura:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.2
- ✓ **Dilataciones:** Para Ventanas exteriores, contadores y marcos de puertas e= 3mm. La actividad previa se da cuando el obrero aplica masilla en las zonas donde quedaran las dilataciones y deja que este se endurezca después de unos 15 minutos. La actividad inicia cuando el obrero procede con un molde a trabajar las dilataciones que darán el acabado; dicha actividad finaliza en el momento en el que se han bordeado los marcos y se consigue una profundidad de 3 mm sobre la superficie. Su unidad de medida es (m/h).
- ✓ **Enchape de piedra laja:** Para Paredes exteriores h= 0,5 m y mochetas de jardines 0,2 m. Previo al enchape se procede a la limpieza del sitio en el que se va a trabajar, esta actividad inicia cuando el trabajador tiene los materiales en el sitio del que dispondrá de ellos y procede a cortar las figuras para abarcar la mayor cantidad de espacio posible y termina en el momento en que se aplica el lechado con mineral negro. En esta actividad se incluye el transporte de la laja y el corte de la misma, su unidad de medida es (m²/h).
- ✓ **Pintura en superficies metálicas:** Para tubos PTS 10*10*2mm y ángulos 2'' * ¼. La actividad previa a esta es el chequeo en la superficie metálica, la cual no debe presentar residuos de grasa, oxido, soldadura o ningún agente contaminante, tiene su

inicio cuando los materiales ya se encuentran dispuestos en sitio y termina cuando la mano final de anticorrosivo da uniformidad en el acabado de la superficie siendo este la tonalidad final, su unidad de medida es (m^2/h).

6.5.14. Actividades Conjunto Residencial Viavento.

- ✓ ***Pintura en superficies metálicas:*** Para Tubos PTS 10*10*2mm y ángulos 2" * ¼.
Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.13
- ✓ ***Fundición Para Placa entrepiso $e=0,09$ m*** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.1
- ✓ ***Desencofrado de columnas:*** Para Columnas de (0,8*0,8) m. El desencofrado de columnas inicia cuando el concreto ha fraguado 3 días o más y el residente de obra da la orden de retirar las formaletas y finaliza al momento en que se han retirado los residuos de tacos de madera o las formaletas de la columna y esta queda totalmente limpia. Su unidad de medida es (m^2/h).
- ✓ ***Pega de ladrillo farol (0,10*0,20*0,3) m:*** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.1
- ✓ ***Pega de ladrillo tolete (0,06*0,12*0,24) m:*** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.6

6.5.15. Actividades Edificio La Coruña 2.

- ✓ ***Formaleta de muro ciclópeo. tablero metálico de (2*0,50) m:*** Para muro ciclópeo, espesor de 35 cm y 50 cm de altura. Previo a la actividad se debe realizar una estabilización del terreno a nivel de excavación de la pata del muro. Inicia al momento en que se comienzan a colocar los tacos en madera que soportaran los tableros (0,5*2) m y finaliza cuando se chequea el espesor del muro y la altura del mismo, su unidad de medida y pago es (m^2/h)

- ✓ **Fundición de concreto muro ciclópeo:** Para Muro Ciclópeo, espesor de 35 cm y 50 cm de altura. Como actividades predecesoras se tienen la colocación de formaleta al muro, asegurada y chequeada, y el transporte del concreto desde el sitio de preparación hasta el de disposición final. Inicia cuando el concreto es puesto en el elemento; a medida que se vacía la mezcla, cada capa se compacta con vibrador de aguja para evitar los hormigueros. En esta actividad no se incluye el curado del concreto, su unidad de medida y pago es (m^3/h)
- ✓ **Revoque:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.1
- ✓ **Pintura:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.2
- ✓ **Acabado de fachada en graniplast:** Para Paredes exteriores. La actividad en mención comienza al momento en que el obrero tiene los materiales pertinentes para aplicar con espátula y llana la textura en masilla (preparada en obra) y finaliza en el momento en que la fachada presenta la uniformidad en su superficie después de limpiar los excesos que quedan por la herramienta que se usa o grumos por la masilla. En esta actividad se incluye lijado de imperfecciones, su unidad de medida y pago es (m^2/h).
- ✓ **Filos en paredes:** Para Ventanas exteriores, contadores y marcos de puertas. Esta actividad inicia cuando el obrero ha aplicado la masilla en los marcos de las puertas y las ventanas, para proceder a organizar los bordes y las esquinas con llana y espátula y finaliza cuando estos presentan verticalidad u horizontalidad en su superficie para dejarlas como terminado final o colocar los ángulos en el filo, su unidad de medida y pago es (m/h).
- ✓ **Estuco:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.2

Acrividad	Torre Cristal	Centro Empresarial Betania	Callejas de San José
Formaleta Placa			X
Formaleta Columneta	X		
Colocacion acero viguetas	X		
Fundición Placa de Contrapiso	X	X	
Formaleta viguetas		X	
Formaleta madera para columna		X	
Fundicion columnas		X	
Pega de ladrillo tolete	X		
Revoque interior liso	X	X	
Estuco			X
Estuco techos			X
Pintura	X		
Estuco exterior			X
Pintura para techos	X		
Mortero de nivelacion			X
Enchape pisos	X		X
Enchape baños			X
Armado acero pilotes		X	
Instalacion estructura Dry Wall			X
Instalacion placa Dry Wall	X		
Estuco cielo Drywall			X
Instalacion placa Dry Wall techo	X		
Encintado Dry Wall			X
Excavación manual de tierra		X	X
Fundicion cimentacion			X
Armado y colocacion acero vigas de cimentación		X	X
Formaleta viga de coronación	X		
Malla electrosoldada		X	X
Fundicion dados de cimentación		X	
Instalación piso en madera	X		
Fundicion vigas amarre	X		
Armado acero zapatas		X	
Fundición pilotes		X	

Tabla 9 Actividades por grupos de Obra: Torre Cristal, Centro Empresarial Betania y Callejas de San José
Fuente. Elaboración propia sustraída de los archivos de Excel

6.5.16. Actividades Torre Cristal.

- ✓ **Armado y colocación acero Viguetas (0,1x 0,16 m):** La Actividad fue definida en el numeral 6.5.1
- ✓ **Dilataciones plásticas drywall:** En este caso la condición previa se da cuando finaliza la colocación de las placas de drywall en techos y paredes, entonces se procede a la colocación de cintas en las dilataciones entre placas, la actividad inicia

con los materiales en obra, como la masilla y los rollos de cinta para drywall, finalizando cuando la masilla se aplica entre las placas de drywall y se coloca encima de este la cinta, teniendo en cuenta que se le da un buen acabado para un mejor aspecto a la hora de aplicar estuco y pintura. La unidad de medida es $\left(\frac{m^2}{h}\right)$.

- ✓ **Drywall para cielo raso (instalación laminas e:6mm, (1,22 x 2,44 m):** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.2
- ✓ **Enchape corredor:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.2 y es un complemento de la actividad Enchape pisos de cerámica
- ✓ **Enchape pisos de cerámica :** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.2
- ✓ **Formaleta madera para columneta (0,2 x 0,12 m) h=3m:** Para esta actividad su condición previa se da cuando se tienen levantados los muros en ladrillo y el castillo en acero anclado y ubicado, que los materiales como madera, puntillas y alambre para la adecuación de la formaleta estén listos, iniciando cuando se toma la primera tabla y finaliza cuando se coloca la última tabla asegurada y que esta cumpla con los plomos y niveles respectivos. La unidad de medida es $\left(\frac{m^2}{h}\right)$.
- ✓ **Formaleta madera para viguetas coronación (0,2 x 0,12m):** Esta actividad se describe en el numeral 6.5.5
- ✓ **Fundición placa contra piso (e = 0,15m):** Esta actividad contempla la fundición de la placa de contra piso con concreto premezclado, previo a la actividad se tiene el encamado de la placa y la malla electrosoldada instalada de acuerdo a las especificaciones, la actividad inicia cuando el concreto llega al sitio en mixer y es bombeado con ayuda de una maquina auxiliar y finaliza con todo el elemento

fundido y nivelado. Esta actividad incluye el vibrado y el allanado. La unidad de medida es $\left(\frac{m^3}{h}\right)$.

- ✓ **Fundición vigas de amarre (0.2mx0.12m):** Esta actividad se definió en el numeral 6.5.3
- ✓ **Instalación piso en madera:** Para esta actividad, la condición previa está dada cuando el trabajador tiene el lugar de trabajo limpio y el piso totalmente nivelado en mortero, además de todo lo necesario en el sitio para comenzar la actividad como las láminas de madera con su respectivo pegante, inicia cuando el trabajador empieza a tensar los hilos que debe seguir, y finaliza con la instalación completa del área de trabajo requerida de piso de madera, incluyen los cortes del material y la limpieza final de todo el material instalado. La unidad de medida es $\left(\frac{m^2}{h}\right)$.
- ✓ **Levantamiento muro en ladrillo tolete:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.6
- ✓ **Pintura interior:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.2
- ✓ **Pintura para techos:** El desarrollo de esta actividad contempla la aplicación de una sola mano de pintura para los techos de los apartamentos, teniendo previamente instaladas las láminas de drywall y la cinta colocada en las dilataciones. Inicia con el material en el sitio, tiras de plástico sobre el suelo para protección de este y finaliza cuando se tiene toda la mano de pintura aplicada en el techo. La unidad de medida es $\left(\frac{m^2}{h}\right)$.
- ✓ **Placa pared drywall (1,22 x 2,44):** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.2
- ✓ **Revoque pared:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.1

6.5.17. Actividades Centro Empresarial Betania.

- ✓ **Armado acero pilotes (diámetro= 0,6, longitud = 9m):** se debe tener previamente el acero y alambre necesario en sitio para el armado de cada pilote, la actividad inicia cuando los trabajadores comienzan con el armado del acero, y finaliza con el armado del castillo completo y revisado por el oficial encargado. Unidad de medida. $(\frac{kg}{h})$
- ✓ **Armado acero viga de cimentación (0,4x0,4) m:** La condición previa se da cuando se contempla el armado del castillo de la viga de cimentación para lo cual se necesita una cantidad de acero de diferentes diámetros y alambre para amarrar este, inicia al momento en que los herreros tienen las barras de acero sueltas longitudinales y transversales (flejes), y finaliza con la colocación de las barras y sus respectivos flejes como el diseño lo tenga definido, todo se amarra con alambre negro. Unidad de medida. $(\frac{kg}{h})$
- ✓ **Armado acero zapatas:** para este caso la condición previa es que los herreros tengan las barras de acero sueltas longitudinales y transversales listas para su armado, inicia al colocar la primera barra de acero, y finaliza con la colocación de las barras y sus respectivos estribos como el diseño lo amerite, todo se amarra con alambre negro. Unidad de medida. $(\frac{kg}{h})$
- ✓ **Excavación:** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.3
- ✓ **Formaleta columna (0,65x 0,75):** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.4
- ✓ **Formaleta viguetas $(\frac{ml}{h})$:** Previo a esta actividad se debe tener listo en el sitio de trabajo, el acero de refuerzo correspondiente a las viguetas ya instalado, la actividad inicia cuando el trabajador con los materiales necesarios coloca la primera

formaleta, y finaliza cuando la vigueta se encuentra totalmente encofrada con plomos revisados por el oficial a cargo. Unidad de medida $\left(\frac{ml}{h}\right)$.

- ✓ **Fundición columna (0,65x 0,75) h=3m):** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.1
- ✓ **Fundición dado (zapata 0,4x 0,4) m:** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.8
- ✓ **Fundición pilotes (diámetro= 0.6, longitud=9m):** Esta actividad contempla la fundición de pilotes de concreto fabricado en obra (previamente todos los materiales y equipos deben estar en el sitio de trabajo). Como actividad previa, se debe tener el pilote perforado con el acero de refuerzo instalado. Inicia cuando los trabajadores vacían el primer balde de concreto, y finaliza al terminar la fundición de cada elemento completo, esta actividad incluye el vibrado del elemento, unidad de medida. $\left(\frac{m^3}{h}\right)$
- ✓ **Fundición placa contra piso (e: 0,15 m) :** Esta actividad ya fue definida en el numeral 6.5.16
- ✓ **Instalación malla electro soldada:** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.6
- ✓ **Revoque baños:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.1

6.5.18. Actividades Callejas de San José.

- ✓ **Aplicación pasta paredes (estuco impadoc):** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.2
- ✓ **Aplicación textura para techos (estuco impadoc):** Previo a esta actividad se debe tener lista y limpia el área del techo a intervenir, además de los materiales y herramientas correspondientes, así mismo armados los andamios con sus respectivas teleras. Esta actividad inicia cuando el obrero comienza su aplicación y finaliza

cuando se tiene esparcido uniformemente el estuco sobre toda la superficie. La

unidad de medida es $\left(\frac{m^2}{h}\right)$.

- ✓ **Armado acero viga de cimentación (0,7x 0,75) m:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.17
- ✓ **Cinta para techos de DryWall:** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.2
- ✓ **Concreto viga de cimentación (0.7x0.75 m):** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.5
- ✓ **DryWall (montaje esqueleto y ángulos):** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.2
- ✓ **DryWall para techos (pegado cinta):** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.2
- ✓ **Enchape baldosa baños (0,2x 0,3)m:** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.2
- ✓ **Enchape pisos de cerámica:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.2
- ✓ **Estuco impadoc:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.2
- ✓ **Excavación para pilotes (diámetro =40cm, profundidad = 9m):** Para esta actividad primero se requiere tener ubicado en el sitio los puntos de ejes de los pilotes que serán excavados, inician cuando comienza la excavación con piloteadora, a medida que se avanza en esta un trabajador estará midiendo su profundidad, finaliza cuando la excavación tiene la medida exigida. Unidad de medida $\left(\frac{m^3}{h}\right)$.
- ✓ **Excavación para viga de cimentación (0.7x0.75 m):** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.3
- ✓ **Figurado de acero:** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.1
- ✓ **Formaleta placa de entrepiso:** Actividad descrita en el numeral 6.5.1

- ✓ **Formaleta viga de cimentación (0,7x0,75m):** Previo a esta actividad se debe tener toda la formaleta y materiales necesarios en el sitio, inicia cuando el trabajador toma la primera formaleta metálica en el sitio de trabajo y dispone a su instalación, y termina cuando se apuntala la formaleta para que contrarresten el empuje que genera el concreto sobre la formaleta y esta se encuentra a plomo, lista para ser verificada por el oficial a cargo. La unidad de medida es $\left(\frac{m^2}{h}\right)$.
- ✓ **Instalación malla electro soldada:** Esta actividad fue descrita en el numeral 6.5.6
- ✓ **Masilla para techos (DryWall):** Previo a esta actividad se debe tener todas las placas de DryWall instaladas en el sitio de la aplicación, el inicio de esta actividad se da cuando el trabajador se dispone a la aplicación de la masilla, y finaliza con la aplicación de esta en todas las dilataciones generadas por la instalación de las placas individuales. Unidad de medida. $\left(\frac{m^2}{h}\right)$.
- ✓ **Mortero de nivelación para pisos:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.2
- ✓ **Pasta para paredes fachada:** Esta actividad ya fue descrita en el numeral 6.5.5

VARIABLES DE RENDIMIENTO DE LA M.O. EN LA CONSTRUCCIÓN

Actividad	Conjunto Residencial Cibeles	Parque Residencial Reserva de Cocora	Nogal Plaza	Aquazul	Portal de Alameda	Reserva la Sabana	La Pradera Bosque Residencial	Bloque de Aulas UniQuindío	Casa de Campo	Parque Residencial Colombia	Reserva Campestre	Super Inter Feria de los Plátanos	Senderos del Bosque	Conjunto Residencial Viverito	La Coruña 2	Torre Cristal	Centro Empresarial Betania	Callejas de San José
Formaleta Placa		x				X				X	X	X	X					X
Formaleta Viga		x	X															
Formaleta Columneta																	X	
Fundición cinta de coronación							X	X										
Colocación Acero Viga		x																
Levantamiento castillo columnetas de confinamiento								X										
Fundición columnetas de confinamiento								X										
Colocación acero viguetas		x						X									X	
Fundición Placa de Contrapiso																X	X	
Fundición Placa	x	x								X	X	X		X				
Colocación acero columnas		x	x		X	X							X					
Formaleta viguetas																		X
Formaleta metálica para columna		x	x															X
Formaleta madera para columna				x	X	X						X	X					X
Fundición columnas	x	x	X	X	X	X						X	X					X
Pega muro en ladrillo fiero		x			X			X	X		X		X					
Pinura en superficies metálicas								X					X	X				
Pega de ladrillo tolete						X							X	X	X	X	X	
Revoque interior liso		x		X	X	X	X		X	X	X	X	X		X	X	X	
Enchape en pocerlanato													X					
Enchape en piedra baja													X					
Acabado de fachada en graniplast															X			
Pega de marmol Travertino							X											
pega de marmol							X											
Estuco	x			X	X	X			X	X	X	X	X		X			X
Estuco techos																		X
Pinura	x			X	X	X	X		X	X	X	X	X		X	X		
Estuco exterior					X				X									
Pinura para techos					X	X											X	
Pinura exterior							X											
Enchape escaleras							X											
Mortero de nivelación	x						X		X									X
Enchape pisos	x			X	X	X				X	X	X					X	X
Instalación guardaespejo	x																	
Fraguado	x																	
Enchape exterior									X									
Flanche cubierta									X									
Enchape pared							X						X					
Enchape baños	x																	X
Instalación formaleta metálica de muros	x																	
Muro estructural con dovelas								X		X		X						
Fundición muro de contención							X											
Muro cuchilla ladrillo fiero							X	X										
Muro cuchilla ladrillo tolete								X										
Armado acero pilotes																		X
Fundición muros	x																	
Instalación estructura Dry Wall									X									X
Instalación placa Dry Wall									X									
Instalación estructura Dry Wall techo	x									X	X	X	X			X		
Estuco cielo Drywall																		
Instalación placa Dry Wall techo	x									X	X	X	X			X		X
Enchape Dry Wall	x																	X
Excavación manual de tierra			x		X	X	X	X		X	X	X	X				X	X
Corte y figurado de acero			x	X	X	X				X	X	X						X
Armado y colocación acero de cimentación			x		X	X												
Fundición cimentación			x		X	X												X
Colocación acero muro estructural							X											
Instalación formaleta metálica muro de contención							X											
Fundición Muro estructural	X		x															
Fundición vigas aéreas																		
Formaleta viga de coronación					X	X			X							X		
Fundición viga de coronación					X	X												
Red de electrosoldada																		X
Fundición dados de cimentación								X										X
Instalación piso en madera																X		
Fundición vigas amarre			X				X	X								X		
Armado de acero para muro de contención							X											
Armado acero zapatas																		X
Fundición pilotes																		X
Fundición de concreto muro ciclópeo															X			
Corte y figurado acero viga de coronación					X	X												

Tabla 10 Consolidado de las actividades analizadas en 18 obras
Fuente. Elaboración propia sustraída de los archivos de Excel

La tabla anterior muestra el consolidado de las actividades analizadas en las 18 obras para cada una de las variables, muestra también aquellas actividades que se repiten en las distintas obras, lo que permite determinar cuáles son las que presentan datos suficientes para realizar el análisis correspondiente.

De las actividades presentadas se seleccionaron 15 para el desarrollo estadístico y posterior análisis que permite obtener el intervalo de predicción y las gráficas de rendimientos diario horario.

7. Archivo Fotográfico de Algunas Actividades de Obra



Imagen 17 Instalación formaleta placa



Imagen 18 Instalación formaleta viga



Imagen 19 Fundición placas con todos sus elementos



Imagen 20 Colocación acero columnas



Imagen 21 Pega ladrillo farol



Imagen 22 Estuco a una sola mano



Imagen 23 Enchape baños



Imagen 24 Pintura



Imagen 25 Fundición muros



Imagen 26 Enchape Piso



Imagen 27 Instalación Estructura Drywall



Imagen 28 Excavación



Imagen 29 Corte y figurado de acero



Imagen 30 Fundición Columnas.



Imagen 31 Fundición Vigas

8. Toma de Muestras en Campo

Para la toma de las muestras de campo se tuvo en cuenta fundamentalmente el cronograma de actividades de las obras, con el fin de establecer a qué actividades se les iba a realizar el muestreo y cuál sería la distribución, todo esto dado el orden de precedencias que se debe respetar para cada una de las actividades y la ruta crítica misma.

Después de definidas en su totalidad las actividades para las muestras, se inicia con la toma de rendimientos para cada una, y se diligenciaban los 4 formatos, los tres de la información en obra para cada actividad analizada y el formato de Incidencia de la cuadrilla en el desarrollo de las diferentes actividades. Adicional, el formato que representa la verificación de la asistencia por parte de los estudiantes, que tal como se mencionó en el capítulo 6.3, debía ser firmado por el Residente de obra para darle validez a la información consignada por cada día de muestreo. Para cada elemento pertinente y durante toda la jornada laboral, los tiempos de registro fueron por hora de la siguiente manera: si se iniciaba a las 7:00 am se tomaba la muestra hasta las 7:59 am; y así mismo se realizaba el registro cada hora de los factores como la cantidad de obra realizada, las cuadrillas, inclusive el clima y demás, se iban consignando de acuerdo a los establecido en los formatos, junto con la información adicional que se consideró pertinente. Sumado a lo

anterior, también se llevó a cabo un registro fotográfico de las actividades para complementar el archivo de anexos del proyecto.

Como se explicó anteriormente, a cada actividad de acuerdo a su particularidad se le estableció la forma de evaluarla, por ejemplo: cuando una actividad presenta más de dos opciones como la Región, se marca con una X la opción seleccionada y los demás campos se dejan en blanco.

Es de anotar que durante las tomas en campo de las diversas actividades en las diferentes obras se presentaron algunos inconvenientes, como, por ejemplo, que algunas actividades presentaban retrasos en el cronograma establecido o que por demoras en otras actividades no fue posible tomar datos suficientes que cumplieran con las características estadísticas necesarias para su análisis.

Adicional algunas actividades no iniciaban el día que se tenía previsto por temas relacionados con los materiales, el clima o cambios en los diseños, lo que igualmente generaba atrasos ocasionando que no se pudieran tomar los datos.

8.1.Toma de Muestras en las Diferentes Obras.

Para las tomas de las muestras se tuvo en cuenta, como ya se ha dicho, que las actividades desarrolladas en esos días fueran las seleccionadas para el presente trabajo, de acuerdo con el cronograma y las indicaciones de los Ingenieros a cargo de las mismas, así mismo, en las obras donde se contaba con residentes, maestros o inspectores, el inicio de las actividades dependía del visto bueno de ellos, y en otras al ser por subcontratos las actividades dependían del avance de cada subcontratista.

La toma de datos fue rigurosa ya que inicialmente se recolectaba la información directamente en obra tal como se muestra más adelante y paralelo a esto, los formatos diariamente se revisaban nuevamente en oficina, para que no se fuesen a cometer errores al

pasar información posteriormente, así como para poder hacer las anotaciones pertinentes en cada momento, de manera que después se pudiese realizar la tabulación sin dificultades. Es justo mencionar que el proceso de toma de datos, se demoró entre uno y tres meses; eso dependía del estado de las obras y las actividades seleccionadas para la toma de las muestras, sin embargo, se trató dentro de lo posible de tener continuidad en las mismas.

El primer paso para el desarrollo de este trabajo fue el proyecto de pregrado desarrollado por Nataly Valencia, para ello, se recolectó información durante un lapso de tiempo de 10 años con estudiantes de noveno semestre de Ingeniería Civil, poniendo este tema como un trabajo entregable para final de semestre y con recolección de muestras semanales durante todo el semestre. Cuando se reunió la información para organizarla y tabularla en el programa se pudo detallar que muchos de los datos consignados por los estudiantes no eran reales o se habían proyectado teniendo en cuenta los rendimientos obtenidos en algunas muestras, situación que genera multicolinealidad, es decir, tomaban algunas muestras y con esa base generaban el resto de datos por lo que los resultados del proyecto no fueron óptimos, se tuvo mucho inconveniente pues los resultados mostraban la cantidad de información inservible, es decir, se perdió el trabajo de tantos años, sin embargo el resultado obtenido sirvió para determinar que en un proyecto tan importante para los constructores se requería una supervisión más estricta los estudiantes y un manejo más adecuado de la información.

Sin embargo, esta primera aproximación dio luces en cuanto a los formatos, las variables a usar, los tipos de muestras, las actividades y en general el manejo de la información de obra requerida para darle validez al proceso. Es así que para la realización de este proyecto se determinó que los estudiantes que iban a realizar el trabajo estuvieran comprometidos con el proceso, asumiéndolo como suyo, por ello al final se crearon los

formatos de porcentaje de incidencia de la cuadrilla y asistencia a obra (ver numeral 6.3), pues con ello se garantiza la confiabilidad de la muestra, los ingenieros de obra en aras de contribuir con el proceso estuvieron pendientes del cumplimiento de ellos.

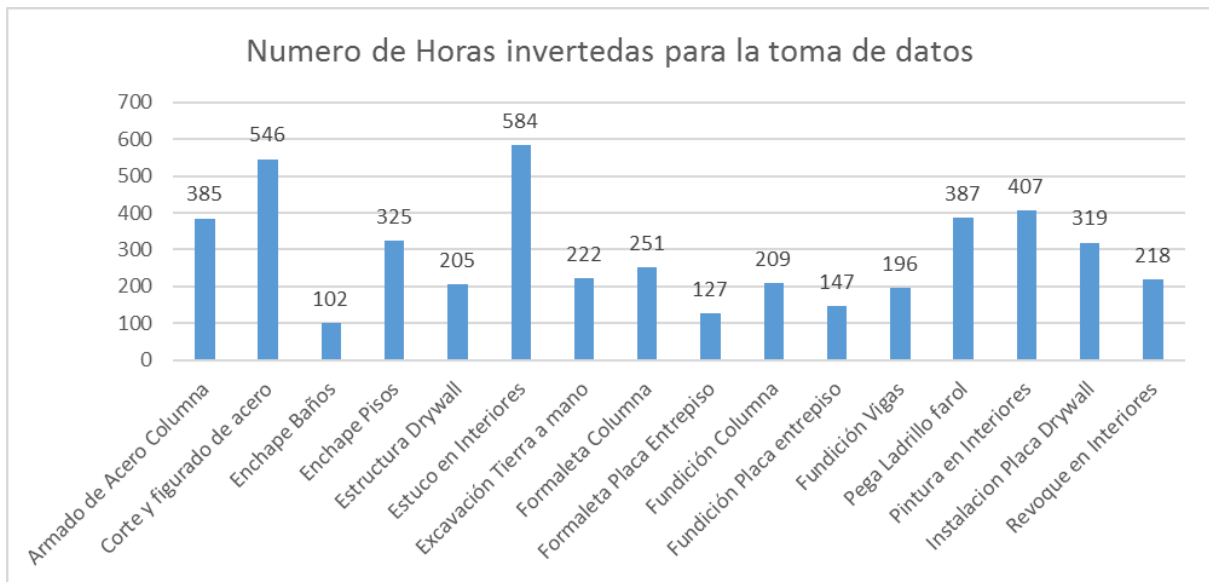
Para cada obra analizada se contó con dos estudiantes que se mantuvieron en obra durante el periodo de toma de datos (a cada dos estudiantes les correspondieron 3 obras) y que al mismo tiempo consignaban la información de manera tal que al final de las muestras el residente de cada obra avalaba lo hecho por ellos.

Es así que se logra obtener inclusive el número de horas invertidas para la realización o toma de las muestras como se presenta a continuación:

Actividad	Unidad	Numero de Horas
Armado de Acero Columna	Kg/h	385
Corte y figurado de acero	Kg/h	546
Enchape Baños	m2/h	102
Enchape Pisos	m2/h	325
Estructura Drywall	ml/h	205
Estuco en Interiores	m2/h	584
Excavación Tierra a mano	m3/h	222
Formaleta Columna	m2/h	251
Formaleta Placa Entrepiso	m2/h	127
Fundición Columna	m3/h	209
Fundición Placa entrepiso	m2/h	147
Fundición Vigas	m3/h	196
Pega Ladrillo farol	m2/h	387
Pintura en Interiores	m2/h	407
Instalacion Placa Drywall	m2/h	319
Revoque en Interiores	m2/h	218

Tabla 11 Resumen horas invertidas para toma de muestras por actividad

Fuente: Elaboración propia sustraída de los archivos de Excel



Gráfica 8 Horas invertidas para la toma de muestras por actividad
Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el gráfico, se requirió de un tiempo estimado de muestreo que oscilaba entre 102 y 584 horas, 102 que corresponden a la actividad con menor consumo horario, es decir el enchape de baños y 584 a la que más tiempo se le pudo tomar la información, es decir el estuco en interiores, así mismo, para la actividad que se puso como ejemplo a lo largo del trabajo se pudo recolectar información por un tiempo de 209 horas.

Dado que es un trabajo que le sirve a los planeadores y a quienes realizan los presupuestos ya que es la base para tener costos más precisos y tiempos de ejecución más ajustados, se requería veracidad en la información, seriedad en la recolección y compromiso por parte de quienes participaron, lo que se demuestra en el cuadro y la gráfica anterior, dada la cantidad de horas dedicadas a tomar las muestras.

A continuación, se presentan algunos de estos formatos diligenciados directamente en campo para diversas actividades en diferentes obras:

El formato N°1 muestra la actividad y toda la información correspondiente a las variables que fueron determinadas de acuerdo con la bibliografía y el análisis del sector en

la Ciudad con sus respectivas subcategorías, en donde se marcan la cuadrilla, la hora y la cantidad realizada.

En el formato N°2, se consigna la información de la persona que tiene la mayor incidencia en la cuadrilla de acuerdo con el formato N°4 definido anteriormente, se repite que dicho formato se diligencia de acuerdo con la información brindada por quien supervisa la actividad.

En el formato N°3 se diligencia la información administrativa que corresponde a cada obra, con el fin de evaluar elementos como la Programación, el Control de calidad, etc... (Definidos previamente en el capítulo 6).

VARIABLES DE RENDIMIENTO DE LA M.O. EN LA CONSTRUCCIÓN

MODELO TOMA DE MUESTRA PARA RENDIMIENTO

		Nombre del Proyecto: <u>Conjunto R. Cibeles</u>										Fecha: <u>15-08-2013</u>																						
Item	Actividad	Sub-actividad	Und	Muestra #	Cuadrilla	Hora muestreo	Cantidad	PARAMETROS																										
								Clima			Estado Herramientas			Supervision			Materiales			Tipo de Contrato		Complejidad de la obra			Condiciones del sitio			Relaciones entre Trabajadores			Planeacion de las Actividades		Programa de SIC	
								S	N	LI	B	R	M	Si	No	Realizada por	At	Es	Ta	Dia	Dest	A	M	Ba	B	R	M	B	R	M	Si	No	Si	No
1	ESTUCCO A UNA MANO		m ²	1	0:1:0	7:00 - 7:59	18.75	X		X				X			X				X					X			X			X		
				1	0:1:0	8:00 - 8:59	19.95	X		X				X			X				X					X			X			X		
				1	0:1:0	9:00 - 9:59	15.69	X		X			X			CONTRATISTA	X				X					X			X			X		
				1	0:1:0	10:00 - 10:59	16.84	X		X			X				X				X					X			X			X		
				1	0:1:0	11:00 - 11:59	16.84	X		X			X				X				X					X			X			X		
				1	0:1:0	13:00 - 13:59	19.24	X		X			X				X				X					X			X			X		
				1	0:1:0	14:00 - 14:59	25.65	X		X			X				X				X					X			X			X		
				1	0:1:0	15:00 - 15:59	26.35	X		X			X			CONTRATISTA	X				X					X			X			X		
				1	0:1:0	16:00 - 16:59	23.48	X		X			X				X				X					X			X			X		

Observaciones: LA HORA DE DESCANSO FUE DE 8:00- 8:20 AM
EL OFICIAL NO USA CASCO DURANTE LA REALIZACION DE LA
LABOR
EL CONTRATISTA DA EL PISO DE LOS APARTAMENTOS A CUCAR

- S : Sol
- N : Nubado
- LI : Lluvia
- B : Bueno
- R : Regular
- M : Malo
- At : A tiempo
- Es : Espera
- Ta : Tiempo aprox
- A : Alto
- M : Medio
- Ba : Bajo

Anexo 1 Formato N°1 Diligenciado a mano por los estudiantes Obra: Conjunto Residencial Cibeles Fuente: Estudiantes

NAPOLEON GIRALDO

MODELO TOMA DE MUESTRA PARA RENDIMIENTO

Nombre del Proyecto: CONJUNTO RESIDENCIAL CIBELES															Fecha: 15-08-2013					
Item	Actividad	Sub-actividad	Und	Muestra #	Cuadrilla	PARAMETROS														
						Region	Experiencia			Especializacion			Edad	Nivel de Educacion	Entrenamiento Previo a la Realizacion de la Tarea					
							Lugar	Si	No	Cuantos años	Si	No			Cuantos años	Si	No			
1	ESTUPO A UNA MANO		m ²	1	Oficial	X	ARMENIA	X		12		X		49	3 ^o PRIMARIA		X			
					Ayudante															
					Oficial															
					Ayudante															
					Oficial															
					Ayudante															
					Oficial															
					Ayudante															
					Ayudante															

Observaciones: EL ENTRENAMIENTO CONSISTIO EN REALIZAR LA ACTIVIDAD DURANTE MEDIA JORNADA PARA OBSERVAR SI ERA APTO PARA SER CONTRATADO - DICHO POR EL OFICIAL -> ESTO FUE DIAS ANTES

Anexo 2 Formato N°2 Diligenciado, Obra: Conjunto Residencial Cibeles
Fuente: Los estudiantes

Cuadro de incidencia de cuadrillas en las actividades

Actividad	Cuadrilla	% incidencia oficial	% incidencia ayudante
ESTUCCO A UNA MANO	0:1:0	100%	0%
PINTORA A UNA MANO	0:0:1	0%	100%
MORTERO DE NIVELACION	0:1:1	60%	40%
ENCHAPE DE PISOS	0:1:1	70%	30%
PEGA DE GUARDAESICCA	0:0:1	0%	100%
ENCHAPE DE BAÑOS	0:1:0	100%	0%
FORMALETA METALICA MORA	0:1:3	70%	10% 40 + 30%
FUNDICION MURO	0:2:3	35% 40 + 70%	10% 40 + 30%
INST. ESTRUCTURA DEYW	0:1:1	65%	35%
ENCINTADO DEYWALL	0:1:1	60%	40%

Formato N°4, Cuadro de incidencia de la cuadrilla en la actividad
Fuente: Los estudiantes

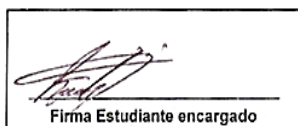
REGISTRO DE OBRA

Nombre de la Obra:	Conjunto Residencial Viavento
Ciudad:	Armenia
Dirección:	Cll 57 N° 28-40
Barrio:	

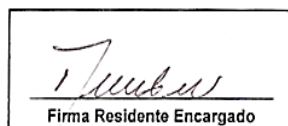
Tipo de Obra:	Vivienda
Complejidad de Obra:	Media
Numero de Pisos:	7
Numero de licencia:	2013-1642 /02/04/013
Uso:	Residencia

Constructora:	Sociedad Constructora e Inversiones el ZOFIRO
Director de Obra:	Horacio Garcia Gonzalez
Residente encargado:	Edoardo Franco Diaz.

Nombre Estudiante:	Jonathan Hurtado Medina
Cedula:	1097393447
Duración de toma de datos:	1 mes



Firma Estudiante encargado



Firma Residente Encargado

Formato N°5 Obra: Conjunto Residencial Viavento
Fuente: Los estudiantes

9. Análisis de Resultados**9.1. Tabulación de la Información.**

La información recolectada en cada una de las obras y que fue consignada en los formatos previamente establecidos pasó por un proceso de tabulación en hojas de cálculo de Excel de manera que se tuvieran los datos organizados para facilitar su ingreso en el Programa STATGRAPHICS CENTURION XV de acuerdo con lo establecido por el asesor estadístico, este software es usado en la Universidad del Quindío, en el área de estadística y cuenta con la licencia profesional de uso N° S0A0- S1P1-P040-K037-8729, versión XV. Su implementación permite obtener las variables que presentan una mayor influencia en el rendimiento de la Mano de obra en el Municipio de Armenia, para el sector de la

construcción, además de servir de base para la construcción de las curvas diarias y semanales de rendimientos.

Cuando se va a tabular la información en la hoja de cálculo de Excel, primero se debe modificar la nomenclatura, teniendo en cuenta que el programa posee una interfaz matricial y como algunos de los parámetros fueron marcados con una “X” (de acuerdo al estado de la situación en la que se encuentra la obra), se hizo necesario reemplazarlos, es decir, en lugar de “X” o afirmaciones de “Si”, se colocaron con valores uno (1) y las de “NO” con cero (0), dependiendo de la actividad y la variable estudiada.

Se muestra a continuación un ejemplo de una variable marcada con “X” que debe ser reemplazada con uno (1) y el restante con cero (0).

MODELO TOMA DE MUESTRA PARA RENDIMIENTO

Nombre del Proyecto: <i>Edificio Corona</i>						Fecha: <i>19/09/13.</i>																														
Item	Actividad	Sub-actividad	Unid	Muestra #	Cuadrilla	Hora muestréc	Cantidad	PARAMETROS																												
								Clima		Estado Herramientas		Supervisor		Materiales		Tipo de Contrato		Complejidad de la obra		Condiciones del sitio		Relaciones entre Trabajadores		Permisos de las Actividades		Progreso de Obra										
								S	N	L	B	R	M	Si	No	Realizada	por	A	Ta	Dia	Dest	A	M	Ba	E	R	M	E	R	M	Si	No	Si	No		
	Acabado de Fachada Arripias			1	01/13	7:00 - 7:59	0.2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
2		8:00 - 8:59	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
3		9:00 - 9:59	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4		10:00 - 10:59	1.9	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5		11:00 - 11:59	3.61	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6		12:00 - 12:59	1.56	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7		14:00 - 14:59	4.03	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8		15:00 - 15:59	4.56	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
9		16:00 - 16:59	3.04	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
						17:00 - 17:59																														

Observaciones: _____

S : Sol
 N : Nublado
 L : Lluvia
 B : Buena
 R : Regular
 M : Malo
 At : A tiempo
 Es : Escasez
 Ta : Tiempo aprox.
 A : Alto
 M : Medio
 Ba : Bajo

Imagen 32 Modelo variable marcada con “X”
Fuente: Estudiantes de pregrado

En el círculo rojo se muestra el detalle de las variables clima y estado de las herramientas, marcadas como se mencionó antes, con “X”, estas, deben ser reemplazadas

por unos (1) y ceros (0) para poder generar la matriz que el programa requiere para el análisis.

A la hora de la toma 8:00 a 8:59 el clima presentado era Soleado y es precisamente marcado con “X”, así, el cambio a realizarse es el siguiente para la matriz:

Soleado	Nubado	Lluvioso
1	0	0

Así mismo, para el estado de las herramientas, para la misma hora, se presenta como Bueno, marcado con una “X”, el cambio que se realiza es el siguiente:

Bueno	Regular	Malo
1	0	0

Este procedimiento se realiza para todas las actividades, en las variables que tengan relacionadas marcaciones especiales (X), para cada una de las 18 obras estudiadas en el Municipio.

Cuando se terminó de migrar toda la información recolectada en campo de cada uno de los elementos establecidos, como se expresó en el párrafo anterior, se procedió a copiar la información en forma secuencial en una hoja de cálculo de Excel con el fin de crear la matriz de datos unificada.

En esta matriz se agrupan los datos de los tres formatos para cada actividad, lo que se busca, es que esta matriz unificada presente la suficiente cantidad de datos de acuerdo con lo preestablecido en el análisis estadístico para que sea representativa y los resultados confiables para cada uno de los casos.

A mayor cantidad de datos, mayor la confiabilidad y por lo tanto mejor el análisis para el intervalo de predicción.

9.2. Análisis de la Representatividad de la Muestra

El problema de la representatividad de una muestra puede enfocarse de diferentes maneras: la más común es, dada una confianza, calcular un tamaño de muestra controlando un error de muestreo; situación para la cual no siempre se dispone de la información necesaria ya que el factor principal que determina el tamaño de una muestra es la varianza de la variable que se está analizando y este es un dato sobre el cual rara vez se tiene información al momento de iniciar un estudio. Un camino más realista, para evaluar la representatividad de una muestra en un estudio, es partir de una muestra inicial cuyo tamaño dependa de los recursos disponibles, recoger luego la información con esta muestra y evaluar a posteriori el correspondiente error de muestreo, por supuesto fijando previamente una confianza.

Todas las variables consideradas en este estudio, es decir los rendimientos de mano de obra, son valoradas en el campo de los números Reales y haciendo una corrección de valores atípicos se puede hacer para cada una un supuesto distribucional de Normalidad. El asunto entonces se reduce a encontrar un tamaño de muestra n con el cual se garantice que las estimaciones obtenidas a través del estimador $\hat{\theta}$ no se alejen más de un δ (error de muestreo) del parámetro θ con probabilidad $1 - 2\alpha$, si se toma la primera opción, o en forma equivalente calcular los valores de δ dado en tamaño de muestra inicial en la segunda opción.

En estas condiciones el problema de la representatividad de la muestra se reduce encontrar una solución para la inecuación

$$P(|\hat{\theta} - \theta| \leq \delta) \geq 1 - 2\alpha$$

y llamando $V(\hat{\theta}) = \sigma_{\hat{\theta}}^2$, esta inecuación puede escribirse también como

$$P\left(\left|\frac{\hat{\theta} - \theta}{\sigma_{\hat{\theta}}}\right| \leq \frac{\delta}{\sigma_{\hat{\theta}}}\right) \geq 1 - 2\alpha$$

de donde se obtiene

$$\frac{\delta}{\sigma_{\hat{\theta}}} \geq z_{(1-\alpha)}$$

o también

$$\delta^2 \leq z_{(1-\alpha)}^2 V(\hat{\theta}),$$

con $z_{(1-\alpha)}$ como el cuantil correspondiente a una probabilidad $1-\alpha$ en una distribución Normal Estándar.

Dividiendo ambos lados esta última inecuación por μ , se llega a

$$(\delta / \mu)^2 \leq z_{(1-\alpha)}^2 cv^2(\hat{\theta}) \frac{1}{n},$$

Tabla 12 Resumen del análisis

donde $cv(\hat{\theta})$ es el coeficiente de variación, $1 - 2\alpha$ se refiere a la confianza y δ / μ es el error de muestreo relativo a la media.

El problema de la representatividad de la muestra, en este caso, se reduce entonces a evaluar el error de muestreo relativo a la media en cada una de las 15 variables, correspondientes a las actividades que se están analizando. Los detalles de este análisis se resumen en la *Tabla 12* a continuación, donde se pueden ver en la última columna los valores de los errores de muestreo para cada una de las variables.

Actividades	Número de Observaciones	Media	Varianza	Coefficiente Variación	Error de Muestreo Relativo a la Media
Armado de acero	310	16,77	10,13	64,44	0,07172
Corte y figurado	441	20,53	7,96	38,74	0,0361
Enchape de baño	82	1,30	0,66	51,10	0,1105
Enchape de piso	254	3,69	2,05	55,64	0,0684
Estructura	132	5,37	4,15	77,36	
Drywall					0,1319
Estuco interior	518	5,64	4,15	73,39	0,0631
Excavación	208	0,88	0,41	46,10	0,0626
Formaleta	188	3,10	1,98	64,53	
columna					0,0922
Formaleta placa	111	5,10	2,18	42,80	
entrepiso					0,0796
Fundición	160	0,55	0,23	43,62	
columna					0,0675
Fundición placa	156	0,75	0,32	41,79	
entrepiso					0,0655
Fundición vigas	188	1,13	0,71	62,96	0,0899
Pega de ladrillo	346	2,43	1,75	71,86	
farol					0,0757
Pintura interior	348	10,33	6,73	65,17	0,0684
Revoque interior	300	3,57	1,75	4893	0,0553

De las actividades totales analizadas, se agrupan entonces 15 actividades, es importante recalcar nuevamente que a pesar de que se trató de tener en las diferentes obras las mismas actividades no siempre fue posible, en muchos otros casos las actividades sufrieron retrasos importantes por diferentes situaciones presentadas al interior y en otros durante los tiempos de las muestras las actividades no se llevaron a cabo como se tenía planeado según los contratistas, todo esto hizo que al momento de unificar los resultados de los formatos no se contara con información suficiente y el programa, al ingresar las matrices no arrojaban ningún tipo de dato, como ejemplo corto se presenta lo que generó el programa al momento de ingresar la matriz de la actividad “Placa de Drywall”:

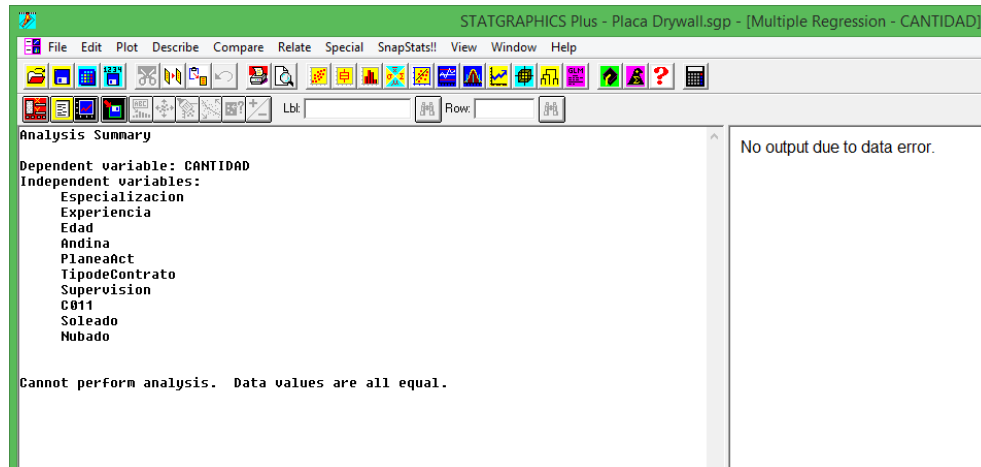


Imagen 33 Información arrojada por el programa después de ingresados los datos

Fuente: Elaboración propia

Este mismo caso ocurrió para las demás actividades que no se encuentran dentro del trabajo, se establece que las variables presentaban correlación, redundancia de datos o datos insuficientes por lo tanto no aparecen dentro del análisis.

Regresando a la matriz unificada, al momento de integrar todos los datos por actividad en una hoja de Excel, se debe definir nuevamente el nombre de las variables, debido a que solo se usan las opciones de las variables y no las categorías, entonces, se elimina, por ejemplo, clima y solo se usan las 3 posibilidades que esta variable presenta: nubado, soleado y lluvioso; acto seguido, se descartan las variables analizadas que generen redundancia y que dupliquen la información, como si fueran dicotómicas (variables que solo aceptan dos opciones, por ejemplo, en la categoría clima se tienen tres subcategorías, soleado, nubado y lluvioso, entonces, se descarta lluvioso y se entiende que si nubado es cero (0), soleado es cero (0), entonces el día esta lluvioso).

Cuando se construye la matriz unificada es muy importante analizar la incidencia de cada uno de los integrantes de la cuadrilla para el desarrollo de la actividad, como se explica en el capítulo 6, numeral 6,3, permitiendo determinar, de acuerdo a la percepción de quien supervisa la actividad (Ingeniero, maestro, contratista), cual es el oficial o ayudante

que tiene la mayor influencia en el rendimiento en dicha actividad. Este análisis es importante debido a que, en la metodología usada, solo se tiene en cuenta la información de uno de los obreros de la actividad, en las variables, Región, experiencia, especialización, edad y nivel de educación.

Es así, que, si se determina que, por ejemplo, para la actividad fundición de columnas, la incidencia del oficial es del 60% con respecto al resto de la cuadrilla, la información del oficial con respecto a su procedencia (Región), experiencia, especialización, edad y nivel de educación es la que se consigna en la matriz unificada.

Cuando se determina que el mayor porcentaje de incidencia en una actividad lo tiene más de un (1) integrante de la cuadrilla, la información que se consigna en la matriz unificada es la de la persona que este dirigiendo la actividad. Vale la pena reiterar que este análisis se hace en compañía de la persona encargada de supervisar la actividad, es básicamente un análisis de percepción basado en la experiencia que este tiene en la ejecución de cada una de las actividades y solamente se lleva a cabo con el propósito de ajustarse a la metodología pre-establecida para este trabajo.

Después de haber realizado los análisis pertinentes, y de tener en la hoja de cálculo de Excel todos los elementos necesarios convertidos a unos y ceros, se procede a determinar cuáles de las variables presentan correlación, o son linealmente dependientes; como primer paso para mejorar el resultado que arroja el programa, se realiza este procedimiento de forma manual, así:

Anexo 4
Matriz unificada en Excel para la actividad fundición de columna
Fuente: La autora

El Anexo 5 Anexo 4 muestra la matriz unificada de unos y ceros para la actividad fundición de columna, las columnas resaltadas en amarillo muestran las variables que

sirven para el análisis pues en este primer filtro no se ve correlación, por lo tanto, son éstas las variables que se analizarán en el programa. Es justo mencionar que las variables que no presentan redundancia para este primer análisis son: cantidad, como variable dependiente, que siempre se ingresa en el programa; las cuadrillas, soleado, nubado, herramientas buenas, supervisión, complejidad alta, Región Andina, Edad, bachiller, entrenamiento y control de calidad (como variables independientes).

Después de realizado este filtro, la matriz unificada queda de la siguiente forma:

Anexo 5
Matriz unificada de unos y ceros después del primer filtro
Fuente: La autora



Como se puede observar en la matriz unificada de unos y ceros (sistema binario) para la actividad fundición columna, el resultado del cambio de nomenclatura y el primer filtro realizado de manera manual en Excel, permitió eliminar las variables que presentaron redundancia o correlación lineal, entonces, para la actividad, esta es, la matriz usada en el programa STATGRAPHICS CENTURION XV para calcular el intervalo de predicción del rendimiento de las actividades.

9.3. Intervalos de predicción.

Para el cálculo de los intervalos de predicción de los rendimientos se trabaja en dos partes, la primera, es la determinación de las variables que afectan el rendimiento de la mano de obra para cada una de las actividades analizadas, haciéndose mediante el programa estadístico STATGRAPHICS CENTURION XV, que una vez corridas todas las variables genera un resultado que es necesario para la segunda parte, denominada modelamiento matemático, el cual se realiza por medio de la técnica de asociación de variables explicada anteriormente, con ello se obtienen los intervalos de predicción.

Es importante anotar que, en la primera etapa del modelamiento, se pueden presentar dos escenarios que inciden en el procedimiento:

- a. Caso Varianza=0: se refiere a la variabilidad nula de cada una de las variables, es decir, las variables se comportan de forma constante.
- b. **Caso Multicolinealidad: Se pueden encontrar variables que se comportan de igual manera, repiten información o los datos de algunas variables se pueden obtener por la multiplicación de algún factor, como ejemplo podemos decir que si tengo las variables A y B, donde A es una matriz de 1x3 y de valores iguales (4) y la variable B que es una matriz de 1x3 con valores iguales a (24) podemos**

decir que existe Multicolinealidad pues al multiplicar la variable A por un factor X, da exactamente la variable C, para el caso del ejemplo, la variable C es 6 veces la variable A

$$\text{Por ejemplo, si } A = \begin{bmatrix} 4 \\ 4 \\ 4 \end{bmatrix} \text{ Y } B = \begin{bmatrix} 24 \\ 24 \\ 24 \end{bmatrix}, \text{ entonces, } A*6= C, \text{ entonces, } 6 * \begin{bmatrix} 4 \\ 4 \\ 4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 24 \\ 24 \\ 24 \end{bmatrix}$$

En este caso, la Multicolinealidad se puede resolver por medio de la eliminación de las variables que presentan el mismo comportamiento o que repiten información; cuando se analizan estas situaciones, se escogen las variables que el programa acepta y se trabaja con ellas para realizar el análisis en el programa, con los resultados se hace el análisis matemático para obtener los intervalos de predicción.

Para el caso de este trabajo, en varias actividades se presentó Multicolinealidad, por lo tanto, se eliminaron variables de cada una de las actividades analizadas y se redujeron las matrices para el análisis.

Se muestra a continuación la realización del procedimiento para la actividad fundición de columnas en el cálculo del intervalo de predicción.

La matriz mostrada a continuación tiene la información recolectada durante un mes para la actividad fundición de columna, la matriz esta expresada en términos de unos (1) y ceros (0) para el modelamiento en el programa.

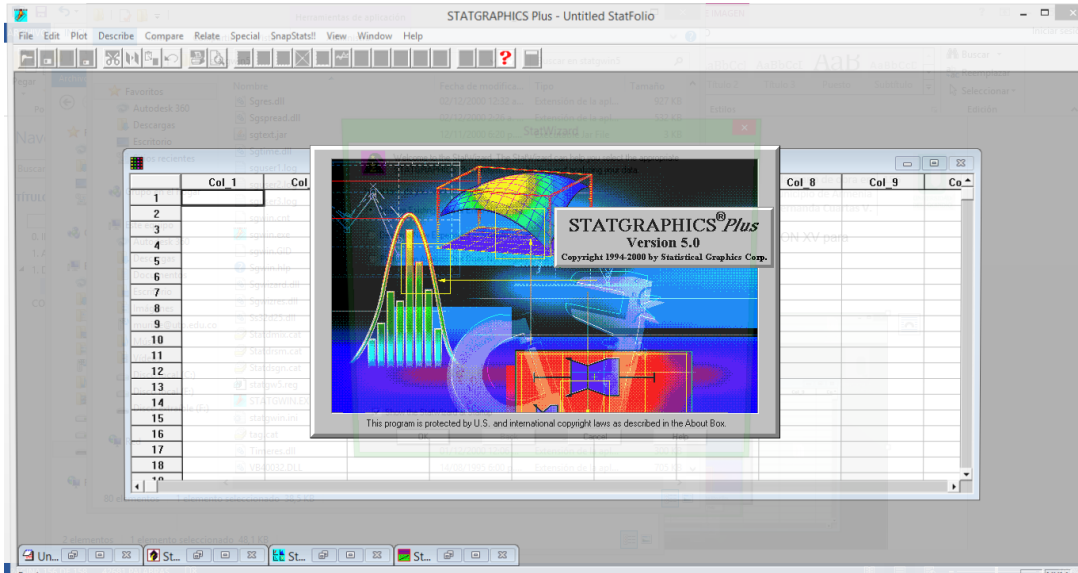


Imagen 34 Importación de la matriz al programa STATGRAPHICS CENTURION XV

STATGRAPHICS CENTURION XV
Fuente: STATGRAPHICS CENTURION XV

La siguiente es la ambientación del programa STATGRAPHICS CENTURION XV, una vez ingresada la matriz para realizar el análisis estadístico.

The screenshot shows the STATGRAPHICS Plus software interface displaying a data matrix. The matrix has 30 rows and 15 columns. The columns are labeled: C012, C013, C023, CANTIDAD, Soleado, Nubado, Herr Buen, Supervision, Compl Alt, Andina, Edad, Bachiller, Entrena, and Con. The data values are numerical, with some cells containing 0, 1, or 0.92.

	C012	C013	C023	CANTIDAD	Soleado	Nubado	Herr Buen	Supervision	Compl Alt	Andina	Edad	Bachiller	Entrena	Con
1	0	0	0	0,134	0	1	1	0	0	1	42	0	0	0
2	0	0	0	0,125	0	1	1	0	0	1	42	0	0	0
3	0	0	0	0,251	1	0	1	0	0	1	42	0	0	0
4	0	0	0	0,156	1	0	1	0	0	1	42	0	0	0
5	0	0	0	0,213	1	0	1	1	0	1	42	0	0	0
6	0	0	0	0,058	0	1	1	0	0	1	42	0	0	0
7	0	0	0	0,065	0	1	1	0	0	1	42	0	0	0
8	0	0	0	0,112	1	0	1	0	0	1	42	0	0	0
9	0	0	0	0,153	1	0	1	0	0	1	42	0	0	0
10	0	0	0	0,087	1	0	1	0	0	1	42	0	0	0
11	0	0	0	0,061	1	0	1	0	0	1	50	0	0	0
12	0	0	0	0,067	1	0	1	1	0	1	50	0	0	0
13	0	0	0	0,123	1	0	1	0	0	1	50	0	0	0
14	0	0	0	0,175	1	0	1	0	0	1	50	0	0	0
15	0	0	0	0,075	0	1	1	0	0	1	50	0	0	0
16	0	0	0	0,103	0	1	1	0	0	1	50	0	0	0
17	0	1	0	0,12	0	1	1	0	0	1	50	0	0	0
18	0	1	0	0,242	1	0	1	0	0	1	50	0	0	0
19	0	1	0	0,18	1	0	1	0	0	1	50	0	0	0
20	0	1	0	0,234	1	0	1	0	0	1	50	0	0	0
21	0	1	0	0,204	1	0	1	0	0	1	50	0	0	0
22	0	1	0	0,2	1	0	1	0	0	1	50	0	0	0
23	0	1	0	0,24	1	0	1	0	0	1	50	0	0	0
24	0	1	0	0,068	1	0	1	0	0	1	50	0	0	0
25	0	0	0	0,067	0	1	1	0	0	1	50	0	0	0
26	0	0	0	0,071	0	1	1	0	0	1	50	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	50	0	0	0
28	0	0	0	0,082	0	1	1	0	0	1	50	0	0	0
29	0	0	0	0,094	1	0	1	1	0	1	50	0	0	0
30	0	1	0	0,92	0	1	1	1	0	1	43	0	0	0

Imagen 35 Matriz de datos actividad Fundición de columna, copiada en el programa STATGRAPHICS CENTURION XV

Fuente: STATGRAPHICS CENTURION XV

La matriz muestra los datos de las variables dependientes para realizar el análisis una vez convertidos todos a unos (1) y ceros (0) y la variable dependiente que es cantidad para cada una de las horas de registro.

Luego se seleccionan las variables para el análisis dentro del programa, que son las que presentan variabilidad y no una correlación lineal de datos.

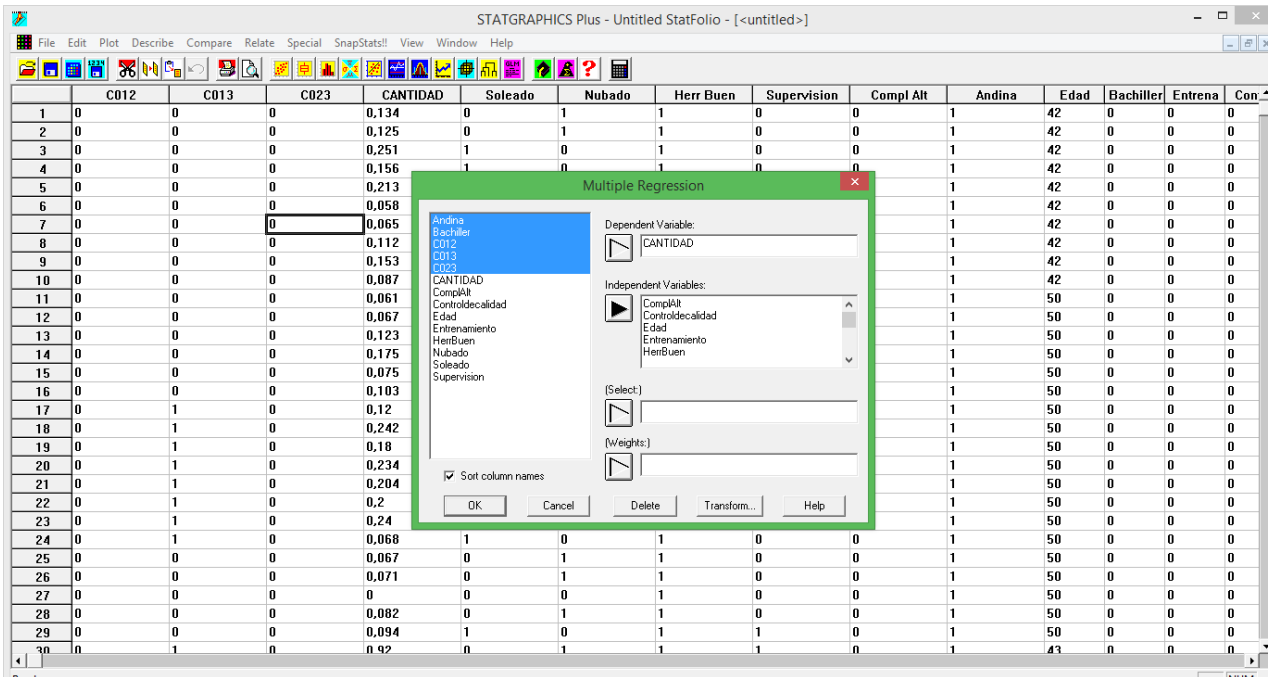


Imagen 36 Ingreso de variables al sistema para la regresión múltiple, variable dependiente: cantidad
Fuente: La autora

La Imagen 36 muestra cómo se ingresan las variables para el análisis estadístico realizado por el programa, en la primera casilla, Dependent variable, se ingresa la cantidad (variable dependiente), en la segunda casilla, independent variables (variables independientes) se ingresan las variables restantes, cuando esta información está completa, se da click en la opción OK para correr el programa y obtener los datos del cuadro de resultados.

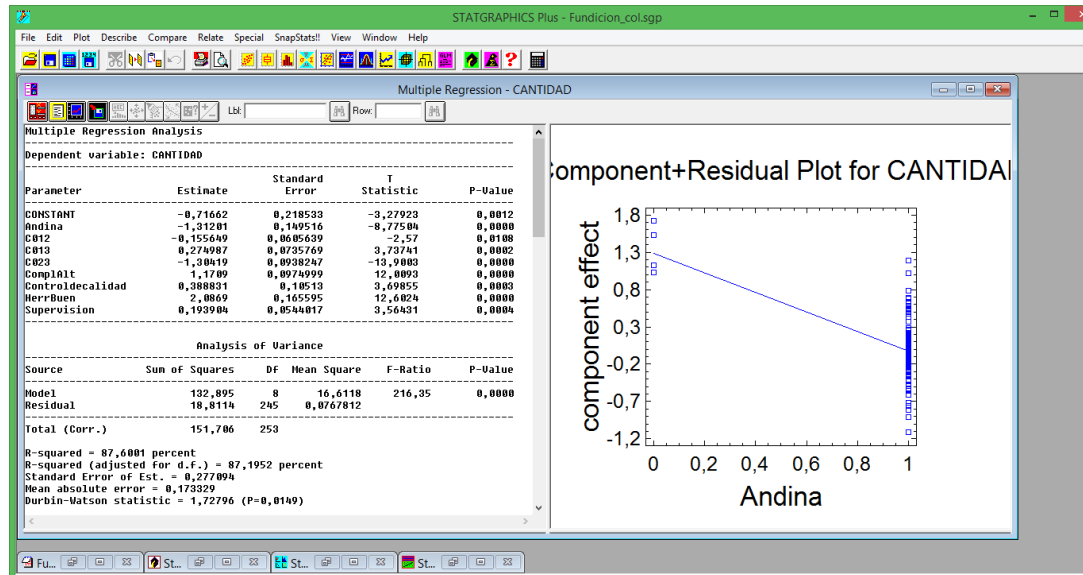


Imagen 37 Cuadro de resultados STATGRAPHICS CENTURION XV

Fuente: STATGRAPHICS CENTURION XV

En la *Imagen 37* se observan los resultados del análisis de regresión múltiple para la actividad, con los datos correspondientes arrojados por el análisis se aplicará la metodología para el cálculo del intervalo de predicción, que se puede observar en el cuadro que se presenta a continuación.

Multiple Regression Analysis

Dependent variable: CANTIDAD

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value
CONSTANT	-0,71662	0,218533	-3,27923	0,0012
Andina	-1,31201	0,149516	-8,77504	0,0000
C012	-0,155649	0,0605639	-2,57	0,0108
C013	0,274987	0,0735769	3,73741	0,0002
C023	-1,30419	0,0938247	-13,9003	0,0000
ComplAlt	1,1709	0,0974999	12,0093	0,0000
Controldecalidad	0,388831	0,10513	3,69855	0,0003
HerrBuen	2,0869	0,165595	12,6024	0,0000
Supervision	0,193904	0,0544017	3,56431	0,0004

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	132,895	8	16,6118	216,35	0,0000
Residual	18,8114	245	0,0767812		
Total (Corr.)	151,706	253			

R-squared = 87,6001 percent
 R-squared (adjusted for d.f.) = 87,1952 percent
 Standard Error of Est. = 0,277094
 Mean absolute error = 0,173329
 Durbin-Watson statistic = 1,72796 (P=0,0149)
 Lag 1 residual autocorrelation = 0,135848

Stepwise regression
 Method: backward selection

The StatAdvisor

The output shows the results of fitting a multiple linear regression model to describe the relationship between CANTIDAD and 13 independent variables. The equation of the fitted model is

$$CANTIDAD = -0,71662 - 1,31201*Andina - 0,155649*C012 + 0,274987*C013 - 1,30419*C023 + 1,1709*ComplAlt + 0,388831*Controldecalidad + 2,0869*HerrBuen + 0,193904*Supervision$$

Since the P-value in the ANOVA table is less than 0.01, there is a statistically significant relationship between the variables at the 99% confidence level.

Imagen 38 Cuadro de resultados STATGRAPHICS CENTURION XV
 Fuente: STATGRAPHICS CENTURION XV

Se observa dentro de los resultados de la regresión múltiple para la actividad fundición de columna y la variable cantidad, los valores estimate o estimadores y los valores de p- value o porcentajes de incidencia en el error para cada una de las variables independientes analizadas y aceptadas por el programa dado que no presentaban correlación o varianza cero, adicional se observa que ninguno de estos presenta un valor superior o igual al 10%, lo que indica que el porcentaje de error no es significativo. Se resalta también el valor R- Squared o R^2 que es la relación entre la variable cantidad y los

parámetros, el valor de R^2 es de 87.60%, lo que indica que existe un alto grado de confiabilidad en los resultados del modelo, arroja también el RMSE o Standar Error of Est, que es la raíz cuadrada del cuadrado medio del error, al final se encuentra la ecuación del valor esperado (cantidad) en términos de las variables independientes.

Con los datos obtenidos del modelo se construye el intervalo de predicción dentro del cual oscilara el rendimiento para la actividad fundición de columna, según las condiciones y variables analizadas.

9.4.1. Calculo de los intervalos de predicción

✓ Matriz “X”

Esta es una matriz del orden de (9*254), que contiene la información arrojada por el programa (variables aceptadas por el modelo).

De los datos obtenidos en el programa STATGRAPHICS CENTURION XV, se usan los valores del vector ESTIMATE mostrados.

- ✓ Vector de estimación “ $\hat{\beta}$ ”

Este vector se obtiene de la tabla de datos arrojada por el programa.

$$\hat{\beta} = \begin{pmatrix} -0,71662 \\ -1,31201 \\ -0,155649 \\ 0,274987 \\ -1,30419 \\ 1,1709 \\ 0,388831 \\ 2,0869 \\ 0,193904 \end{pmatrix}$$

- ✓ Vector de entrada “C”

Este vector se genera por las variables usadas para determinar las condiciones iniciales para ejecutar el modelo.

$$C = \begin{pmatrix} \text{const} \\ \text{Andina} \\ \text{C011} \\ \text{C012} \\ \text{C023} \\ \text{Comp_Alt} \\ \text{Cont_Cal} \\ \text{Herr_Buen} \\ \text{Supervision} \end{pmatrix}$$

Donde,

- ✓ Const: Constante
- ✓ Andina: Región Andina (lugar de procedencia)
- ✓ C11,C12,C023: son cuadrillas

- ✓ **Comp_Alt:** Complejidad alta
- ✓ **Cont_Cal:** Control de calidad
- ✓ **Herr_Buen:** Herramientas buenas
- ✓ **Supervisión:** Supervisión

Con la matriz “x” y los vectores “ $\hat{\beta}$ ” y “C”, se procede a realizar los cálculos.

Transpuesta de vector C: (CT)

Este vector se genera cuando se cambia el orden de magnitud del vector “C”, de (1*9) a (9*1)

$$C^T = \left(\text{const, Andina, C011, C012, C023, Comp_Alt, Cont_Cal, Herr_Buen, Supervisión} \right)$$

✓ Rendimiento esperado:

Este rendimiento se calcula por medio de la Ecuación N°3, $Y = CT\beta$

$$C^T = \left(\text{const, Andina, C011, C012, C023, Comp_Alt, Cont_Cal, Herr_Buen, Supervisión} \right) * \begin{pmatrix} -0,71662 \\ -1,31201 \\ -0,155649 \\ 0,274987 \\ -1,30419 \\ 1,1709 \\ 0,388831 \\ 2,0869 \\ 0,193904 \end{pmatrix}$$

✓ Ecuación característica del modelo para la actividad:

Esta está dada en función de las variables presentes en el modelo, al asumir unas condiciones dadas para cada una de las variables arroja un valor esperado, esta es la ecuación entregada por el análisis de regresión múltiple del programa.

$$\begin{aligned} CANTIDAD = & -0,71662 - 1,31201 * Andina - 0,155649 * C012 + 0,274987 * C013 \\ & - 1,30419 * C023 + 1,1709 * ComplAlt + 0,388831 \\ & * Controldecalidad + 2,0869 * HerrBuen + 0,193904 * Supervision \end{aligned}$$

9.4.1.1. Análisis matemático del modelo para el cálculo del intervalo de predicción

✓ **Matriz transpuesta “X”**

La transpuesta de XT, se genera al cambiar de orden la magnitud de la matriz X de (9*254) a (254*9).

$$X^T = \begin{pmatrix} \text{.....} \\ \text{.....} \\ \text{.....} \\ \text{.....} \\ \text{.....} \\ \text{.....} \\ \text{.....} \\ \text{.....} \\ \text{.....} \end{pmatrix}$$

Nota: Debido al tamaño de la matriz (9*254) no es posible visualizarla en Word, por lo tanto, se ha creado un [hipervínculo](#) con la imagen para abrir el archivo original

✓ **Matriz $X^T X$**

Es el resultado de la operación matricial entre la matriz X y su transpuesta que da como resultado una matriz de orden (9*9).

$$(X^T X) = \begin{pmatrix} 254,0 & 249,0 & 68,0 & 80,0 & 50,0 & 90,0 & 100,0 & 251,0 & 176,0 \\ 249,0 & 249,0 & 68,0 & 80,0 & 45,0 & 90,0 & 100,0 & 246,0 & 171,0 \\ 68,0 & 68,0 & 68,0 & 0,0 & 0,0 & 0,0 & 0,0 & 68,0 & 50,0 \\ 80,0 & 80,0 & 0,0 & 80,0 & 0,0 & 45,0 & 55,0 & 77,0 & 72,0 \\ 50,0 & 45,0 & 0,0 & 0,0 & 50,0 & 45,0 & 45,0 & 50,0 & 48,0 \\ 90,0 & 90,0 & 0,0 & 45,0 & 45,0 & 90,0 & 90,0 & 87,0 & 88,0 \\ 100,0 & 100,0 & 0,0 & 55,0 & 45,0 & 90,0 & 100,0 & 97,0 & 98,0 \\ 251,0 & 246,0 & 68,0 & 77,0 & 50,0 & 87,0 & 97,0 & 251,0 & 173,0 \\ 176,0 & 171,0 & 50,0 & 72,0 & 48,0 & 88,0 & 98,0 & 173,0 & 176,0 \end{pmatrix}$$

✓ **Matriz $(X^T X)^{-1}$**

Es la matriz inversa de $X^T X$

$$(X^T X)^{-1} = \begin{pmatrix} 0,6220 & -0,2688 & -0,0064 & -0,0474 & -0,0705 & 0,0000 & 0,0458 & -0,3333 & -0,0182 \\ -0,2688 & 0,2912 & -0,0088 & 0,0320 & 0,0786 & -0,0238 & -0,0445 & -0,0238 & 0,0140 \\ -0,0064 & -0,0088 & 0,0478 & 0,0317 & 0,0307 & 0,0000 & 0,0077 & 0,0000 & -0,0242 \\ -0,0474 & 0,0320 & 0,0317 & 0,0705 & 0,0695 & 0,0000 & -0,0329 & 0,0000 & -0,0221 \\ -0,0705 & 0,0786 & 0,0307 & 0,0695 & 0,1147 & -0,0238 & -0,0335 & -0,0238 & -0,0204 \\ 0,0000 & -0,0238 & 0,0000 & 0,0000 & -0,0238 & 0,1238 & -0,1000 & 0,0238 & 0,0000 \\ 0,0458 & -0,0445 & 0,0077 & -0,0329 & -0,0335 & -0,1000 & 0,1439 & 0,0000 & -0,0123 \\ -0,3333 & -0,0238 & 0,0000 & 0,0000 & -0,0238 & 0,0238 & 0,0000 & 0,3571 & 0,0000 \\ -0,0182 & 0,0140 & -0,0242 & -0,0221 & -0,0204 & 0,0000 & -0,0123 & 0,0000 & 0,0385 \end{pmatrix}$$

✓ **$C^T (X^T X)^{-1}$**

Esta expresión corresponde a la multiplicación entre el vector C^T y la matriz inversa $(X^T X)^{-1}$

$$C^T (X^T X)^{-1} = \left[0,04100511 \quad -0,0645863 \quad 0,01604 \quad -0,038779 \quad -0,062683305 \quad 0,0238095 \quad 0,04068202 \quad 0,02380952 \quad -0,0021313 \right]$$

$$\checkmark C^T(X^T X)^{-1}C$$

Esta corresponde a la operación matricial entre $C^T(X^T X)^{-1}$: de la operación anterior y el vector de entrada C

$$C^T(X^T X)^{-1}C = 0,079$$

Con estas operaciones se construye el intervalo de predicción con base en la ecuación N°4

$$\left[\left(C^T \hat{\beta} - t_{\alpha/2} RMSE \sqrt{C^T (X^T X)^{-1} C} \right), \left(C^T \hat{\beta} + t_{\alpha/2} RMSE \sqrt{C^T (X^T X)^{-1} C} \right) \right]$$

Dónde:

$t_{\alpha/2}$ = Probabilidad de $(1 - \alpha/2)$, esta depende de la cantidad de datos que posee la muestra y se obtiene de la tabla de distribución t de Student; $t_{\alpha, v}$ para $P(t \geq t_{\alpha, v}) = \alpha$, (Ver Anexo: Tabla t-student).

$$t_{\frac{\alpha}{2}} = 1,96$$

✓ Raíz Cuadrada del cuadrado medio del error (RMSE)

Es el valor obtenido de la tabla de datos arrojada por el programa después de realizar la regresión múltiple.

$$RSME = 0,277$$

✓ Intervalo de predicción:

El siguiente es el modelo del intervalo de predicción en función de las variables más representativas arrojadas por el programa después de realizar la regresión múltiple para la actividad fundición de columnas, dichas variables son: cuadrilla (C011, C012, C023); La

región (Andina); Complejidad (Alta); Control de calidad; Herramientas (Buenas) y Supervisión.

El intervalo de predicción se realiza de acuerdo con la ecuación N°4.

$$\begin{aligned}
 &.193904 * SU + 2.0869 * HB + .388831 * CC + 1.1709 * CA - 1.30419 * C023 + .274987 * C012 - .155649 * C011 - 1.31201 \\
 &* AN - .71662 - (1.96 * .277094) * \sqrt{((SU * 3.85452289212E - 2 + HB * -1.37661531861E - 14 + CC \\
 &* -1.23344732548E - 2 + CA * -6.09381714374E - 16 + C023 * -2.03677884252E - 2 + C012 * -2.20809097106E \\
 &- 2 + C011 * -2.42122341333E - 2 + AN * 1.40475945402E - 2 - .018177440496) * SU + (HB * .357142857143 + CC \\
 &* -1E - 14 + CA * 2.38095238095E - 2 + C023 * -2.38095238095E - 2 + C012 * -5.46428571428E - 15 + C011 \\
 &* -6.29081632653E - 15 + AN * -2.38095238095E - 2 - .333333333333) * HB + (SU + -1.23344732548E - 2 + HB \\
 &* 4.40516901957E - 15 + CC * .1439470031442 + CA * -.1 + C023 * -3.34823077039E - 2 + C012 \\
 &* -3.29341088926E - 2 + C011 * 7.74791492266E - 3 + AN * -4.44952302528E - 2 + 4.58167809587E - 2) * CC \\
 &+ (SU * 1.00217595195E - 15 + HB * 2.38095238095E - 2 + CC * -.1 + CA * .12380952381 + C023 \\
 &* -2.38095238095E - 2 + C012 * -1.5E - 15 + C011 * -1.24890584257E - 15 + AN * -2.38095238095E - 2 + 9.1E \\
 &- 15) * CA + (SU * -2.03677884252E - 2 + HB * -2.38095238095E - 2 + CC * -3.34823077039E - 2 + CA \\
 &* -2.38095238095E - 2 + C023 * .114651486931 + C012 * 6.95249759407E - 2 + C011 * 3.06511948301E - 2 + AN \\
 &* 7.86088186945E - 2 - 7.04741746966E - 2) * C023 + (SU * -2.20809097106E - 2 + HB * 4.2431820395E - 15 \\
 &+ CC * -3.29341088926E - 2 + CA * 3.06231524948E - 16 + C023 * 6.95249759407E - 2 + C012 * 7.05063497056E \\
 &- 2 + C011 * 3.17272941249E - 2 + AN * 3.19527351277E - 2 - 4.74440662301E - 2) * C012 + (SU \\
 &* -2.42122341333E - 2 + HB * 5.9686550476E - 15 + CC * 7.74791492265E - 3 + CA * 3.15323574552E - 16 + C023 \\
 &* 3.06511948201E - 2 + C012 * 3.17272941249E - 2 + C011 * 4.77719706005E - 2 + AN * -8.82401421747E - 3 \\
 &- 6.43896069683E - 3) * C011 + (SU * 1.40475945402E - 2 + HB * -2.38095238095E - 2 + CC * -4.44952302528E \\
 &- 2 + CA * -2.38095238095E - 2 + C023 * 7.86088186945E - 2 + C012 * 3.19527351277E - 2 + C011 \\
 &* -8.82401421747E - 3 + AN * .29115131382 - .268846889425) * AN + SU * -.018177440496 + HB \\
 &* -.333333333333 + CC * 4.58167809587E - 2 + CA * -6.81262332168E - 15 + C023 * -7.04741746966E - 2 + C012 \\
 &* -4.74440662301E - 2 + C011 * -6.43896069682E - 3 + AN * -.268846889425 + .621984948526)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &.193904 * SU + 2.0869 * HB + .388831 * CC + 1.1709 * CA - 1.30419 * C023 + .274987 * C012 - .155649 * C011 \\
 &- 1.31201 * AN - .71662 + (1.96 * .277094) * \sqrt{((SU * 3.85452289212E - 2 + HB * -1.37661531861E - 14 + CC \\
 &* -1.23344732548E - 2 + CA * -6.09381714374E - 16 + C023 * -2.03677884252E - 2 + C012 * -2.20809097106E \\
 &- 2 + C011 * -2.42122341333E - 2 + AN * 1.40475945402E - 2 - .018177440496) * SU + (HB * .357142857143 + CC \\
 &* -1E - 14 + CA * 2.38095238095E - 2 + C023 * -2.38095238095E - 2 + C012 * -5.46428571428E - 15 + C011 \\
 &* -6.29081632653E - 15 + AN * -2.38095238095E - 2 - .333333333333) * HB + (SU + -1.23344732548E - 2 + HB \\
 &* 4.40516901957E - 15 + CC * .1439470031442 + CA * -.1 + C023 * -3.34823077039E - 2 + C012 \\
 &* -3.29341088926E - 2 + C011 * 7.74791492266E - 3 + AN * -4.44952302528E - 2 + 4.58167809587E - 2) * CC \\
 &+ (SU * 1.00217595195E - 15 + HB * 2.38095238095E - 2 + CC * -.1 + CA * .12380952381 + C023 \\
 &* -2.38095238095E - 2 + C012 * -1.5E - 15 + C011 * -1.24890584257E - 15 + AN * -2.38095238095E - 2 + 9.1E \\
 &- 15) * CA + (SU * -2.03677884252E - 2 + HB * -2.38095238095E - 2 + CC * -3.34823077039E - 2 + CA \\
 &* -2.38095238095E - 2 + C023 * .114651486931 + C012 * 6.95249759407E - 2 + C011 * 3.06511948301E - 2 + AN \\
 &* 7.86088186945E - 2 - 7.04741746966E - 2) * C023 + (SU * -2.20809097106E - 2 + HB * 4.2431820395E - 15 \\
 &+ CC * -3.29341088926E - 2 + CA * 3.06231524948E - 16 + C023 * 6.95249759407E - 2 + C012 * 7.05063497056E \\
 &- 2 + C011 * 3.17272941249E - 2 + AN * 3.19527351277E - 2 - 4.74440662301E - 2) * C012 + (SU \\
 &* -2.42122341333E - 2 + HB * 5.9686550476E - 15 + CC * 7.74791492265E - 3 + CA * 3.15323574552E - 16 + C023 \\
 &* 3.06511948201E - 2 + C012 * 3.17272941249E - 2 + C011 * 4.77719706005E - 2 + AN * -8.82401421747E - 3 \\
 &- 6.43896069683E - 3) * C011 + (SU * 1.40475945402E - 2 + HB * -2.38095238095E - 2 + CC * -4.44952302528E \\
 &- 2 + CA * -2.38095238095E - 2 + C023 * 7.86088186945E - 2 + C012 * 3.19527351277E - 2 + C011 \\
 &* -8.82401421747E - 3 + AN * .29115131382 - .268846889425) * AN + SU * -.018177440496 + HB \\
 &* -.333333333333 + CC * 4.58167809587E - 2 + CA * -6.81262332168E - 15 + C023 * -7.04741746966E - 2 + C012 \\
 &* -4.74440662301E - 2 + C011 * -6.43896069682E - 3 + AN * -.268846889425 + .621984948526)
 \end{aligned}$$



Cuando se tiene calculado el intervalo de predicción en términos de las variables, se obtiene el intervalo numérico, que se calcula asumiendo una situación presente y constante para los parámetros.

9.4.2. Simulación del modelo bajo las condiciones iniciales establecidas

Una vez se tiene la ecuación de rendimiento esperado y el intervalo de predicción para a actividad fundición de columnas, se evalúan las condiciones establecidas, es decir, se reemplazan valores de unos (1) y ceros (0) en cada una de las variables de acuerdo a la situación.

✓ **Condiciones de entrada para el vector C**

Este vector lo genera las variables que se usan para determinar las condiciones iniciales con las que se corre el modelo.

$$C = \begin{pmatrix} \text{const} \\ \text{Andina} \\ \text{C011} \\ \text{C012} \\ \text{C023} \\ \text{Comp_Alt} \\ \text{Cont_Cal} \\ \text{Herr_Buen} \\ \text{Supervision} \end{pmatrix} \qquad C = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

- ✓ Const: Constante
- ✓ Andina: Región Andina (lugar de procedencia)
- ✓ C11,C12,C023: son cuadrillas
- ✓ Comp_Alt: Complejidad alta
- ✓ Cont_Cal: Control de calidad

- ✓ Herr_Buen: Herramientas buenas
- ✓ Supervisión: Supervisión

Vector de estimación “ $\hat{\beta}$ ”

Este vector se obtiene de la tabla de datos arrojada por el programa.

$$\hat{\beta} = \begin{pmatrix} -0,71662 \\ -1,31201 \\ -0,155649 \\ 0,274987 \\ -1,30419 \\ 1,1709 \\ 0,388831 \\ 2,0869 \\ 0,193904 \end{pmatrix}$$

- ✓ **Transpuesta de C (C^T)**

Se obtiene de cambiar el orden de magnitud del vector entrada C de (1*9) a (9*1)

$$C^T = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

- ✓ **Rendimiento esperado**

Se obtiene al multiplicar el vector de entrada por el vector de estimación (ecuación N°3).

$$Y = C^t \hat{\beta} = 1,6563 \left(\frac{m^3}{h} \right)$$

De acuerdo con este resultado, el rendimiento esperado para la actividad fundición de columna por hora es de 1,66 m³.

Intervalo de predicción:

Después de tener todos los valores establecidos necesarios, se procede a reemplazar en la ecuación N°4, quedando así:

$$[(1,6563 - 1,96 * 0,277 * \sqrt{0,079}), (1,6563 + 1,96 * 0,277 * \sqrt{0,079})]$$

Al resolver la ecuación se obtiene el siguiente intervalo de predicción:

$$\text{Intervalo} = \left[1,5040 \quad , \quad 1,80855 \right] \left(\frac{m^3}{h} \right)$$

✓ Interpretación de los resultados

Después de ejecutar el modelo para realizar el análisis mediante regresión múltiple, se observa que el programa solo tomo 8 variables más la constante, cuando en un inicio se ingresaron 37 parámetros para ser estudiados, lo que significa que éstas son las variables más representativa y que inciden de manera importante en el rendimiento de la MO adicional, antes de ingresar la matriz de unos (1) y ceros (0) al programa se hizo un barrido manual en Excel con el fin de eliminar algunos de los parámetros que podían generar Multicolinealidad, aun así, al momento de correrlo, el programa hallo parámetros incompatibles con otros, por lo que cuando se realizó el filtrado óptimo en el modelo se eliminaron aún más variables para que el resultado fuera más confiable.

De acuerdo con la tabla de resultados el valor de R- Squared es de 87,6%, lo que representa una alta relación entre la variable dependiente (cantidad) y las 8 variables independientes (Región, Cuadrillas C011, C012 y C023, Complejidad alta, control de calidad, herramientas buenas y supervisión). Este valor debe oscilar entre 1% y 100%, entre más cercano a 100% mayor es la confiabilidad del modelo.

De la misma tabla de resultados se observan también los valores de P- Value, de cada una de las variables, que representa las probabilidades de error de cada una, si estos valores son

de máximo el 10% significa que hay un menor error de predicción, es decir, el modelo es confiable en cada una de las variables o parámetros seleccionados, como se puede observar en la imagen, los valores de P- Value están para cada una de ellas por debajo del 10%, siendo el mayor C 012 con un porcentaje de 1,08%, lo que significa, nuevamente, que los valores son adecuados y que el porcentaje de error P-value no es significativo dentro del modelo para ninguno de los parámetros. Entonces se puede decir que esas 8 variables son las que tienen una mayor incidencia en el rendimiento de la actividad y son las que lo pueden alterar bien sea positiva o negativamente.

Así mismo, el rendimiento esperado después de correr el modelo para calcular el intervalo de predicción de la actividad fundición de columnas con las 8 variables y la constante, y de aplicar el proceso matemático fue de $1,6563 \text{ m}^3/h$ y un intervalo que oscila entre $(1,5040-1,80855) \text{ m}^3/h$, se puede observar una desviación de $0,3 \text{ m}^3/h$, lo que podemos considerar una desviación normal para el tipo de actividad analizada, dado que puede presentar diferentes grados de dificultad dependiendo de las condiciones de ejecución de la misma.

9.5. Construcción de las Gráficas de Rendimiento

Uno de los objetivos de este trabajo, es generar las gráficas de rendimientos diarios de las actividades analizadas con el fin de determinar cuáles son los días de mayor productividad, inclusive los horarios donde los obreros son más eficientes dentro de esos días, éste se convierte en un elemento significativo para el desarrollo de presupuestos de construcción y así mismo, para la creación de los cronogramas de actividades para el seguimiento de obra, pues al tener estos datos es posible, no solo y como ya se demostró,

obtener el rendimiento esperado para cada actividad sino, además, como se comportan los trabajadores a lo largo del día y la semana.

Por lo tanto, en este punto se hace vital resaltar que los registros y el análisis se llevaron a cabo por cada actividad, pero para efectos explicativos a lo largo del proyecto sólo se hace mención a la Fundición de Columnas ya que los soportes adicionales para las demás actividades están relacionados en los anexos.

Estas graficas se construyen empleando la información recolectada durante la toma de datos por día (de lunes a viernes en este caso) y por hora. En las gráficas de rendimientos para la actividad fundición columnas, no se incluyó el día sábado pues no se contaba con datos suficientes, adicional, en muchas de las obras este día el rendimiento bajaba considerablemente y las horas de trabajo son igualmente diferentes.

VARIABLES DE RENDIMIENTO DE LA M.O. EN LA CONSTRUCCIÓN

Día	Hora									
	7:00 - 7:59	8:00 - 8:59	9:00 - 9:59	10:00 - 10:59	11:00 - 11:59	13:00 - 13:59	14:00 - 14:59	15:00 - 15:59	16:00 - 16:59	
MIÉRCOLES	0,134	0,125	0,251	0,156	0,213					
SABADO	0,058	0,065	0,112	0,153	0,087					
LUNES						0,061	0,067	0,123	0,175	
VIERNES	0,075	0,103	0,12	0,242	0,18		0,234			
MARTES						0,204	0,2	0,24	0,068	
JUEVES	0,067	0,071	0	0,082	0,094					
LUNES						2,32	2,55	2,7	2,25	
MARTES							2,00	2,75	1,50	
VIERNES				1,8	1,5	2,3	2,8			
MIÉRCOLES						2,4	2,2	1,9	1,7	
MARTES						2,20	2,90	1,90	1,20	
JUEVES				1,8	2,1	2	2,1	1,9	1,8	
MIÉRCOLES			1,87	2,36	2,26	1,58	1,77	1,81	1,69	
MARTES						2,90	2,65	3,13	1,30	
MIÉRCOLES			2,62	2,3	1,64					
JUEVES				1,8				2,1	1	
JUEVES	0,918	0,459	0,459	0,918						
MARTES							0,32	1,1	0,44	
JUEVES	0,918	0								
MIÉRCOLES						0	0,54	0,84	0,3	
MARTES						0,54	1,08	0,915	0,375	
JUEVES	0,75	0	0,75							
MARTES	0,42	0,18								
VIERNES								0,22	0,86	
MARTES						1,62	2,13	1,15	0,75	
MIÉRCOLES								1,08	0,75	
LUNES		2,50	5,00			0,70	1,80			
LUNES	1,00	1,50	1,40	1,60	2,00	1,20	1,80	2,10	1,50	
LUNES	5,00	2,80	5,00	4,00	5,60	2,80			4,00	
MARTES		2,50	5,00	2,50						
MARTES			0,50	0,80	0,70	1,00	0,80	0,70	0,80	
MARTES		2,80	4,00	5,60	2,80	2,00	2,80	4,00	2,80	
MIÉRCOLES		1,70	0,80			0,40	1,40	0,70		
MIÉRCOLES	0,80	1,20			0,30	0,70	1,00	1,30	1,00	
MIÉRCOLES	2,00	2,80	4,00	3,50	2,80	2,00	2,50	2,80	3,50	
JUEVES		1,73	0,78	2,00	3,00					
JUEVES	0,60	0,80	1,00	0,90	1,20			1,00	1,20	
JUEVES	2,00	2,10	2,40	3,00	2,80	3,50	3,00	2,90	2,80	
VIERNES		1,70	4,10	3,70	2,00					
VIERNES			0,80	1,30	1,20	1,00	1,50	1,20	1,00	
VIERNES	2,00	2,80	3,50	3,00	2,80	2,80	3,00	4,10	2,80	
SABADO		1,36	2,88	1,52						
SABADO			1,00	1,20	1,00					
SABADO	2,00	2,80	1,40							
Mediana	0,86	1,50	1,40	1,80	1,82	1,62	1,80	1,56	1,20	

Tabla 13 Rendimientos de mano de obra para la actividad Fundición de Columna

Fuente: La autora, archivos de Excel

NOTA: Los espacios en blanco corresponden a la ausencia de datos y no a un bajo rendimiento, por lo tanto, no se asume como cero (0).

La tabla anterior corresponde a las tomas de las muestras horarias para la actividad Fundición de Columnas, con un total de 209 datos recolectados.

Estas, se analizan por medio de dos (2) tipos de gráficas, la primera mediante un diagrama de barras donde se expresa el comportamiento del rendimiento para cada día de la semana comparada con la mediana calculada para cada día (la mediana se obtuvo de la formulación de Excel). Este análisis comparativo se realiza con respecto a la mediana (Me) y no con respecto a la media aritmética (\bar{X}) (Hurtado T. et al., 2006) ya que “la media consiste en representar un conjunto de datos por su promedio aritmético, solo es aplicable a variables reales y tiene la debilidad de ser muy sensible a valores atípicos, mientras que la mediana (Me) es la observación central una vez puestos los datos en forma ordenada. La media tiene sentido en variables ordinales y reales, con la ventaja de no estar afectada por datos extremos”.

El segundo tipo de gráfica es la que expresa la tendencia del rendimiento por medio de la mediana y sus límites tanto inferior como superior, dentro de los cuales varía el rendimiento.

Se presentan entonces las gráficas de rendimiento para la actividad Fundición de Columna.

9.5.1. Gráficas de rendimiento diario para la actividad fundición de columna.

Para generar las gráficas de rendimientos diarios para la actividad, se calcularon la mediana y la desviación estándar con el fin de obtener los límites del rendimiento de la actividad, la mediana se determina ordenando los datos de mayor a menor o viceversa, a cada dato se le asigna una posición, teniendo en cuenta que si n es impar la mediana está representada por el dato que se localiza en la posición $n+1$, es decir:

$$Me = \frac{X_{N+1}}{2}$$

Ecuación 5: Mediana, para n Datos Impares.

Fuente: (Hurtado T. et al., 2006, pág. 77)

Si el número de datos es par, la mediana es el promedio de datos ubicados en las posiciones $\frac{n}{2}$ y $\frac{n}{2} + 1$, es decir,

$$Me = \left(\frac{X_{\frac{n}{2}} + X_{\frac{n}{2} + 1}}{2} \right)$$

Ecuación 6: Mediana, para n Datos Pares.

Fuente: (Hurtado T. et al., 2006, pág. 77)

Se presenta a continuación un ejemplo del cálculo de estos valores para hallar los límites inferior y superior.

Caso 1. Calculo de la mediana con datos impares, en este caso día lunes de (8:00-8:59): (2,5; 1,5 y 2,8)

Se ordenan los datos de menor a mayor

1,5	2,5	2,8
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>

La mediana está dada por:

$$Me = \frac{X_{N+1}}{2}$$

Es decir, la mediana es $Me = 2,5$

La mediana para el intervalo horario (8:00- 8:59) los días lunes es 2,5.

Caso 2. Calculo de la mediana con datos pares, para el día miércoles en el intervalo horario de (10:00- 10:59): (0,156, 2,36, 2,3 y 3,5)

Se ordenan los datos (0,156, 2,3, 2,36, 3,5)

$$Me = \left(\frac{X_{\frac{n}{2}} + X_{\frac{n}{2} + 1}}{2} \right)$$

$$Me = \left(\frac{2,3 + 2,36}{2} \right)$$

Es decir, la mediana es $Me=2,33$

La mediana para el intervalo horario (10:00- 10:59) de los días martes es: 3,2

Después de calcular la mediana se procede a buscar el valor de la desviación estándar, que es una variación de la varianza y que se calcula como la raíz cuadrada positiva de la varianza.

Se calcula con la siguiente formula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} * \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

Ecuación 7: Desviación Estándar

Fuente: (Hurtado T. et al., 2006, pág. 99)

Calculo de la desviación estándar para los días martes en el intervalo horario (10:00-10:59)

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{2-1} * (2,3 - 2,33)^2 + (2,36 - 2,33)^2}$$

$\sigma = 1,4$

La desviación estándar para los días martes en el intervalo horario (10:00- 10:59) es 1,4

Con los datos de la mediana y la desviación estándar se calculan los límites inferior y superior.

Límite inferior ($x - \sigma$): $2,33-1,4 = 0,93$

Límite superior ($x + \sigma$): $2,33+1,4 = 3,73$

Se muestran ahora las tablas de rendimiento para cada uno de los días de la semana con los datos calculados

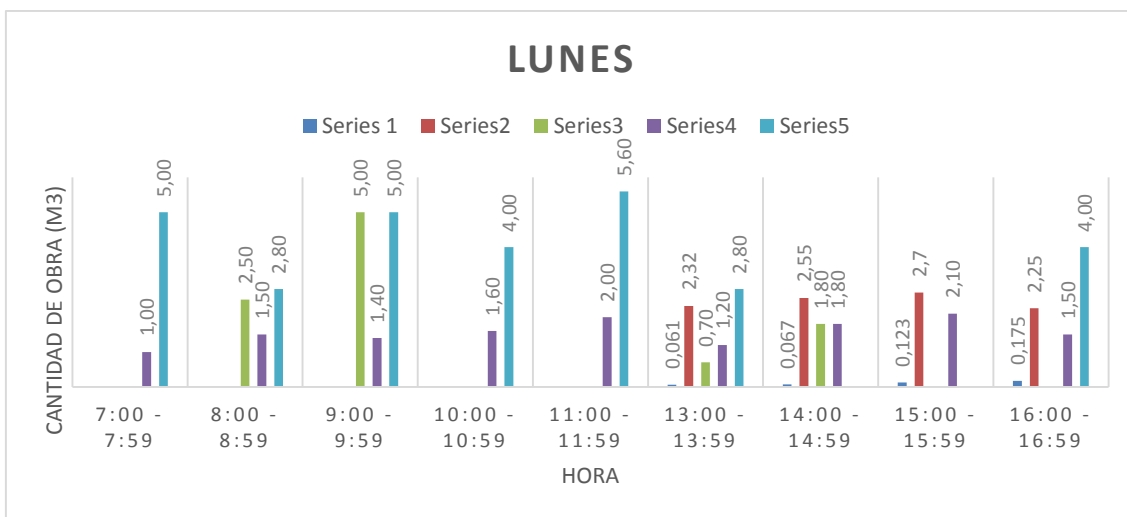
✓ **Día lunes**

	Día	Hora									
		7:00 - 7:59	8:00 - 8:59	9:00 - 9:59	10:00 - 10:59	11:00 - 11:59	13:00 - 13:59	14:00 - 14:59	15:00 - 15:59	16:00 - 16:59	
	LUNES						0,061	0,067	0,123	0,175	
	LUNES						2,32	2,55	2,7	2,25	
	LUNES		2,50	5,00			0,70	1,80			
	LUNES	1,00	1,50	1,40	1,60	2,00	1,20	1,80	2,10	1,50	
	LUNES	5,00	2,80	5,00	4,00	5,60	2,80			4,00	
Sumatoria	Σ	6,00	6,80	11,40	5,60	7,60	7,08	6,22	4,92	7,93	
Mediana	\bar{x}	3,00	2,50	5,00	2,80	3,80	1,20	1,80	2,10	1,88	
Desviacion Estandar	σ	2,83	0,68	2,08	1,70	2,55	1,13	1,05	1,35	1,60	
Limite Superior	$\bar{x}+\sigma$	5,83	3,18	7,08	4,50	6,35	2,33	2,85	3,45	3,47	
Limite Inferior	$\bar{x}-\sigma$	0,17	1,82	2,92	1,10	1,25	0,07	0,75	0,75	0,28	

Tabla 14 Rendimiento horario para los días lunes

Fuente: La autora, archivos de Excel

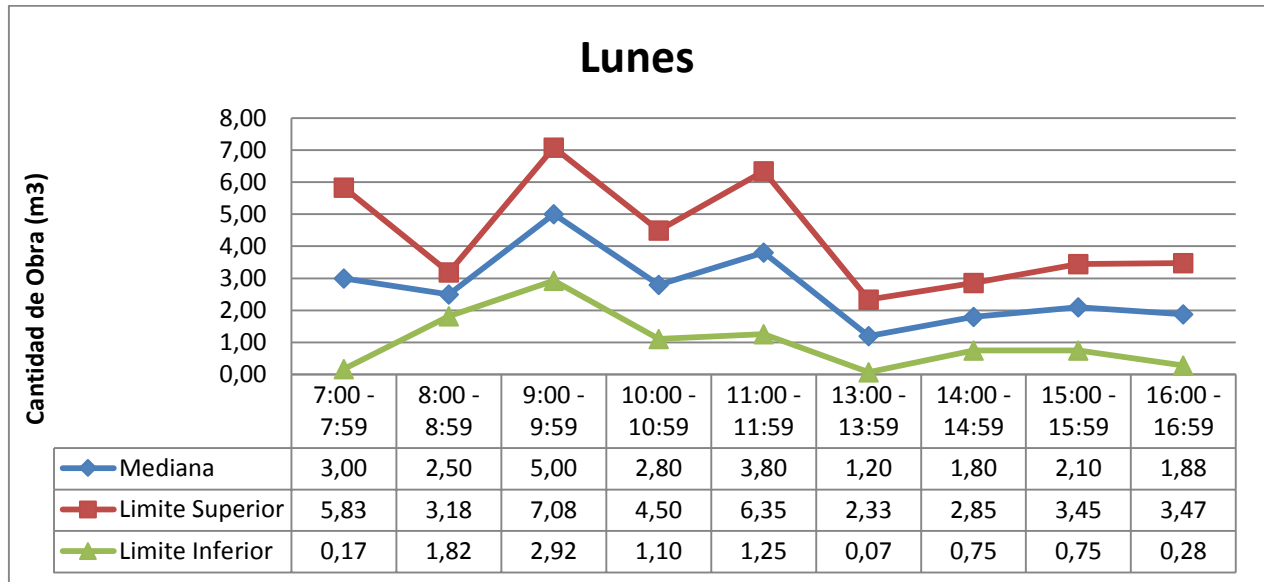
La tabla anterior contiene la información registrada horaria para la actividad fundición de columna, contiene, además, la mediana y la desviación estándar que permiten después el cálculo de los límites superior e inferior necesarios para graficar los rendimientos y determinar los picos de mayor y menor actividad.



Gráfica 9 Rendimiento horario para los días lunes

Fuente: La autora

En la Gráfica 9 Gráfica 9 Rendimiento horario para los días lunes se pueden observar los datos correspondientes al pico máximo de rendimiento que se encuentra en el intervalo horario de (11:00- 11:59) y que es 5,6 m³/h, y el mínimo que se encuentra en el intervalo horario de (13:00-13:59) y que es 0,061m³/h



Gráfica 10 Promedio horario día lunes
Fuente: La autora

En esta grafica se puede observar el rendimiento para la actividad fundición de columna con respecto a sus límites superior e inferior, muestra la tendencia del comportamiento que sufre el rendimiento en cada uno de los intervalos.

Tal y como se muestra el rendimiento se mantiene dentro de los intervalos establecidos, este decrece un poco entre 7:00 y 7:59 am, aumenta considerablemente entre 9:00 y 9:59 para luego decrecer entre 10:00 y 10:59, hasta las 13:59 se mantiene en crecimiento y decrecimiento para estabilizarse desde las 14:00 hasta las 16:59.

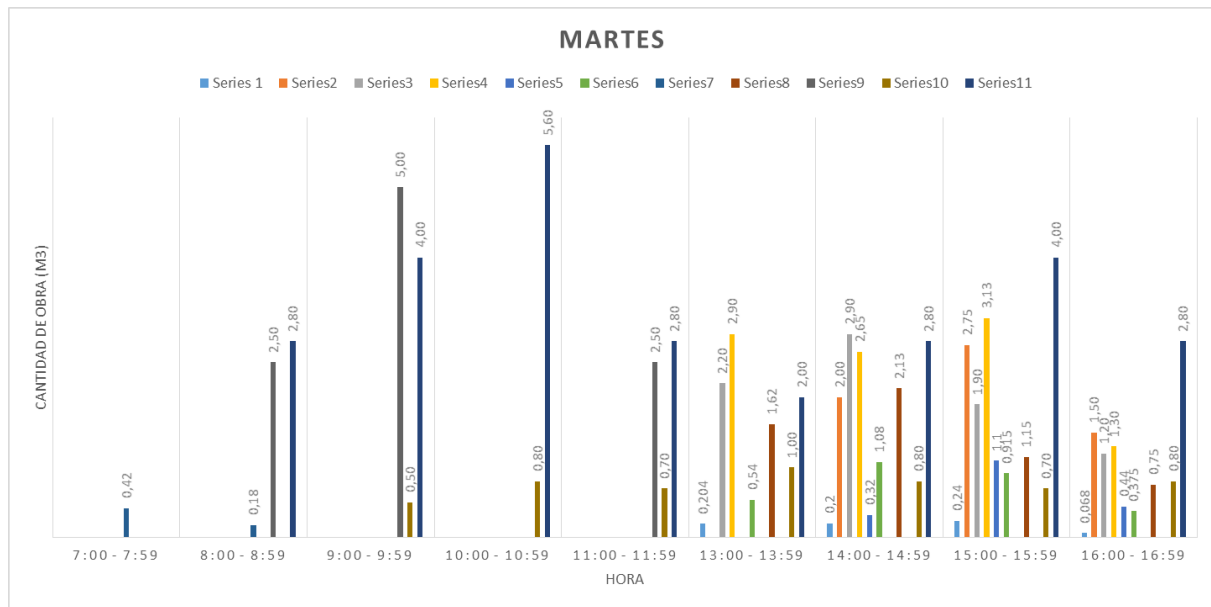
✓ **Día martes**

	Día	Hora								
		7:00 - 7:59	8:00 - 8:59	9:00 - 9:59	10:00 - 10:59	11:00 - 11:59	13:00 - 13:59	14:00 - 14:59	15:00 - 15:59	16:00 - 16:59
MARTES							0,204	0,2	0,24	0,068
MARTES								2,00	2,75	1,50
MARTES							2,20	2,90	1,90	1,20
MARTES							2,90	2,65	3,13	1,30
MARTES								0,32	1,1	0,44
MARTES							0,54	1,08	0,915	0,375
MARTES	0,42	0,18								
MARTES							1,62	2,13	1,15	0,75
MARTES		2,50	5,00		2,50					
MARTES			0,50	0,80	0,70	1,00	0,80	0,70	0,80	
MARTES		2,80	4,00	5,60	2,80	2,00	2,80	4,00	2,80	
Sumatoria	Σ	0,42	5,48	9,50	6,40	6,00	10,46	14,88	15,89	9,23
Mediana	\bar{x}	0,42	2,50	4,00	3,20	2,50	1,62	2,00	1,15	0,80
Desviacion Estandar	σ		1,43	2,36	3,39	1,14	0,96	1,07	1,27	0,81
Limite Superior	$\bar{x}+\sigma$	0,42	3,93	6,36	6,59	3,64	2,58	3,07	2,42	1,61
Limite Inferior	$\bar{x}-\sigma$	0,42	1,07	1,64	-0,19	1,36	0,66	0,93	-0,12	-0,01

Tabla 15 Rendimiento horario día martes

Fuente: La autora, archivos de Excel

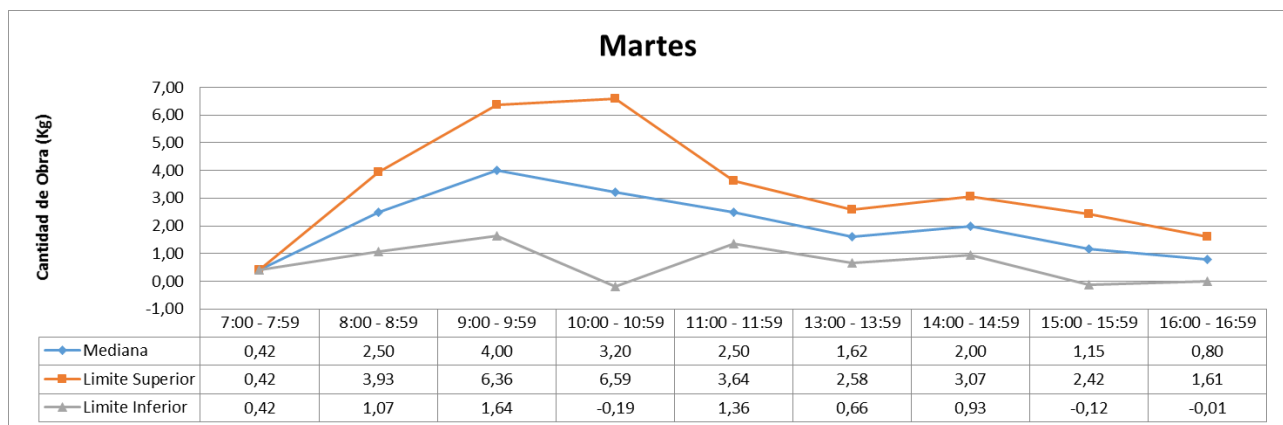
Teniendo en cuenta que la tabla es la misma para todos los días de la semana y que muestra la información correspondiente a las cantidades ejecutadas por hora, se tiene que para el día martes, para la actividad fundición de columna, se tiene una mediana por hora desde las 7: 00 am y hasta las 5:00 pm de 0,42- 2,5-4-3,2-2,5- 1,62-2-1,15-0,8 respectivamente y la desviación estándar que arroja valores de 1,43- 2,36-3,39-1,14-0,96- 1,07-1,27 y 0,81 respectivamente, estos datos permiten después el cálculo de los limites superior e inferior necesarios para graficar los rendimientos y determinar los picos de mayor y menor actividad.



Gráfica 11 Rendimiento horario para los días martes

Fuente: La autora

En el gráfico anterior se pueden observar los datos que corresponden al pico máximo de rendimiento que se encuentra en el intervalo horario de (10:00- 10:59) y que es 5,6 m3/h y el pico mínimo que se encuentra en el intervalo horario de (8:00-8:59) y que es 0,18m3/h.



Gráfica 12 Promedio horario día martes

Fuente: La autora

En esta grafica se puede observar el rendimiento para la actividad fundición de columna con respecto a sus límites superior e inferior, muestra la tendencia del comportamiento que sufre el rendimiento en cada uno de los intervalos.

Como se observa el rendimiento se mantiene dentro de los intervalos establecidos, este crece entre 7:00 y 9:59 am, decrece considerable mente entre 9:59 y 13:30, termina la tarde con una disminución de productividad relacionada con el fin de la jornada laboral (16:00- 16:59).

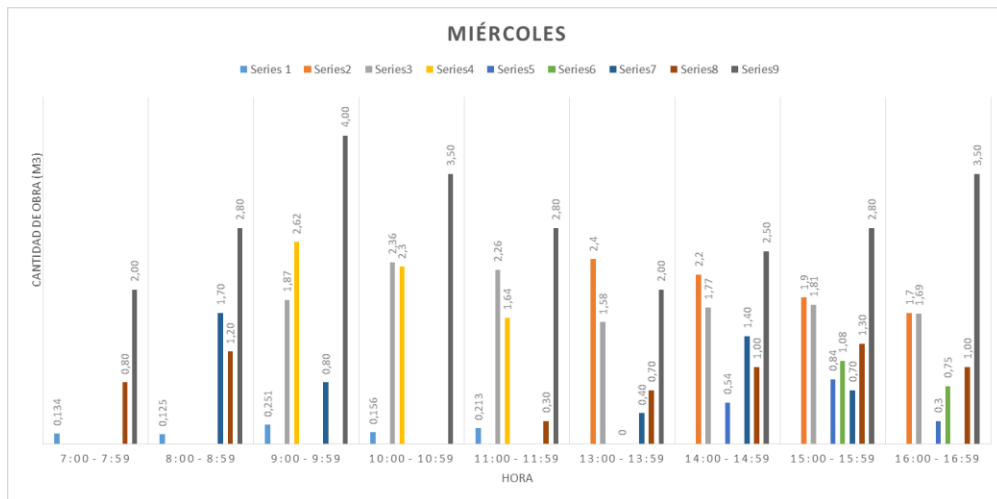
✓ **Día miércoles**

	Día	Hora								
		7:00 - 7:59	8:00 - 8:59	9:00 - 9:59	10:00 - 10:59	11:00 - 11:59	13:00 - 13:59	14:00 - 14:59	15:00 - 15:59	16:00 - 16:59
	MIÉRCOLES	0,134	0,125	0,251	0,156	0,213				
	MIÉRCOLES						2,4	2,2	1,9	1,7
	MIÉRCOLES			1,87	2,36	2,26	1,58	1,77	1,81	1,69
	MIÉRCOLES			2,62	2,3	1,64				
	MIÉRCOLES						0	0,54	0,84	0,3
	MIÉRCOLES								1,08	0,75
	MIÉRCOLES		1,70	0,80			0,40	1,40	0,70	
	MIÉRCOLES	0,80	1,20			0,30	0,70	1,00	1,30	1,00
	MIÉRCOLES	2,00	2,80	4,00	3,50	2,80	2,00	2,50	2,80	3,50
Sumatoria	Σ	2,93	5,83	9,54	8,32	7,21	7,08	9,41	10,43	8,94
Mediana	\bar{x}	0,80	1,45	1,87	2,33	1,64	1,14	1,59	1,30	1,35
Desviacion Estandar	σ	0,95	1,11	1,49	1,40	1,16	0,95	0,74	0,73	1,12
Limite Superior	$\bar{x}+\sigma$	1,75	2,56	3,36	3,73	2,80	2,09	2,32	2,03	2,47
Limite Inferior	$\bar{x}-\sigma$	-0,15	0,34	0,38	0,93	0,48	0,19	0,85	0,57	0,22

Tabla 16 Rendimiento horario día miércoles

Fuente: La autora, archivos de Excel

Esta es la tabla que contiene la información relacionada con los días miércoles, para los intervalos horarios en los que se tomaron las muestras, se calculan la mediana y la desviación estándar para poder obtener los límites que permiten el cálculo de los intervalos de predicción

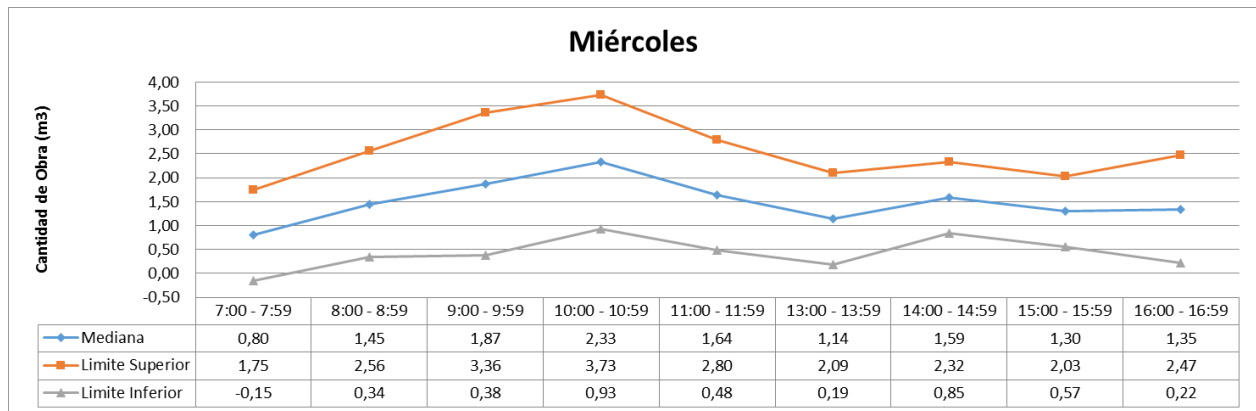


Gráfica 13 Rendimiento horario para los días miércoles

Fuente: La autora



En el gráfico anterior se pueden observar los datos correspondientes a la mediana para cada hora, el que muestran el pico máximo de rendimiento que se encuentra en el intervalo horario de (9:00- 9:59) y que es 4 m³/h y el pico mínimo que se encuentra en el intervalo horario de (8:00-8:59) y que es 0,125 m³/h.



Gráfica 14 Promedio horario día miércoles

Fuente: La autora

En esta grafica se puede observar el rendimiento para la actividad fundición de columna con respecto a sus límites superior e inferior, muestra la tendencia del comportamiento que sufre el rendimiento en cada uno de los intervalos.

Como se observa el rendimiento se mantiene dentro de los intervalos establecidos, este crece entre 7:00 y 9:59 am y hasta las 10:30, decrece considerable mente entre 10:30 y 13:30, para tender a estabilizarse de ahí y hasta las 16:59.

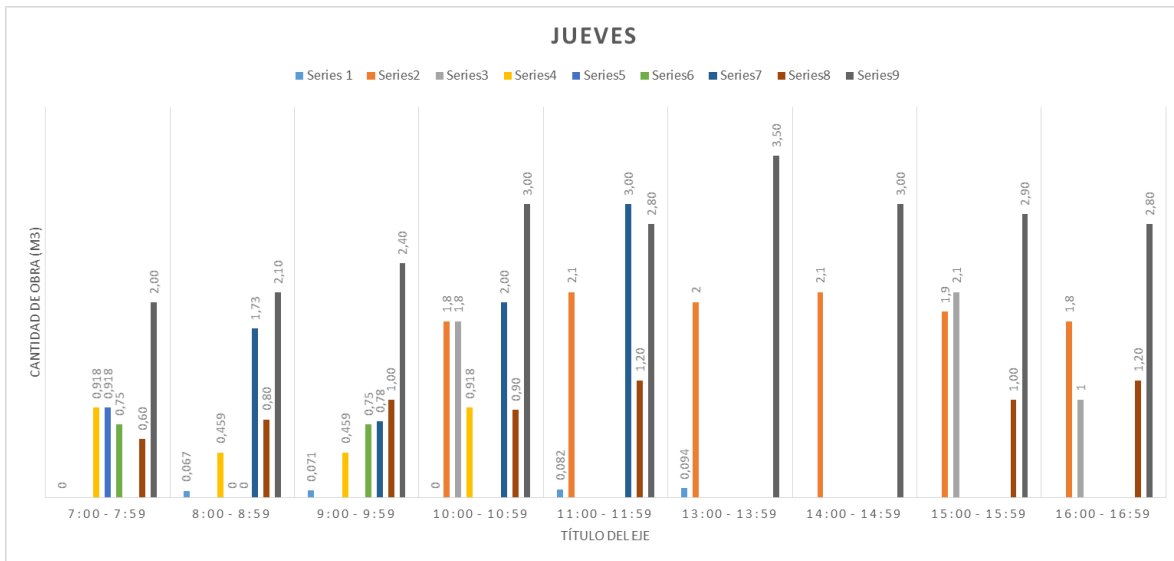
✓ **Día jueves**

	Día	Hora								
		7:00 - 7:59	8:00 - 8:59	9:00 - 9:59	10:00 - 10:59	11:00 - 11:59	13:00 - 13:59	14:00 - 14:59	15:00 - 15:59	16:00 - 16:59
	JUEVES	0,067	0,071	0	0,082	0,094				
	JUEVES				1,8	2,1	2	2,1	1,9	1,8
	JUEVES				1,8				2,1	1
	JUEVES	0,918	0,459	0,459	0,918					
	JUEVES	0,918	0							
	JUEVES	0,75	0	0,75						
	JUEVES		1,73	0,78	2,00	3,00				
	JUEVES	0,60	0,80	1,00	0,90	1,20			1,00	1,20
	JUEVES	2,00	2,10	2,40	3,00	2,80	3,50	3,00	2,90	2,80
Sumatoria	Σ	5,25	5,16	5,39	10,50	9,19	5,50	5,10	7,90	6,80
Mediana	\bar{x}	0,83	0,46	0,77	1,80	2,10	2,75	2,55	2,00	1,50
Desviacion Estandar	σ	0,63	0,86	0,81	0,95	1,20	1,06	0,64	0,78	0,81
Limite Superior	$\bar{x}+\sigma$	1,47	1,32	1,58	2,75	3,30	3,81	3,19	2,78	2,31
Limite Inferior	$\bar{x}-\sigma$	0,20	-0,40	-0,05	0,85	0,90	1,69	1,91	1,22	0,69

Tabla 17 Rendimiento horario día jueves

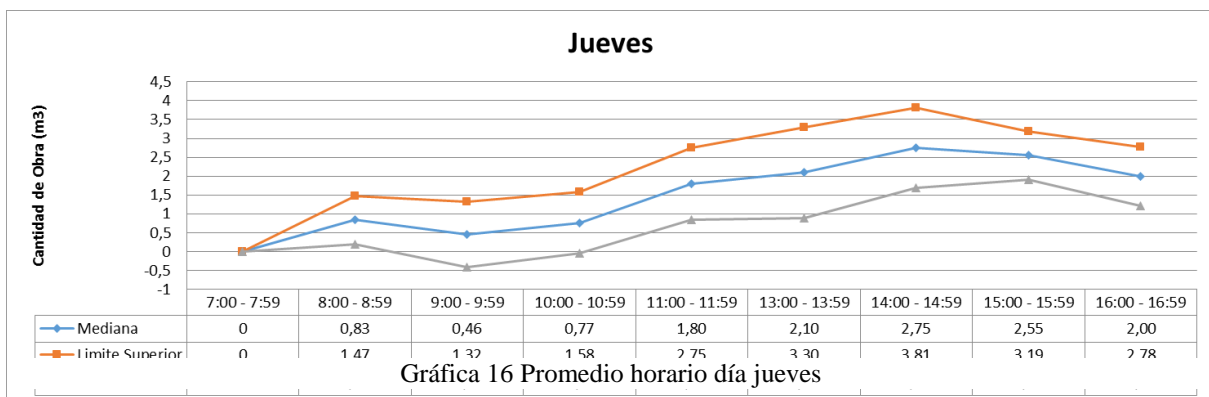
Fuente: La autora, archivos de Excel

La tabla presenta la información para los días jueves, con los respectivos datos de mediana, desviación estándar y límites superior e inferior para el cálculo de los intervalos de predicción correspondientes.



Gráfica 15 Rendimiento horario para los días jueves
Fuente: La autora

En el gráfico anterior se puede observar que el pico máximo de rendimiento se encuentra en el intervalo horario de (13:00- 13:59) y es 3,5 m3/h y el pico mínimo se que encuentra en el intervalo horario de (7:00-7:59) y que es 0,067 m3/h.



Gráfica 16 Promedio horario día jueves
Fuente: La autora

En esta grafica se puede observar el rendimiento para la actividad fundición de columna con respecto a sus límites superior e inferior, muestra la tendencia del comportamiento que sufre el rendimiento en cada uno de los intervalos.

Como se observa el rendimiento se mantiene dentro de los intervalos establecidos, y mantiene también una tendencia de crecimiento, con algunos intervalos de decrecimiento muy suaves.

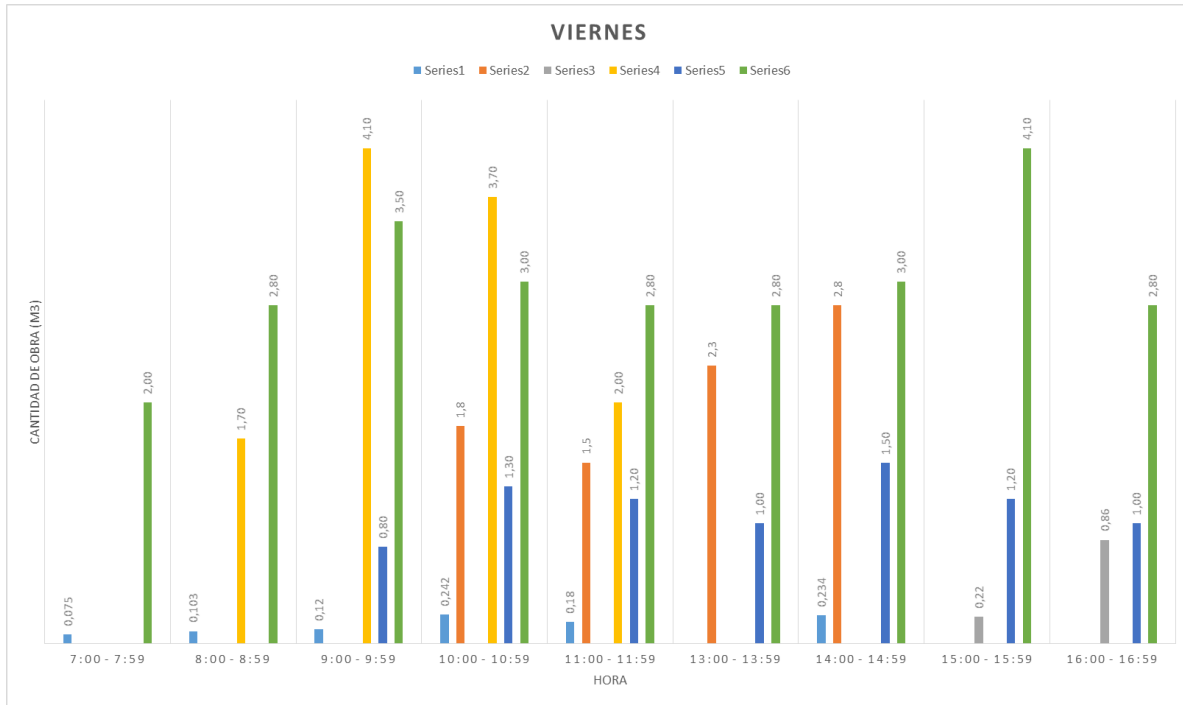
✓ Día viernes

	Día	Hora								
		7:00 - 7:59	8:00 - 8:59	9:00 - 9:59	10:00 - 10:59	11:00 - 11:59	13:00 - 13:59	14:00 - 14:59	15:00 - 15:59	16:00 - 16:59
	VIERNES	0,075	0,103	0,12	0,242	0,18		0,234		
	VIERNES				1,8	1,5	2,3	2,8		
	VIERNES								0,22	0,86
	VIERNES		1,70	4,10	3,70	2,00				
	VIERNES			0,80	1,30	1,20	1,00	1,50	1,20	1,00
	VIERNES	2,00	2,80	3,50	3,00	2,80	2,80	3,00	4,10	2,80
Sumatoria	Σ	2,08	4,60	8,52	10,04	7,68	6,10	7,53	5,52	4,66
Mediana	\bar{x}	1,04	1,70	2,15	1,80	1,50	2,30	2,15	1,20	1,00
Desviacion Estandar	σ	1,36	1,36	1,96	1,37	0,97	0,93	1,29	2,02	1,08
Limite Superior	$\bar{x} + \sigma$	2,40	3,06	4,11	3,17	2,47	3,23	3,44	3,22	2,08
Limite Inferior	$\bar{x} - \sigma$	-0,32	0,34	0,19	0,43	0,53	1,37	0,86	-0,82	-0,08

Tabla 18 Rendimiento horario día viernes

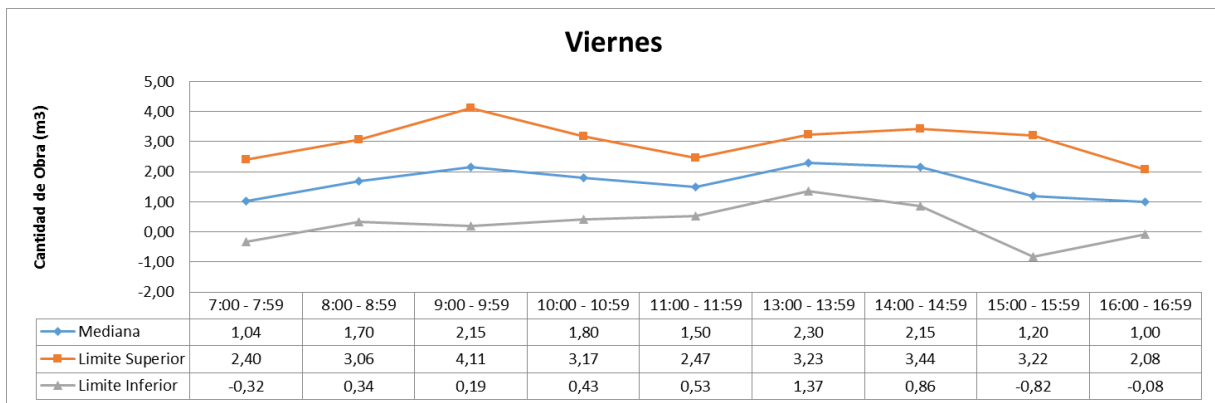
Fuente: La autora, archivos de Excel

La tabla muestra la información de la actividad para el día viernes, se presentan también los datos de mediana, desviación estándar y límites inferior y superior, con los que se obtiene después el intervalo de predicción.



Gráfica 17 Rendimiento horario para los días viernes
Fuente: La autora

En el gráfico anterior se pueden observar los datos correspondientes al pico máximo de rendimiento que se encuentra en el intervalo horario de (9:00- 9:59) y que es 4,1 m³/h y el pico mínimo que se encuentra en el intervalo horario de (7:00-7:59) y que es 0,075 m³/h.



Gráfica 18 Promedio horario día viernes
Fuente: La autora

En esta grafica se puede observar el rendimiento para la actividad fundición de columna con respecto a sus límites superior e inferior, muestra la tendencia del comportamiento que sufre el rendimiento en cada uno de los intervalos.

Como se observa el rendimiento se mantiene dentro de los intervalos establecidos, y mantiene también una tendencia estable a lo largo del día, con algunos intervalos de decrecimiento muy suaves.

Nota: Todas las gráficas y tablas contenidas en este trabajo pueden ser visualizadas en los anexos que se entregan, dado que algunos contienen un número grande de datos no es posible visualizarlas correctamente aquí.

9.5.2. Graficas de rendimiento semanal promedio diario/horario

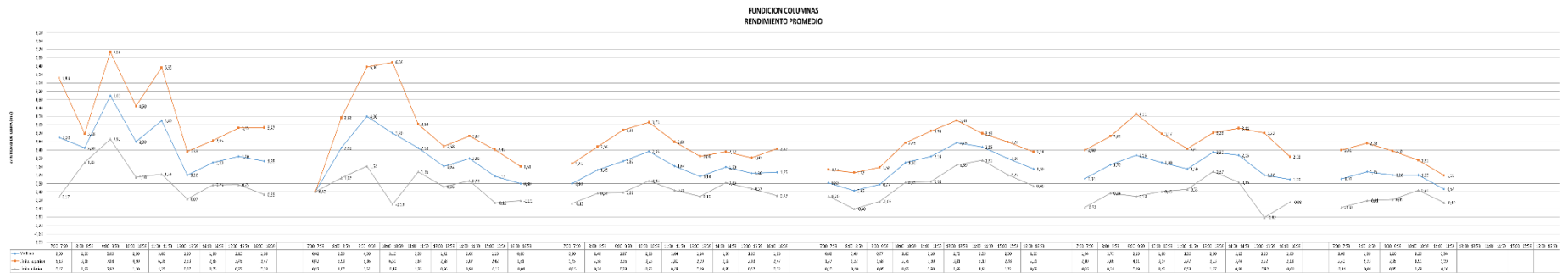
Esta gráfica muestra el rendimiento promedio diario/horario y se construye ubicando continuamente todas las demás gráficas de rendimiento promedio diario, para los días de cada actividad, se grafican los valores de la mediana y los límites, tanto superior como inferior, que se obtienen de sumar y restar respectivamente la desviación estándar de la mediana.

VARIABLES DE RENDIMIENTO DE LA M.O. EN LA CONSTRUCCIÓN

Día	Lunes									Martes									Miércoles									Jueves									Viernes									Sábado						
	Hora	7:00-7:59	8:00-8:59	9:00-9:59	10:00-10:59	11:00-11:59	12:00-12:59	13:00-13:59	14:00-14:59	15:00-15:59	7:00-7:59	8:00-8:59	9:00-9:59	10:00-10:59	11:00-11:59	12:00-12:59	13:00-13:59	14:00-14:59	15:00-15:59	16:00-16:59	7:00-7:59	8:00-8:59	9:00-9:59	10:00-10:59	11:00-11:59	12:00-12:59	13:00-13:59	14:00-14:59	15:00-15:59	16:00-16:59	7:00-7:59	8:00-8:59	9:00-9:59	10:00-10:59	11:00-11:59	7:00-7:59	8:00-8:59	9:00-9:59	10:00-10:59	11:00-11:59												
Mediana	\bar{x}	3.00	2.50	5.00	2.80	3.80	1.20	1.80	2.30	1.80	0.42	2.50	4.00	3.20	2.50	1.62	2.00	1.15	0.80	0.80	1.85	1.87	2.33	1.64	1.14	1.59	1.30	1.35	0.83	0.65	0.77	1.80	2.10	2.75	2.55	2.00	1.50	1.04	1.70	2.15	1.80	1.50	2.30	2.15	1.70	1.00	1.03	1.36	1.30	1.20	0.54	
Límite superior	\bar{m}	5.60	5.10	7.00	4.50	6.55	2.30	2.85	3.45	3.47	0.42	3.60	6.50	5.64	5.50	3.07	3.42	1.61	1.15	1.15	1.75	1.55	3.36	3.73	2.80	2.09	2.92	2.40	2.47	1.47	1.32	1.59	2.75	3.30	3.61	3.19	2.70	2.20	1.40	3.06	4.11	3.17	2.47	3.25	3.44	3.21	2.08	2.40	2.75	2.35	1.92	1.19
Límite inferior	\bar{m}	0.37	0.92	2.92	1.30	1.25	0.07	0.75	0.75	0.38	0.42	1.07	1.54	0.89	1.36	0.66	0.59	0.72	0.01	0.01	-0.15	0.34	0.38	0.93	0.48	0.19	0.05	0.57	0.22	0.28	-0.40	-0.05	0.05	1.69	1.91	1.22	0.69	-0.32	0.34	0.19	0.43	0.53	1.37	0.85	-0.02	-0.08	-0.34	-0.01	0.05	0.48	-0.10	

Tabla 19 Rendimiento semanal horario/diario para la actividad Fundición de Columna

Fuente: Elaboración Propia, archivos de Excel



Gráfica 19 Rendimiento semanal horario/diario para la actividad Fundición de Columna

Fuente: Elaboración Propia

La línea azul es la mediana de la actividad durante toda la semana, las líneas roja y morada representan los límites superior e inferior, los puntos en donde se corta la gráfica significa que acaba el día laboral e inicia nuevamente, por lo tanto, no hay continuidad. Se observa que el mayor rendimiento (con base en la mediana) se encuentra el día lunes en el intervalo horario de (9:00- 9:59), con un valor de $5 \text{ m}^3/\text{h}$, inicio de semana, y el rendimiento mínimo (con base en la mediana, que es lo graficado, se ubica en el intervalo horario de (8:00-8:59), el día jueves y tiene un valor de $0,46 \text{ m}^3/\text{h}$.

10. Análisis de la información.

El objetivo principal de este trabajo fue determinar las variables que afectan el rendimiento de la mano de obra para construcciones en el Municipio de Armenia, a partir de allí se obtiene la ecuación que representa el rendimiento de las actividades con base en las variables que el modelo aceptó, posteriormente se construyó el intervalo de predicción para determinar el rango entre el que puede variar el rendimiento de cada una de las actividades y, finalmente, un análisis adicional basados en un procedimiento estadístico para determinar cuál es el comportamiento de la MO durante la jornada laboral diaria y semanal.

10.1. Análisis de resultados

Se presentan a continuación los resultados para las 15 actividades analizadas, basados en el procedimiento estadístico explicado en el capítulo 9, numeral 9,1

VARIABLES DE RENDIMIENTO DE LA M.O. EN LA CONSTRUCCIÓN

TABLA DE RESULTADOS POR ACTIVIDAD ANALIZADA				
ACTIVIDAD	UNIDAD	ECUACION CARACTERISTICA	R ² %	VARIABLES REPRESENTATIVAS DEL MODELO
Armado Acero Columna	$\frac{Kg}{h}$	CANTIDAD = 112,65 - 258,551*C001 - 141,466*C010 - 217,636*C011 + 45,762*ComplAlt + 79,839*Controldecalidad + 1,34361*Edad + 142,415*Programacion - 104,41*ProgSISO	50,3	C001,C010,C011, Complejidad alta, control de calidad, edad, programación, programa siso
Corte y Figurado de Acero	$\frac{Kg}{h}$	CANTIDAD = -88,6076 + 72,2937*ComplAlt + 79,4439*ComplMed + 1,57463*Especializacion + 18,9987*Material es + 7,89284*Nubado + 14,0296*Soleado + 73,6304*TipodeContrato	53,38	Complejidad alta, Complejidad media, Especialización, Materiales, nubado, soleado, tipo de contrato
Enchape baño	$\frac{m^2}{h}$	CANTIDAD = 2,4612 + 0,50767*Soleado - 0,0808134*Experiencia	26,71	Soleado, Experiencia
Enchape Piso	$\frac{m^2}{h}$	CANTIDAD = -0,954317 - 0,0392481*Experiencia + 2,6162*CondBuena + 0,832003*TipodeContrato + 1,61745*C011 + 7,43407*C012 + 7,23159*C022	45,52	Experiencia, Condiciones buenas, Tipo de contrato, cuadrillas C011, C012, C022
Estructura Dry Wall	$\left(\frac{Kg/h}{m^2}\right)$	CANTIDAD = -3,4873 + 3,03713*C021 + 12,9572*ComplAlt + 0,127216*Experiencia + 5,15287*Material es + 2,44388*Supervision	77,11	C021, Complejidad Alta, Experiencia, Materiales, Supervisión
Estuco Interior	$\frac{m^2}{h}$	CANTIDAD = 145,779 + 1,82277*C010 + 0,964734*Soleado - 51,2881*TipodeContrato - 126,741*ComplAlt - 40,238*ComplMed + 9,26208*Experiencia - 20,451*Especializacion - 74,7264*Bachiller - 89,7044*Primaria - 11,3845*Arquitecto - 24,2701*Programacion	78,2	C010, Soleado, tipo de contrato, Complejidad Alta y Media, Experiencia, Especialización, Bachiller, Primaria, Arquitecto, Programación
Excavación	$\frac{m^3}{h}$	CANTIDAD = 0,130174 + 0,474585*C003 + 0,466751*C004 + 0,639265*C006 + 0,458044*Soleado + 0,349084*Nubado + 0,0351748*Experiencia	47,89	Cuadrillas C003, C004, C006, Soleado, Nubado y Experiencia
Formaleta Placa Entrepiso	$\frac{m^2}{h}$	CANTIDAD = 5,89084 - 1,88928*Primaria - 4,71484*Andina + 4,87135*Material es	23,63	Primaria, Andina, Materiales
Formaleta columnas	$\frac{m^2}{h}$	CANTIDAD = -0,505912 + 5,0731*C022 - 0,745526*Supervision + 3,17249*TipodeContrato + 0,966043*CondBuena + 2,81378*ProgSISO + 0,146241*Experiencia - 2,03247*Primaria - 2,10236*Ingeniero	59,9	C022, Supervisión, Tipo de Contrato, Condiciones buenas, programa SISO, Experiencia, Primaria, Ingeniero
Fundición Placa Entrepiso	$\frac{m^3}{h}$	CANTIDAD = 1,96675 - 1,21304*C014 - 1,24805*C015 - 1,0475*C016 - 0,988885*C017 - 1,02575*C019 + 0,431315*ComplMed - 0,125752*ProgSISO	51,92	Cuadrillas C014, C015, C016, C017, C019, Complejidad media, Programa SISO
Fundición vigas	$\frac{m^3}{h}$	CANTIDAD = -0,68833 + 2,10308*C014 + 3,00378*C016 + 2,07294*C024 + 1,07077*Soleado + 1,09023*Nubado - 0,940451*ComplAlt - 0,296091*Ingeniero	78,19	Cuadrillas C014, C016, C024, Soleado, Complejidad alta, Ingeniero
Fundición Columnas	$\frac{m^3}{h}$	CANTIDAD = -0,71662 - 1,31201*Andina - 0,155649*C012 + 0,274987*C013 - 1,30419*C023 + 1,1709*ComplAlt + 0,388831*Controldecalidad + 2,0869*HerrBuen + 0,193904*Supervision	87,19	Andina, Cuadrillas C012, C013, C023, Complejidad alta, control de calidad, Herramientas buenas, Supervisión
Pega Ladrillo Farol	$\frac{m^2}{h}$	CANTIDAD = 1,71231 - 2,41607*C010 - 1,69963*C011 + 5,98889*C014 + 1,83817*TipodeContrato - 2,85673*ComplAlt + 0,0525041*Edad - 2,78651*Arquitecto	56,45	Cuadrillas C010, C011, C014, Tipo de contrato, complejidad alta, Edad, Arquitecto
Pintura en Interiores	$\frac{m^2}{h}$	CANTIDAD = -6,66204 + 11,1944*C001 + 19,5811*C010 + 20,4214*C011 - 5,98889*C012 + 7,55331*ComplAlt + 9,04122*ComplMed - 0,277872*Edad - 3,67253*Ingeniero + 3,26599*PlaneaAct + 20,6961*TipodeContrato	71,57	Cuadrillas C001, C010, C011, C012, Complejidad alta, medio, Edad, Ingeniero, Planeación de las actividades, Tipo de contrato
Revoque Interior	$\frac{m^2}{h}$	CANTIDAD = 10,3841 - 1,25732*Andina + 1,3686*Arquitecto - 0,92791*Bachiller + 1,56815*C012 - 4,57323*caribe - 5,62317*ComplAlt - 4,11927*ComplMed - 0,409738*Controldecalidad - 0,142084*Edad - 0,202392*Especializacion + 0,104252*Experiencia + 0,221996*Ingeniero - 0,338272*Nubado - 1,95523*Pacifica - 2,15014*PlaneaAct - 0,340432*Programacion + 5,44089*ProgSISO + 0,106592*Soleado + 1,38242*Supervision	24,08	Andina, Arquitecto, Bachiller, Cuadrilla C012, Complejidad alta, media, Especialización, Pacífica, Caribe, Control de calidad, Edad, Experiencia, Ingeniero, Nubado, Planeación de las actividades, Programación, Programa SISO, Soleado, Supervisión

Tabla 20 Resumen Datos Arrojad os por el STATGRAPHICS CENTURION XV

Fuente: Elaboración Propia archivos de Excel

La *Tabla 20* presenta un resumen de la información de cada una de las actividades, con su respectiva unidad, la ecuación característica arrojada por el programa después de realizar la regresión múltiple, el R squared, que es el porcentaje de confiabilidad del modelo y, por último, las variables que, para cada caso, fueron las más representativas y afectan considerablemente el rendimiento de la mano de obra para la construcción en el Municipio de Armenia.

El porcentaje de confiabilidad o R^2 para cada una de las actividades debe ser superior al 50%, en nuestro caso las actividades que arrojaron valores por encima de este son Armado de acero de columna, corte y figurado de acero, estructura Drywall, estuco interior, formaleta columnas, fundida placa de entepiso, fundición vigas y columnas, pega ladrillo farol y pintura en interiores y así mismo las que presentaron valores por debajo son enchape baño, enchape piso, excavación, formaleta placa entepiso revoque interior, es así que de las 15 actividades analizadas 10 presentan R^2 entre 50,3% y 87,19%, que indica que el análisis es en un alto porcentaje confiable y los resultados satisfactorios, así mismo, 5 actividades presentaron un R^2 entre 23,63% y 47,89% , lo que se puede deber a falta de datos o a que los datos presentan algún tipo de redundancia, sin embargo, cabe aclarar que todos los análisis para cada una de estas actividades presentaron valores de P-Value (porcentaje de incidencia en el error) inferiores al 10%, y esto significa que el error de predicción no es representativo, por lo tanto, los resultados son aceptados.

Así mismo, se determina de la gráfica que la actividad que tiene más variables que pueden influenciar de manera negativa o positiva en la cantidad de obra realizada es Revoque interior, con 19 variables representativas, en las que se identifica que para esta actividad, la región de donde provenga el oficial (Andina, Pacífica y Caribe), la complejidad (Alta y Media), la educación (Bachiller), el control de calidad, la experiencia, (Arquitecto, Ingeniero), la cuadrilla, la supervisión, la edad, el Programa SISO, el estado del clima (Soleado, Nubado)), la

Planeación de las actividades, la especialización, y la programación de obra influyen considerablemente en la cantidad de obra que se ejecuta por hora, y la que menos variables arrojo en el resultado del modelo es enchape baño, con dos variables a saber: Soleado y experiencia. En este punto se puede interpretar que la variable soleada es importante posiblemente, por la ubicación de los materiales en obra, al momento de buscarlos y de apilarlos para hacer la mezcla y la humedad presente (en caso de lluvias constantes) si alguna pared linda con el exterior puede generar humedades que no permitan que la cerámica pegue adecuadamente y se sople la pega.

En la siguiente tabla se presenta el intervalo de predicción para cada una de las actividades.

Tabla de resultados por actividad analizada		
Actividad	Unidad	Intervalo de predicción, lim sup e inf
Armado Acero Columna	$\frac{Kg}{h}$	$-(258.551 * C001 + 141.466 * C010 + 217.636 * C011 - (45.762 * CA + 79.839 * CC - (104.41 * SS - (1.32361E + 142.415 * P + 112.65))) - 150.68284 * \sqrt{((7.88359731435E - 2 * [C001] ^ 2 + (5.20274069938E - 2 * C010 + 8.18813607982E - 2 * C011 + .037834251263 * CA - (5.83426736056E - 3 * CC - (1.69534584648E - 2 * SS + 1.93272101075E - 3 * E - (6.58066632826E - 2 * P + 1.22775168203))) * C001 + 5.99043452543E - 2 * [C010] ^ 2 + (6.29261465872E - 2 * C011 + 1.18882470948E - 2 * CA + .015590114193 * CC + .053980911827 * SS - (3.81741690204E - 4 * E + 4.6721662436E - 3 * P + 1.0583493548)) * C010 + 4.59708834839E - 2 * [C011] ^ 2 + (1.25765446144E - 2 * CA + 1.42280962596E - 2 * CC + 3.25711098934E - 2 * SS + 2.95323895802E - 4 * E - (.063524512996 * P + 7.37365555098E - 2)) * C011 + 2.01484453672E - 2 * [CA] ^ 2 - (1.95577321781E - 3 * CC + 6.4350600172E - 3 * SS - (8.86740704596E - 4 * E - (1.08596421968E - 2 * P + 4.43476239394E - 2))) * CA + 1.78458225691E - 2 * [CC] ^ 2 - (3.1406261503E - 3 * SS - (3.56666171842E - 4 * E - (.43355185646E - 3 * P + 2.86459732728E - 2))) * CC + 4.77703640438 * E - 2 * [SS] ^ 2 - (6.08016271434E - 4 * E + .0599636078 * P + 3.17243162068E - 2) * SS + 6.64487814275E - 5 * E ^ 2 - (1.05964062077E - 3 * P + 4.48300857116E - 3) * E + 8.70810942241E - 2 * P ^ 2 \pm 9.17098892774E - 3 * P + .161284111457)))$
		$-(258.551 * C001 + 141.466 * C010 + 217.636 * C011 - (45.762 * CA + 79.839 * CC - (104.41 * SS - (1.32361E + 142.415 * P + 112.65))) + 150.68284 * \sqrt{((7.88359731435E - 2 * [C001] ^ 2 + (5.20274069938E - 2 * C010 + 8.18813607982E - 2 * C011 + .037834251263 * CA - (5.83426736056E - 3 * CC - (1.69534584648E - 2 * SS + 1.93272101075E - 3 * E - (6.58066632826E - 2 * P + 1.22775168203))) * C001 + 5.99043452543E - 2 * [C010] ^ 2 + (6.29261465872E - 2 * C011 + 1.18882470948E - 2 * CA + .015590114193 * CC + .053980911827 * SS - (3.81741690204E - 4 * E + 4.6721662436E - 3 * P + 1.0583493548)) * C010 + 4.59708834839E - 2 * [C011] ^ 2 + (1.25765446144E - 2 * CA + 1.42280962596E - 2 * CC + 3.25711098934E - 2 * SS + 2.95323895802E - 4 * E - (.063524512996 * P + 7.37365555098E - 2)) * C011 + 2.01484453672E - 2 * [CA] ^ 2 - (1.95577321781E - 3 * CC + 6.4350600172E - 3 * SS - (8.86740704596E - 4 * E - (1.08596421968E - 2 * P + 4.43476239394E - 2))) * CA + 1.78458225691E - 2 * [CC] ^ 2 - (3.1406261503E - 3 * SS - (3.56666171842E - 4 * E - (.43355185646E - 3 * P + 2.86459732728E - 2))) * CC + 4.77703640438 * E - 2 * [SS] ^ 2 - (6.08016271434E - 4 * E + .0599636078 * P + 3.17243162068E - 2) * SS + 6.64487814275E - 5 * E ^ 2 - (1.05964062077E - 3 * P + 4.48300857116E - 3) * E + 8.70810942241E - 2 * P ^ 2 \pm 9.17098892774E - 3 * P + .161284111457)))$

Tabla de resultados por actividad analizada

Actividad	Unidad	Intervalo de predicción, lim sup e inf
Corte y Figurado de Acero	$\frac{Kg}{h}$	73.6340*TC+14.0296*SOL+7.89284*NUB+18.9987*MAT+1.57463*ESPE+79.4439*CM+72.2937*CA-88.606-(1.96*19.5594)*√((TC*.026687556299+SOL*1.8776853449E-3+NUB*2.93752933627E-3+MAT*-2.35681667389E-4+ESPE*1.91781038415E-4+CM*2.35623359068E-2+CA*2.75283535167E-2-2.71903607878E-2)*TC+(TC*1.8776853449E-3+SOL*2.88309112728E-2+NUB*2.54927106229E-2+MAT*2.84409791125E-3+ESPE*4.57113548737E-5+CM*2.69888316019E-3+CA*3.17578538018E-3-3.12758054154E-2)*SOL+(TC*-2.93752933627E-3+SOL*2.54927106229E-2+NUB*3.15227812113E-2+MAT*-5.32348376585E-5+ESPE*5.04081134308E-5+CM*-2.09995617088E-3+CA*-2.76570862093E-3-.022925777138)*NUB+(TC*-2.35681667397E-4+SOL*2.84409791124E-3+NUB*-5.32348376623E-5+MAT*.148132081265+ESPE*1.50482722838E-3+CM*1.29438265887E-3+CA*-8.31535509175E-5-.149564511348)*MAT+(TC*1.91781038415E-4+SOL*4.57113548736E-5+NUB*-5.0408113431E-5+MAT*1.50482722838E-3+ESPE*1.05729934223E-3+CM*1.70129498972*E-3+CA*1.85535696475*E-3-3.36571324166E-3)*ESPE+(TC*2.35623359068E-2+SOL*2.69888316019E-3+NUB*-2.09995617089E-3+MAT*1.29438265887E+ESPE*1.70129498972E-3+CM*.031836940558+CA*3.268140048223E-2-3.46351967027E-2)*CM+(TC*2.75283535167E-2+SOL*3.17578538018E-3+NUB*-2.76570862094E-3+MAT*-8.31535509096E-5+ESPE*1.85535696475E-3+CM*3.26814004823E-2+CA*.057043700809-3.76245020874E-2)*CA+TC*-2.71903607))
		73.6340*TC+14.0296*SOL+7.89284*NUB+18.9987*MAT+1.57463*ESPE+79.4439*CM+72.2937*CA-88.6067+(1.96*19.5594)*√((TC*.026687556299+SOL*1.8776853449E-3+NUB*2.93752933627E-3+MAT*-2.35681667389E-4+ESPE*1.91781038415E-4+CM*2.35623359068E-2+CA*2.75283535167E-2-2.71903607878E-2)*TC+(TC*1.8776853449E-3+SOL*2.88309112728E-2+NUB*2.54927106229E-2+MAT*2.84409791125E-3+ESPE*4.57113548737E-5+CM*2.69888316019E-3+CA*3.17578538018E-3-3.12758054154E-2)*SOL+(TC*-2.93752933627E-3+SOL*2.54927106229E-2+NUB*3.15227812113E-2+MAT*-5.32348376585E-5+ESPE*5.04081134308E-5+CM*-2.09995617088E-3+CA*-2.76570862093E-3-.022925777138)*NUB+(TC*-2.35681667397E-4+SOL*2.84409791124E-3+NUB*-5.32348376623E-5+MAT*.148132081265+ESPE*1.50482722838E-3+CM*1.29438265887E-3+CA*-8.31535509175E-5-.149564511348)*MAT+(TC*1.91781038415E-4+SOL*4.57113548736E-5+NUB*-5.0408113431E-5+MAT*1.50482722838E-3+ESPE*1.05729934223E-3+CM*1.70129498972*E-3+CA*1.85535696475*E-3-3.36571324166E-3)*ESPE+(TC*2.35623359068E-2+SOL*2.69888316019E-3+NUB*-2.09995617089E-3+MAT*1.29438265887E+ESPE*1.70129498972E-3+CM*.031836940558+CA*3.268140048223E-2-3.46351967027E-2)*CM+(TC*2.75283535167E-2+SOL*3.17578538018E-3+NUB*-2.76570862094E-3+MAT*-8.31535509096E-5+ESPE*1.85535696475E-3+CM*3.26814004823E-2+CA*.057043700809-3.76245020874E-2)*CA+TC*-2.71903607))
Enchape baño	$\frac{m^2}{h}$	-.0808134*EXPE+.50767*SOL+2.4612-(1.96*.653951)*√(EXPE*(4.42692171216E-4*EXPE+ -1.88482399861E-3*SOL-8.40173227074E-3)+SOL*(-1.88482399861E-3*EXPE+4.74833164134E-2*SOL+1.44949575906E-2)±8.40173227074E-3*EXPE+1.44949575906E-2*SOL+.180730748628)
		-.0808134*EXPE+.50767*SOL+2.4612+(1.96*.653951)*√(EXPE*(4.42692171216E-4*EXPE+ -1.88482399861E-3*SOL-8.40173227074E-3)+SOL*(-1.88482399861E-3*EXPE+4.74833164134E-2*SOL+1.44949575906E-2)±8.40173227074E-3*EXPE+1.44949575906E-2*SOL+.180730748628)

Tabla de resultados por actividad analizada

Actividad	Unidad	Intervalo de predicción, lim sup e inf
Enchape Piso	$\frac{m^2}{h}$	7.223159*C022+7.43407*C012+1.61745*C011+.832003*TC+2.6162*CB+ -.0392481*EXPE-.954317+ -(1.96*2.44431)*√((C022*7.68192401765E-2+C012*.011320816157+C011*1.78430015498E-2+TC*3.90143222584E-3+CB*-3)*C022+(C022*.011320816157+C01*7.68757256658E-2+C011*1.89237391913E-2+TC*-1.40262600894E-2+CB*-5.53162489378E-3+EXPE*1.01909961294E-4-7.41975064392E-3)*C012+(C022*1.78430015498E-2+C012*1.8923739913E-2+C011*2.23556234394E-2+TC*-4.86125872896E-3+CB*-2.55394080702E-3+EXPE*-2.52034739163E-4-1.12565049162E-2)*C011+(C022*3.90143222584E-3+C012*-1.40262600894E-2+C011*-4.86125872896E-3+TC*1.61658590861E-2+C*6.37543208096E+EXPE*-1.1745554861E-4-8.39757552904E-3)*TC+(C022*-1.18397182806E-2+C012*-5.53162489378E-3+C011*-2.55394080702E-3+TC*6.37543208096E-3+CB*.085559932744+EXPE*8.45568364517E-4-8.724930822958E-2)*CB+(C022*-7.73132786247E-4+C012*1.01909961294E-4+C011*-2.52034739163E-4+TC*-1.1745554861E-4+CB*8.45568364517E-4+EXPE*5.05058132621E-5-8.80528590464E-4)*EXPE+C022*-2.60939731601E-3+C012*-7.41975064392E-3+C011*-1.12565049162E-2+TC*-8.39757552904E-3+CB*-8.72493082958E-2+EXPE*-8.80528590464E-4+.103947163059)
		7.223159*C022+7.43407*C012+1.61745*C011+.832003*TC+2.6162*CB+ -.0392481*EXPE-.954317+ -(1.96*2.44431)*√((C022*7.68192401765E-2+C012*.011320816157+C011*1.78430015498E-2+TC*3.90143222584E-3+CB*-3)*C022+(C022*.011320816157+C01*7.68757256658E-2+C011*1.89237391913E-2+TC*-1.40262600894E-2+CB*-5.53162489378E-3+EXPE*1.01909961294E-4-7.41975064392E-3)*C012+(C022*1.78430015498E-2+C012*1.8923739913E-2+C011*2.23556234394E-2+TC*-4.86125872896E-3+CB*-2.55394080702E-3+EXPE*-2.52034739163E-4-1.12565049162E-2)*C011+(C022*3.90143222584E-3+C012*-1.40262600894E-2+C011*-4.86125872896E-3+TC*1.61658590861E-2+C*6.37543208096E+EXPE*-1.1745554861E-4-8.39757552904E-3)*TC+(C022*-1.18397182806E-2+C012*-5.53162489378E-3+C011*-2.55394080702E-3+TC*6.37543208096E-3+CB*.085559932744+EXPE*8.45568364517E-4-8.724930822958E-2)*CB+(C022*-7.73132786247E-4+C012*1.01909961294E-4+C011*-2.52034739163E-4+TC*-1.1745554861E-4+CB*8.45568364517E-4+EXPE*5.05058132621E-5-8.80528590464E-4)*EXPE+C022*-2.60939731601E-3+C012*-7.41975064392E-3+C011*-1.12565049162E-2+TC*-8.39757552904E-3+CB*-8.72493082958E-2+EXPE*-8.80528590464E-4+.103947163059)
Estructura Dry Wall	$\left(\frac{Kg}{h}{m^2}\right)$	2.44388*SU+5.15287*MA+.127216*EX+12.9572*CC+3.03713*C021-3.4873-1.96*3.30508*√((SU*6.87730806166E-2+MA*4.07961852033E-3+EX*7.88277149534E-4+CC*-1.46137384396E-2+C021*-5.34210216864E-3-1.33543553139E-2)*SU+(SU*4.07961852033E-3+MA*.213144591025+EX*-1.43008738512E-3+CC*.3.0369066096E-3+C021*-4.39459542517E-3-.19563226275)*MA+(SU*7.88277149534E-4+MA*-1.43008738512E-3+EX*2.93676177708E-4+CC*3.24700526289E-4+C021*-3.44422308853E-4-1.16235930383E-3)*EX+(SU*-1.46137384396E-2+MA*-3.0369066096E-3+EX*3.24700526289E-4+CC*3.72734785988E-2+C021*-.026391940337-5.57098971596E-3)*CC+(SU*-5.34210216864E-3+MA*-4.39459542517E-3+EX*3.44422308853E-4+CC*-.026391940337+C021*.138984766178+7.44895988946E-3)*C021+SU*-1.33543553139+E-2+MA*-.19563226275+EX*-1.16235930383E-3+CC*-5.57098971596E-3+C021*7.44895988945E-3+.207504618778)
		2.44388*SU+5.15287*MA+.127216*EX+12.9572*CC+3.03713*C021-3.4873-1.96*3.30508*√((SU*6.87730806166E-2+MA*4.07961852033E-3+EX*7.88277149534E-4+CC*-1.46137384396E-2+C021*-5.34210216864E-3-1.33543553139E-2)*SU+(SU*4.07961852033E-3+MA*.213144591025+EX*-1.43008738512E-3+CC*.3.0369066096E-3+C021*-4.39459542517E-3-.19563226275)*MA+(SU*7.88277149534E-4+MA*-1.43008738512E-3+EX*2.93676177708E-4+CC*3.24700526289E-4+C021*-3.44422308853E-4-1.16235930383E-3)*EX+(SU*-1.46137384396E-2+MA*-3.0369066096E-3+EX*3.24700526289E-4+CC*3.72734785988E-2+C021*-.026391940337-5.57098971596E-3)*CC+(SU*-5.34210216864E-3+MA*-4.39459542517E-3+EX*3.44422308853E-4+CC*-.026391940337+C021*.138984766178+7.44895988946E-3)*C021+SU*-1.33543553139+E-2+MA*-.19563226275+EX*-1.16235930383E-3+CC*-5.57098971596E-3+C021*7.44895988945E-3+.207504618778)

Tabla de resultados por actividad analizada

Actividad	Unidad	Intervalo de predicción, lim sup e inf
Estuco Interior	$\frac{m^2}{h}$	*-24.2701*PRO+- 11.3845*ARQ+- 89.7044*PRI+-74.7264*BAC+- 20.451*ESPC+9.26208*EXPE+-40.238*CM+-126.741*CA+- 51.2881*TC+.964734*SOL+1.82277+C010+145.779- 1.96*2.89063*\sqrt{(PRO*1.23129645219+ARQ* 569289684951+PRI*4.10603766266+BAC*4.78176348593+ESPC*.956655993479+EXPE* .439764130901+CM*1.74481696771+CA*6.48193925174+TC*2.38641290409+SOL* 1.09393226858E-2+C010*-.070533914745- 7.26472011484)*PRO+(PRO*.569289684951+ARQ*.283551505674+PRI*1.95947531872+BAC* 2.2762883932+ESPC*.454532450137+EXPE* .209360963849+CM*.832267212926+CA*3.09472665877+TC*1.133294844537+SOL* 3.63860289848E-3+C010*-2.71049436238E-2- 3.45174449757)*ARQ+(PRO*4.10603766266+ARQ*1.95947531872+PRI*14.3008911576+BAC* 16.5880840457+ESPC*3.3038830862+EXPE* 1.52325106055+CM*6.05469022712+CA*22.4808113712+TC*8.18626060598+SOL* 2.95363298469E-2+C010*-.121722749984- 25.0621911316)*PRI+(PRO*4.78176348593+ARQ*2.2762883932+PRI*16.5880840457+BAC*19 .2655176204+ESPC*3.83877416392+EXPE* 1.76931708065+CM*7.04481845821+CA*26.1177361057+TC*9.53177899551+SOL* 3.73723320123E-2+C010*-.148748132249- 29.1225068677)*BAC+(PRO*.956655993479+ARQ*.454532450137+PRI*3.3038830862+BAC*3 .83877416392+ESPC*.766683275732+EXPE* .353193258748+CM*1.408445231819+CA*5.21362860888+TC*1.9052014091+SOL* 8.45094294875E-3+C010*-3.10898130691E-2-5.81033058925)*ESPC+(PRO* .439764130901+ARQ*-.209360963849+PRI*-.1.523225106055+BAC*-.1.76931708065+ESPC* .353193258748+EXPE*.162800109799+CM*-.647919843043+CA*-.2.40191233054+TC* .876564494007+SOL*3.89949191153E-3+C010*1.351330419722E- 2+2.6757567581)*EXPE+(PRO*1.74481696771+ARQ*.832267212926+PRI*6.05469022712+BA C*7.04481845821+ESPC*1.408445231819+EXPE* .647919843043+CM*2.64207781333+CA*9.61023149151+TC*3.53133025043+SOL* 1.45387759065E-2+C010*-3.3602715209E- 210.6954975954)*CM+(PRO*6.48193925174+ARQ*3.09472665877+PRI*22.4808113712+BAC* 26.1177361057+ESPC*5.21362860888+EXPE* 2.40191233054+CM*9.61023149151+CA*35.5000579039+TC*12.9733777197+SOL* 5.48169997189E-2+C010*-.18229576651- 39.5362312253)*CA+(PRO*2.38641290409+ARQ*1.13329484537+PRI*8.18626060598+BAC*9. 53177899551+ESPC*1.9052014091+EXPE* .876564494007+CM*3.53133025043+CA*12.9733777197+TC*4.77609076098+SOL* 2.0506326959E-2+C010*-7.70569564321E-2-14.4668210684)*TC+(PRO*1.09393226858E- 2+ARQ*-3.63860289848E-3+PRI*-2.95363298469E-2+BAC*-3.73723320123E-2+ESPC* 8.45094294875E-3+EXPE*3.89949191153E-3+CM*1.45387759065E-2+CA*5.48169997189E- 2+TC*2.05632266959E-2+SOL*8.87911383393E-3+C010*1.68302874926E- 4+5.47535394263E-2)*SOL+(PRO*-.070533914745+ARQ*-.2.7194368E-2+PRI* .121722749984+BAC*-.148748132249+ESPC*3.198130691E-2+EXPE*1.35130419722E- 2+CM*3.36027152019E-2+CA*-.18229576651+TC*-7.70569564321-2+SOL*1.683028749E- 4+C010*4.7466327902E-2+.23945128158)*C010+PRO*-7.26472011484+ARQ* 3.45174449757+PRI*-25.0621911316+BAC*-29.1225068677+ESPC* 5.81033058925+EXPE*2.6757567581+CM*-10.6954975954+CA*-39.5362312253+TC* 14.4668210684+SOL*5.47535394263E-2+C010*2.39451281583+44.103613972EX
		*-24.2701*PRO+- 11.3845*ARQ+- 89.7044*PRI+-74.7264*BAC+- 20.451*ESPC+9.26208*EXPE+-40.238*CM+-126.741*CA+- 51.2881*TC+.964734*SOL+1.82277+C010+145.779+1.96*2.89063*\sqrt{(PRO*1.23129645219+ARQ *.569289684951+PRI*4.10603766266+BAC*4.78176348593+ESPC*.956655993479+EXPE* .439764130901+CM*1.74481696771+CA*6.48193925174+TC*2.38641290409+SOL* 1.09393226858E-2+C010*-.070533914745- 7.26472011484)*PRO+(PRO*.569289684951+ARQ*.283551505674+PRI*1.95947531872+BAC* 2.2762883932+ESPC*.454532450137+EXPE* .209360963849+CM*.832267212926+CA*3.09472665877+TC*1.133294844537+SOL* 3.63860289848E-3+C010*-2.71049436238E-2- 3.45174449757)*ARQ+(PRO*4.10603766266+ARQ*1.95947531872+PRI*14.3008911576+BAC* 16.5880840457+ESPC*3.3038830862+EXPE* 1.52325106055+CM*6.05469022712+CA*22.4808113712+TC*8.18626060598+SOL* 2.95363298469E-2+C010*-.121722749984- 25.0621911316)*PRI+(PRO*4.78176348593+ARQ*2.2762883932+PRI*16.5880840457+BAC*19 .2655176204+ESPC*3.83877416392+EXPE* 1.76931708065+CM*7.04481845821+CA*26.1177361057+TC*9.53177899551+SOL* 3.73723320123E-2+C010*-.148748132249- 29.1225068677)*BAC+(PRO*.956655993479+ARQ*.454532450137+PRI*3.3038830862+BAC*3 .83877416392+ESPC*.766683275732+EXPE* .353193258748+CM*1.408445231819+CA*5.21362860888+TC*1.9052014091+SOL* 8.45094294875E-3+C010*-3.10898130691E-2-5.81033058925)*ESPC+(PRO* .439764130901+ARQ*-.209360963849+PRI*-.1.523225106055+BAC*-.1.76931708065+ESPC* .353193258748+EXPE*.162800109799+CM*-.647919843043+CA*-.2.40191233054+TC* .876564494007+SOL*3.89949191153E-3+C010*1.351330419722E- 2+2.6757567581)*EXPE+(PRO*1.74481696771+ARQ*.832267212926+PRI*6.05469022712+BA C*7.04481845821+ESPC*1.408445231819+EXPE* .647919843043+CM*2.64207781333+CA*9.61023149151+TC*3.53133025043+SOL* 1.45387759065E-2+C010*-3.3602715209E- 210.6954975954)*CM+(PRO*6.48193925174+ARQ*3.09472665877+PRI*22.4808113712+BAC* 26.1177361057+ESPC*5.21362860888+EXPE* 2.40191233054+CM*9.61023149151+CA*35.5000579039+TC*12.9733777197+SOL* 5.48169997189E-2+C010*-.18229576651- 39.5362312253)*CA+(PRO*2.38641290409+ARQ*1.13329484537+PRI*8.18626060598+BAC*9. 53177899551+ESPC*1.9052014091+EXPE* .876564494007+CM*3.53133025043+CA*12.9733777197+TC*4.77609076098+SOL* 2.0506326959E-2+C010*-7.70569564321E-2-14.4668210684)*TC+(PRO*1.09393226858E- 2+ARQ*-3.63860289848E-3+PRI*-2.95363298469E-2+BAC*-3.73723320123E-2+ESPC* 8.45094294875E-3+EXPE*3.89949191153E-3+CM*1.45387759065E-2+CA*5.48169997189E- 2+TC*2.05632266959E-2+SOL*8.87911383393E-3+C010*1.68302874926E- 4+5.47535394263E-2)*SOL+(PRO*-.070533914745+ARQ*-.2.7194368E-2+PRI* .121722749984+BAC*-.148748132249+ESPC*3.198130691E-2+EXPE*1.35130419722E- 2+CM*3.36027152019E-2+CA*-.18229576651+TC*-7.70569564321-2+SOL*1.683028749E- 4+C010*4.7466327902E-2+.23945128158)*C010+PRO*-7.26472011484+ARQ* 3.45174449757+PRI*-25.0621911316+BAC*-29.1225068677+ESPC* 5.81033058925+EXPE*2.6757567581+CM*-10.6954975954+CA*-39.5362312253+TC* 14.4668210684+SOL*5.47535394263E-2+C010*2.39451281583+44.103613972EX

Tabla de resultados por actividad analizada

Actividad	Unidad	Intervalo de predicción, lim sup e inf
		3.73723320123E-2+C010*-1.48748132249- 29.1225068677)*BAC+(PRO*.956655993479+ARQ*.454532450137+PRI*3.3038830862+BAC*3 .83877416392+ESPC*.766683275732+EXPE*- .353193258748+CM*1.408445231819+CA*5.21362860888+TC*1.9052014091+SOL*- 8.45094294875E-3+C010*-3.10898130691E-2-5.81033058925)*ESPC+(PRO*- .439764130901+ARQ*-.209360963849+PRI*-1.523225106055+BAC*-1.76931708065+ESPC*- .353193258748+EXPE*.162800109799+CM*-.647919843043+CA*-2.40191233054+TC*- .876564494007+SOL*3.89949191153E-3+C010*1.351330419722E- 2+2.6757567581)*EXPE+(PRO*1.74481696771+ARQ*.832267212926+PRI*6.05469022712+BA C*7.04481845821+ESPC*1.408445231819+EXPE*- .647919843043+CM*2.64207781333+CA*9.61023149151+TC*3.53133025043+SOL*- 1.45387759065E-2+C010*-3.3602715209E-2- 10.6954975954)*CM+(PRO*6.48193925174+ARQ*3.09472665877+PRI*22.4808113712+BAC*2 6.1177361057+ESPC*5.21362860888+EXPE*- 2.40191233054+CM*9.61023149151+CA*35.5000579039+TC*12.9733777197+SOL*- 5.48169997189E-2+C010*-1.8229576651- 39.5362312253)*CA+(PRO*2.38641290409+ARQ*1.13329484537+PRI*8.18626060598+BAC*9. 53177899551+ESPC*1.9052014091+EXPE*- .876564494007+CM*3.53133025043+CA*12.9733777197+TC*4.77609076098+SOL*- 2.0506326959E-2+C010*-7.70569564321E-2-14.4668210684)*TC+(PRO*-1.09393226858*E- 2+ARQ*-3.63860289848E-3+PRI*-2.95363298469E-2+BAC*-3.73723320123E-2+ESPC*- 8.45094294875E-3+EXPE*3.89949191153E-3+CM*-1.45387759065E-2+CA*-5.48169997189E- 2+TC*-2.05632266959E-2+SOL*.8.87911383393E-3+C010*-1.68302874926E- 4+5.47535394263E-2)*SOL+(PRO*-.070533914745+ARQ*-2.7194368E-2+PRI*- .121722749984+BAC*-.148748132249+ESPC*-3.198130691E-2+EXPE*1.35130419722E- 2+CM*-3.36027152019E-2+CA*-.18229576651+TC*-7.70569564321-2+SOL*-1.683028749E- 4+C010*4.7466327902E-2+.23945128158)*C010+PRO*-7.26472011484+ARQ*- 3.45174449757+PRI*-25.0621911316+BAC*-29.1225068677+ESPC*- 5.81033058925+EXPE*2.6757567581+CM*-10.6954975954+CA*-39.5362312253+TC*- 14.4668210684+SOL*5.47535394263E-2+C010*.239451281583+44.103613972EX
		.0351748*EXPE+.349084*NUB+.458044*SOL+.639265*C006+.466751*C004+.474585*C003+.1 30174+-(1.96*.419494)*√((EXPE*5.69068745947E-5+NUB*1.13421477825E- 4+SOL*3.44256910239E-4+C006*2.39054302922E+C004*1.3505879513E- 4+C003*7.29126177084E-4-2.49595102689E-3)*EXPE+(EXPE*1.13421477825E- 4+NUB*1.73977359358E-2+SOL*-1.65135383522E-3+C006*6.0077584407E- 3+C004*9.7952339341E-3+C003*-4.74057891045E-3-1.59525665084E- 2)*NUB+(EXPE*3.44256910239E-4+NUB*-1.65135383522E-3+SOL*1.91188431313E- 2+C006*5.0345251106E-3+C004*9.35566210863E-3+C003*1.64780864018E-2- 2.48289606131E-2)*SOL+(EXPE*2.39054302922E-5+NUB*6.0077584497E- 3+SOL*5.0345251106E-3+C006*3.36215083837E-2+C004*2.68699721378E- 2+C003*2.93468239306E-2-3.60491437823E-2)*C006+(EXPE*1.3505879513E- 4+NUB*9.7952339341E-3+SOL*9.35566210863E-3+C006*2.68699721378E- 2+C004*4.15304235789E-2+C003*2.71252108361E-2-4.08445166722E- 2)*C004+(EXPE*7.29126177084E-4+NUB*-4.74057891045E-3+SOL*1.64780864018E- 2+C006*2.93468239306E-2+C004*2.71252108361E-2+C003*6.61863699961E-2- 6.44484025581E-2)*C003+EXPE*-2.49595102689E-3+NUB*-1.59525665084E-2+SOL*- 2.48289606131E-2+C006*-3.60491437823E-2+C004*-4.08445166722E-2+C003*- 6.44484025581E-2+.152919691629)
		.0351748*EXPE+.349084*NUB+.458044*SOL+.639265*C006+.466751*C004+.474585*C003+.1 30174+-(1.96*.419494)*√((EXPE*5.69068745947E-5+NUB*1.13421477825E- 4+SOL*3.44256910239E-4+C006*2.39054302922E+C004*1.3505879513E- 4+C003*7.29126177084E-4-2.49595102689E-3)*EXPE+(EXPE*1.13421477825E- 4+NUB*1.73977359358E-2+SOL*-1.65135383522E-3+C006*6.0077584407E- 3+C004*9.7952339341E-3+C003*-4.74057891045E-3-1.59525665084E- 2)*NUB+(EXPE*3.44256910239E-4+NUB*-1.65135383522E-3+SOL*1.91188431313E- 2+C006*5.0345251106E-3+C004*9.35566210863E-3+C003*1.64780864018E-2- 2.48289606131E-2)*SOL+(EXPE*2.39054302922E-5+NUB*6.0077584497E- 3+SOL*5.0345251106E-3+C006*3.36215083837E-2+C004*2.68699721378E- 2+C003*2.93468239306E-2-3.60491437823E-2)*C006+(EXPE*1.3505879513E- 4+NUB*9.7952339341E-3+SOL*9.35566210863E-3+C006*2.68699721378E- 2+C004*4.15304235789E-2+C003*2.71252108361E-2-4.08445166722E- 2)*C004+(EXPE*7.29126177084E-4+NUB*-4.74057891045E-3+SOL*1.64780864018E- 2+C006*2.93468239306E-2+C004*2.71252108361E-2+C003*6.61863699961E-2- 6.44484025581E-2)*C003+EXPE*-2.49595102689E-3+NUB*-1.59525665084E-2+SOL*- 6.44484025581E-2+.152919691629)
Excavación	$\frac{m^3}{h}$	

Tabla de resultados por actividad analizada

Actividad	Unidad	Intervalo de predicción, lim sup e inf
		2.48289606131E-2+C006*-3.60491437823E-2+C004*-4.08445166722E-2+C003*-6.44484025581+E-2+.152919691629)
Formaleta Placa Entrepiso	$\frac{m^2}{h}$	<p>4.87135*MTIE+-4.71484*ANDI+-1.88928*PRI+5.89084- (1.96*2.758)*√((MTIE*.212048192771+PRI*-1.20481927711E-2- .2)*MTIE+(ANDI*.126623376623+PRI*3.57142857143E-2-.126623376623)*ANDI+(MTIE*- 1.20481927711E-2+ANDI*3.57142857143E-2+PRI*4.77624784854E-2-3.57142857143E- 2)*PRI+MTIE*-2+ANDI*-.126623376623+PRI*-3.57142857143E-2+-.326623376623)</p> <p>4.87135*MTIE+-4.71484*ANDI+- 1.88928*PRI+5.89084+(1.96*2.758)*√((MTIE*.212048192771+PRI*-1.20481927711E-2- .2)*MTIE+(ANDI*.126623376623+PRI*3.57142857143E-2-.126623376623)*ANDI+(MTIE*- 1.20481927711E-2+ANDI*3.57142857143E-2+PRI*4.77624784854E-2-3.57142857143E- 2)*PRI+MTIE*-2+ANDI*-.126623376623+PRI*-3.57142857143E-2+-.326623376623)</p>
Formaleta columnas	$\frac{m^2}{h}$	<p>*-2.10236*ING+ -2.03247*PRI+.146241*EXPE+2.81378*SISO+.966043*CB+3.172449*TC+ - .745526*SUP+5.0731*C022-.505912-(1.96*1.93326)*√((ING*4.33948055547E- 2+PRI*3.13445018608E-2+EXPE*-108352434714E+SISO*-1.0013405877E- 3+CB*4.7826546909E-3+TC*-6.0867637249E-5+SUP*1.96785964757E-2+C022*- 2.01258373047E-3-3.99109365694E-2)*ING+(ING*3.13445018608E-2+PRI*6.54867293618E- 2+EXPE*-1.11896584814E-3+SISO*2.42669182066E-2+CB*-9.51645649949E- 3+TC*6.79481125204E-3+SUP*1.77570975499E-2+C022*-1.81606679487E-3- .043846575522)*PRI+(ING*-1.08352434714E-3+PRI*-1.11896584814E- 3+EXPE*2.3318113204E-4+SISO*-2.69726400976E-3+CB*2.33822348086E-3+TC*- 3.74255089707E-3+SUP*-1.00262153014E-3+C022*1.0254083831E- 4+1.61449385273)*EXPE+(ING-1.0013405877E-3+PRI*2.42669182066E-2+EXPE*- 2.69726400976E-3+SISO*.104403223241+CB*.04846358483+TC*9.40594534948E- 2+SUP*1.49296802523E-3+ C022*-4.18193565782E-2-5.97134374919E- 2)*SISO+(ING*4.7826546909E-3+PRI*-9.51645649949E-3+EXPE*2.33822348086E-3+SISO*- .04846358483+CB+5.46325332419E-2+TC*-.04822464795+SUP*-2.3516925467E- 3+C022*2.40514010458E-4-3.34516996661E-3)*CB+(ING*-6.0867637249E- 5+PRI*6.79481125204E-3+EXPE*-3.74255089707E-3+SISO*9.40594534948E-2+CB*- .04822464795+TC*.117303893181+SUP*6.42552043791E-3+C022*-.042323822166- 5.80611985478E-2)*TC+(ING*1.96785964757E-2+PRI*1.77570975499E-2+EXPE*- 1.00262153014E-3+SISO*1.49296802523E-3+CB*-2.3516925467E-3+SUP*2.54742082844E- 2+C022*-2.60531675636E-3-2.31195850274E-2)*SUP+(ING*-2.01258373047E-3+PRI*- 1.81606679487E-3+EXPE*1.0254083831E-4+SISO*-4.18193565782E-2+CB*2.40514010458E- 4+TC*-.042323822166+SUP*-2.60531675636E-3+C022*.132842210426+4.40311696807E- 2)*C022+ING*-3.99109365694E-2+PRI*-.043846575522+EXPE*1.61449385273E-3+SISO*- 5.97134774919E-2+CB*-3.34516996661E-3+TC*-5.8611985478E-2+SUP*-2.31195850274E- 2+C022*4.40311696807E-2+.104752927202))</p> <p>-2.10236*ING+ -2.03247*PRI+.146241*EXPE+2.81378*SISO+.966043*CB+3.172449*TC+ - .745526*SUP+5.0731*C022-.505912+(1.96*1.93326)*√((ING*4.33948055547E- 2+PRI*3.13445018608E-2+EXPE*-108352434714E+SISO*-1.0013405877E- 3+CB*4.7826546909E-3+TC*-6.0867637249E-5+SUP*1.96785964757E-2+C022*- 2.01258373047E-3-3.99109365694E-2)*ING+(ING*3.13445018608E-2+PRI*6.54867293618E- 2+EXPE*-1.11896584814E-3+SISO*2.42669182066E-2+CB*-9.51645649949E- 3+TC*6.79481125204E-3+SUP*1.77570975499E-2+C022*-1.81606679487E-3- .043846575522)*PRI+(ING*-1.08352434714E-3+PRI*-1.11896584814E- 3+EXPE*2.3318113204E-4+SISO*-2.69726400976E-3+CB*2.33822348086E-3+TC*- 3.74255089707E-3+SUP*-1.00262153014E-3+C022*1.0254083831E- 4+1.61449385273)*EXPE+(ING-1.0013405877E-3+PRI*2.42669182066E-2+EXPE*- 2.69726400976E-3+SISO*.104403223241+CB*.04846358483+TC*9.40594534948E- 2+SUP*1.49296802523E-3+ C022*-4.18193565782E-2-5.97134374919E- 2)*SISO+(ING*4.7826546909E-3+PRI*-9.51645649949E-3+EXPE*2.33822348086E-3+SISO*- .04846358483+CB+5.46325332419E-2+TC*-.04822464795+SUP*-2.3516925467E- 3+C022*2.40514010458E-4-3.34516996661E-3)*CB+(ING*-6.0867637249E- 5+PRI*6.79481125204E-3+EXPE*-3.74255089707E-3+SISO*9.40594534948E-2+CB*- .04822464795+TC*.117303893181+SUP*6.42552043791E-3+C022*-.042323822166- 5.80611985478E-2)*TC+(ING*1.96785964757E-2+PRI*1.77570975499E-2+EXPE*- 1.00262153014E-3+SISO*1.49296802523E-3+CB*-2.3516925467E-3+SUP*2.54742082844E- 2+C022*-2.60531675636E-3-2.31195850274E-2)*SUP+(ING*-2.01258373047E-3+PRI*- 1.81606679487E-3+EXPE*1.0254083831E-4+SISO*-4.18193565782E-2+CB*2.40514010458E- 4+TC*-.042323822166+SUP*-2.60531675636E-3+C022*.132842210426+4.40311696807E- 2)*C022+ING*-3.99109365694E-2+PRI*-.043846575522+EXPE*1.61449385273E-3+SISO*-</p>

Tabla de resultados por actividad analizada

Actividad	Unidad	Intervalo de predicción, lim sup e inf
Fundición Placa Entrepiso	$\frac{m^3}{h}$	5.97134774919E-2+CB*.3.34516996661E-3+TC*.5.8611985478E-2+SUP*.2.31195850274E-2+C022*4.40311696807E-2+.104752927202))
		*-.125752*SISO+.431315*CM+-1.02575*C019+-988885*C017+-1.475*C016+-1.24805*C015+-1.21304*C014+1.9667-(1.96*.298208)*\sqrt{((SISO*.032172758985+CM*.2.26691526724E-3+C019*.032172758985+C017*.1.48489656854*E-2+C016*.032172758985+C015*.2.08176675785E-2+C014*.9.41641726391E-3-.032172758985)*SISO+(SISO*.2.26691526724E-3+CM*.6.79104059538E-2+C019*.2.26691526724E-3+C017*.1.04626858488E-3+C016*.2.26691526724E-3+C015*.1.46682752586E-3+C014*.1.28586093465E-2+2.26691526724E-3)+CM+(SISO*.032172758985+CM*.2.26691526724E-3+C019*.332172758985+C017*.114848965685+C016*.132172758985+C015*.120817667579+C014*.109416417264-.132172758985)*C019+(SISO*.1.48489656854E-2+CM*.1.04626858488E-3+C019*.114848965685+C017*.183776445701+C016*.109608154267+C015*.109608154267+C014*.104346038737-.114848965685)*C017+(SISO*.032172758985+CM*.2.26691526724E-3+C019*.132172758985+C017*.114848965685+C016*.382172758985+C015*.120817667579+C014*.109416417264-.132172758985)*C016+(SISO*.2.08176675785E-2+CM*.1.46682752586E-3+C019*.120817667579+C017*.109608154267+C016*.120817667579+C015*.142882020198+C014*.106092975877-.120817667579)*C015+(SISO+9.41641726391E-3+CM*.1.28586093465E-2+C019*.109416417264+C017*.104346038737+C016*.109416417264+C015*.106092975877+C014*.114951146516-.109416417264)+C014+SISO*-.032172758985+CM*.2.26691526724E-3+C019*.132172758985+C017*-.114848965685+C016*-.132172758985+C015*-.120817667579+C014*-.109416417264+.132172758985))
Fundición vigas	$\frac{m^3}{h}$	-.125752*SISO+.431315*CM+-1.02575*C019+-988885*C017+-1.475*C016+-1.24805*C015+-1.21304*C014+1.96675+(1.96*.298208)*\sqrt{((SISO*.032172758985+CM*.2.26691526724E-3+C019*.032172758985+C017*.1.48489656854*E-2+C016*.032172758985+C015*.2.08176675785E-2+C014*.9.41641726391E-3-.032172758985)*SISO+(SISO*.2.26691526724E-3+CM*.6.79104059538E-2+C019*.2.26691526724E-3+C017*.1.04626858488E-3+C016*.2.26691526724E-3+C015*.1.46682752586E-3+C014*.1.28586093465E-2+2.26691526724E-3)+CM+(SISO*.032172758985+CM*.2.26691526724E-3+C019*.332172758985+C017*.114848965685+C016*.132172758985+C015*.120817667579+C014*.109416417264-.132172758985)*C019+(SISO*.1.48489656854E-2+CM*.1.04626858488E-3+C019*.114848965685+C017*.183776445701+C016*.109608154267+C015*.109608154267+C014*.104346038737-.114848965685)*C017+(SISO*.032172758985+CM*.2.26691526724E-3+C019*.132172758985+C017*.114848965685+C016*.382172758985+C015*.120817667579+C014*.109416417264-.132172758985)*C016+(SISO*.2.08176675785E-2+CM*.1.46682752586E-3+C019*.120817667579+C017*.109608154267+C016*.120817667579+C015*.142882020198+C014*.106092975877-.120817667579)*C015+(SISO+9.41641726391E-3+CM*.1.28586093465E-2+C019*.109416417264+C017*.104346038737+C016*.109416417264+C015*.106092975877+C014*.114951146516-.109416417264)+C014+SISO*-.032172758985+CM*.2.26691526724E-3+C019*.132172758985+C017*-.114848965685+C016*-.132172758985+C015*-.120817667579+C014*-.109416417264+.132172758985))
		*-.296091*ING+-9404451*CA+1.09023*NUB+1.07077*SOL+2.07294*C024+3.00378*C016+2.10308*C014-.68833-(1.96*.434222)*\sqrt{((ING*4.76752094561E-2+CA*.6.58202482824E-3+NUB*.8.3128782335E-3+SOL*.2.26657517576E-2+C024*.1.44705658139E-2+C016*.3.78229093275E-2+C014*.1.96897925499E-2+4.15175218757E-2)*ING+(ING*.6.58202482824E-3+CA*.6.27891253589E-2+NUB*.3.39125479573E-3+SOL*.1.01797454362E-2+C024*.5.90329538517E-3+C016*.1.06012897713E-2+C014*.4.64229316645E-2+9.09406541767E-3)*CA+(ING*.8.3128782335E-3+CA*.3.39125479573E-3+NUB*.200173195371+SOL*.192778168393+C024*.1.51163030528E-2+C016*.104403905942+C014*.1.24272023337E-2-.193369770551)*NUB+(ING*.2.26657517576E-2+CA*.1.01797454362E-2+NUB*.192778168393+SOL*.214976291701+C024*.2.24347831421E-3+C016*.127521255884+C014*.1.03155231535E-2-.213200441837)*SOL+(ING*.1.44705658139E-2+CA*.5.90329538517E-3+NUB*.1.51163030528E-2+SOL*.2.24347831421E-3+C024*.151313564573+C016*.3.44505261906E-3+C014*.2.16325373957E-2+3.27330429329E-3)*C024+(ING*.3.78229093275E-2+CA*.1.06013897713E-2+NUB*.104403905942+SOL*.127521255884+C024*.3.44505261906E-3+C016*.210381243026+C014*.4.96125645072E-3-.145671867889)*C016+(ING*.1.96897925499E-2+CA*.4.64229316645E-2+NUB*.1.24272023337E-2+SOL*.1.03155231535E-2+C024*.2.16325373957E-2+C016*.4.96125645072E-3+C014*.066319199512+1.04844574879E-2)*C014+ING*.4.15175218757E-2+CA*.9.09406541767E-3+NUB*.193369770551+SOL*.213200441837+C024*.3.27330429329E-3+C016*-.145671867889+C014*.1.04844574879E-2+.231613988134))

Tabla de resultados por actividad analizada

Actividad	Unidad	Intervalo de predicción, lim sup e inf
Fundición Columnas	$\frac{m^3}{h}$	<p>-.296091*ING+- .9404451*CA+1.09023*NUB+1.07077*SOL+2.07294*C024+3.00378*C016+2.10308*C014- .68833+(1.96*434222)*√((ING*4.76752094561E-2+CA*-6.58202482824E- 3+NUB*8.3128782335E-3+SOL*2.26657517576E-2+C024*-1.44705658139E- 2+C016*3.78229093275E-2+C014*-1.96897925499E-2-4.15175218757E-)*ING+(ING*- 6.58202482824E-3+CA*6.27891253589E-2+NUB*3.39125479573E-3+SOL*-1.01797454362E- 2+C024*-5.90329538517E-3+C016*-1.06012897713E-2+C014*-4.64229316645E- 2+9.09406541767E-3)*CA+(ING*8.3128782335E-3+CA*3.39125479573E- 3+NUB*.200173195371+SOL*.192778168393+C024*-1.51163030528E- 2+C016*.104403905942+C014*-1.24272023337E-2- .193369770551)*NUB+(ING*2.26657517576E-2+CA*-1.01797454362E- 2+NUB*.192778168393+SOL*.214976291701+C024*-2.24347831421E- 3+C016*.127521255884+C014*-1.03155231535E-2-.213200441837)*SOL+(ING*- 1.44705658139E-2+CA*-5.90329538517E-3+NUB*-1.51163030528E-2+SOL*-2.24347831421E- 3+C024*.151313564573+C016*3.44505261906E-3+C014*2.16325373957E-2+3.27330429329E- 3)*C024+(ING*3.78229093275E-2+CA*-1.06013897713E- 2+NUB*.104403905942+SOL*.127521255884+C024*3.44505261906E- 3+C016*.210381243026+C014*-4.96125645072E-3-.145671867889)*C016+(ING*- 1.96897925499E-2+CA*-4.64229316645E-2+NUB*-1.24272023337E-2+SOL*-1.03155231535E- 2+C024*2.16325373957E-2+C016*-4.96125645072E-3+C014*.066319199512+1.04844574879E- 2)*C014+ING*-4.15175218757E-2+CA*9.09406541767E-3+NUB*-.193369770551+SOL*- .213200441837+C024*3.27330429329E-3+C016*-.145671867889+C014*1.04844574879E- 2+.231613988134))</p> <p>.193904*SU+2.0869*HB+.388831*CC+1.1709*CA+-1.30419*C023+.274987*C012+- .155649*C011+-1.31201*AN-.71662-(1.96*.277094)*√((SU*3.85452289212E-2+HB*- 1.37661531861E-14+CC*-1.23344732548E-2+CA*-6.09381714374E-16+C023*- 2.03677884252E-2+C012*-2.20809097106E-2+C011*-2.42122341333E-2+AN*1.40475945402E- 2-.018177440496)*SU+(HB*.357142857143+CC*-1E-14+CA*2.38095238095E-2+C023*- 2.38095238095E-2+C012*-5.46428571428E-15+C011*-6.29081632653E-15+AN*- 2.38095238095E-2-.333333333333)*HB+(SU+-1.23344732548E-2+HB*4.40516901957E- 15+CC*.1439470031442+CA*-.1+C023*-3.34823077039E-2+C012*-3.29341088926E- 2+C011*7.74791492266E-3+AN*-4.44952302528E-2+4.58167809587E- 2)*CC+(SU*1.00217595195E-15+HB*2.38095238095E-2+CC*-.1+CA*.12380952381+C023*- 2.38095238095E-2+C012*-1.5E-15+C011*-1.24890584257E-15+AN*-2.38095238095E-2+9.1E- 15)*CA+(SU*-2.03677884252E-2+HB*-2.38095238095E-2+CC*3.34823077039E-2+CA*-. 2.38095238095E-2+C023*.114651486931+C012*6.95249759407E-2+C011*3.06511948301E- 2+AN*7.86088186945E-2-7.04741746966E-2)*C023+(SU*-2.20809097106E- 2+HB*4.2431820395E-15+CC*-3.29341088926E-2+CA*3.06231524948E- 16+C023*6.95249759407E-2+C012*7.05063497056E-2+C011*3.17272941249E- 2+AN*3.19527351277E-2-4.74440662301E-2)*C012+(SU*-2.42122341333E- 2+HB*5.9686550476E-15+CC*7.74791492265E-3+CA*3.15323574552E- 16+C023*3.06511948201E-2+C012*3.17272941249E-2+C011*4.77719706005E-2+AN*- 8.82401421747E-3-6.43896069683E-3)*C011+(SU*1.40475945402E-2+HB*-2.38095238095E- 2+CC*-4.44952302528E-2+CA*-2.38095238095E-2+C023*7.86088186945E- 2+C012*3.19527351277E-2+C011*-8.82401421747E-3+AN*.29115131382- .268846889425)*AN+SU*-.018177440496+HB*-.333333333333+CC*4.58167809587E-2+CA*- 6.81262332168E-15+C023*-7.04741746966E-2+C012*-4.74440662301E-2+C011*- 6.43896069682E-3+AN*-.268846889425+.621984948526))</p>

Tabla de resultados por actividad analizada

Actividad	Unidad	Intervalo de predicción, lim sup e inf
Pega Ladrillo Farol	$\frac{m^2}{h}$	2+AN*3.19527351277E-2-4.74440662301E-2)*C012+(SU*-2.42122341333E-2+HB*5.9686550476E-15+CC*7.74791492265E-3+CA*3.15323574552E-16+C023*3.06511948201E-2+C012*3.17272941249E-2+C011*4.77719706005E-2+AN*-8.82401421747E-3-6.43896069683E-3)*C011+(SU*1.40475945402E-2+HB*-2.38095238095E-2+CC*-4.44952302528E-2+CA*-2.38095238095E-2+C023*7.86088186945E-2+C012*3.19527351277E-2+C011*-8.82401421747E-3+AN*29115131382-.268846889425)*AN+SU*-.018177440496+HB*-.333333333333+CC*4.58167809587E-2+CA*-6.81262332168E-15+C023*-7.04741746966E-2+C012*-4.74440662301E-2+C011*-6.43896069682E-3+AN*-.268846889425+.621984948526))
		*-2.78651*ARQ+.0525041*EDAD+-2.85673*CA+1.83817*TC+5.98889*C014+-1.69963*C011+-2.41607*C010+-1.71231-((1.96*1.77485)*√((ARQ*6.52539667551E-2+EDAD*-1.67559048131E-3+CA*.121122796293+TC*-6.37475393056E-2+C014*-7.44742859403E-16+C011*3.83206003924E-2+C010*4.18136113878E-2+.034782219485)*ARQ+(ARQ*-1.67559048131E-3+EDAD*1.02764050639E-4+CA*-4.07490470726E-3+TC*1.67996587148E-3+C014*3.34028593337E-17+C011*-1.26127263198E-3+C010*-1.46473347441E-3-3.25708394935E-3)*EDAD+(ARQ*.121122796293+EDAD*-4.07490470726E-3+CA*.30257253921+TC*-.135496216067+C014*-.037037037037+C011*.09021581507+C010*9.67038171401E-2+9.40804727932E-2)*CA+(ARQ*-6.37475393056E-2+EDAD*1.67996587148E-3+CA*-.135496216067+TC*.079596758798+C014*7.4E-16+C011*-4.30663062538E-2+C010*-4.46370714315E-2-2-3.64986656628E-2)*TC+(ARQ*2.4E-15+EDAD*-8.8E-17+CA*-.37037037037+TC*-2.4E-15+C014*7.40740740741E-2+C011*1.63E-15+C010*1.82E-15+2.2E-15)*C014+(ARQ*3.83206003923E-2+EDAD*-1.26127263198E-3+CA*.09021581507+TC*-4.30663062537E-2+C014*-4.39961019121E-16+C011*4.01660975647E-2+C010*3.69056520542E-2+2.22204859427E-2)*C011+(ARQ*4.18136113878E-2+EDAD*-1.46473347441E-3+CA*9.67038171401E-2+TC*-4.46370714315E-2+C014*-4.77493467236E-16+C011*3.69056520542E-2+C010*6.033117969411E-2+2.84935953839E-2)*C010+ARQ*.034782219485+EDAD*-3.25708394935E-3+CA*9.40484727933E-2+TC*-3.64986656628E-2+C014*-1.0566336043E-15+C011*2.22204859427E-2+C010*2.84935953839E-2+.121557810084))
		-2.78651*ARQ+.0525041*EDAD+-2.85673*CA+1.83817*TC+5.98889*C014+-1.69963*C011+-2.41607*C010+-1.71231+(1.96*1.77485)*√((ARQ*6.52539667551E-2+EDAD*-1.67559048131E-3+CA*.121122796293+TC*-6.37475393056E-2+C014*-7.44742859403E-16+C011*3.83206003924E-2+C010*4.18136113878E-2+.034782219485)*ARQ+(ARQ*-1.67559048131E-3+EDAD*1.02764050639E-4+CA*-4.07490470726E-3+TC*1.67996587148E-3+C014*3.34028593337E-17+C011*-1.26127263198E-3+C010*-1.46473347441E-3-3.25708394935E-3)*EDAD+(ARQ*.121122796293+EDAD*-4.07490470726E-3+CA*.30257253921+TC*-.135496216067+C014*-.037037037037+C011*.09021581507+C010*9.67038171401E-2+9.40804727932E-2)*CA+(ARQ*-6.37475393056E-2+EDAD*1.67996587148E-3+CA*-.135496216067+TC*.079596758798+C014*7.4E-16+C011*-4.30663062538E-2+C010*-4.46370714315E-2-2-3.64986656628E-2)*TC+(ARQ*2.4E-15+EDAD*-8.8E-17+CA*-.37037037037+TC*-2.4E-15+C014*7.40740740741E-2+C011*1.63E-15+C010*1.82E-15+2.2E-15)*C014+(ARQ*3.83206003923E-2+EDAD*-1.26127263198E-3+CA*.09021581507+TC*-4.30663062537E-2+C014*-4.39961019121E-16+C011*4.01660975647E-2+C010*3.69056520542E-2+2.22204859427E-2)*C011+(ARQ*4.18136113878E-2+EDAD*-1.46473347441E-3+CA*9.67038171401E-2+TC*-4.46370714315E-2+C014*-4.77493467236E-16+C011*3.69056520542E-2+C010*6.033117969411E-2+2.84935953839E-2)*C010+ARQ*.034782219485+EDAD*-3.25708394935E-3+CA*9.40484727933E-2+TC*-3.64986656628E-2+C014*-1.0566336043E-15+C011*2.22204859427E-2+C010*2.84935953839E-2+.121557810084))

Tabla de resultados por actividad analizada

Actividad	Unidad	Intervalo de predicción, lim sup e inf
Pintura en Interiores	$\frac{m^2}{h}$	20.6961*TC+3.269599*PLAN+-3.67253*ING+-2.77872*EDA+9.04122*CM+7.55331*CA+-5.98889*C012+20.4214*C011+19.5811*C010+11.1944*C001-6.66204+- (1.96*4.04767)*√((TC*.331067028103+PLAN*6.20924575073E-2+INGE*-8.32569281631E-2+EDA*4.66695320364E-3+CM*.202180539275+CA*.207743258254+C012*4.18501484108E-14+C011*.530997786357+C010*.401412991852+C001*.420427304108- .857585170065)*TC+(TC*6.20924575072E-2+PLAN*5.31514456098E-2+INGE* 1.3942890453E-2+EDA*9.31594000836E-5+CM*1.39428920454E-2+CA*1.62718770474E-2+C012*4.87115481636E-15+C011*7.83643345546E-2+C010*7.13946117523E-2+C001*5.89703059315E-2-.136639547169)*PLAN+(TC*-8.32569281633E-2+PLAN*-1.39428920454E-2+INGE*5.04762333691E-2+EDA*-2.7945799969E-3+CM*-5.04762333694E-2+CA*-.120340733292+C012*-1.98887017965E-14+C011*-.203597661455+C010*-.198843476224+C001*-.234706244324+.37124245333)*INGE+(TC*4.66695320368E-3+PLAN*9.31594000922E-5+INGE*-2.79457999691E-3+EDA*3.11886059943E-4+CM*2.79457999694E-3+CA*1.05917314955E-2+C012*1.99237224123E-15+C011*1.52586846992E-2+C010*1.63051907559E-2+C001*2.05514362857E-2-3.25055773961E-2)*EDA+(TC*.202180539275+PLAN*1.39428920454E-2+INGE*-5.04762333692E-2+EDA*2.79457999692E-3+CM*.169399844481+CA*.128153233292+C012*2.46430742245E-14+C011*.322521272567+C010*.206655976225+C001*.242518744325-.497978564443)*CM+(TC*.207743258255+PLAN*1.62718770477E-2+INGE*-.120340733292+EDA*1.05917314955E-2+CM*.128153233293+CA*.41294620679+C012*7.06169893088E-14+C011*.612877278934+C010*.634285745122+C001*.776304651468-1.21950688823)*CA+(TC*1.423E-13+PLAN*2.175E-14+INGE*-5.282E-14+EDA*4.447E-15+CM*8.807E-14+CA*1.6711E-13+C012*7.40740740741E-2+C011*3.70370370373E-2+C010*3.70370370373E-2+C001*3.70370370374E-2-3.70370370376E-2)*C012+(TC*.530997786358+PLAN*.078364334555+INGE*-.203597661455+EDA*1.52586846991E-2+CM*.322521272568+CA*.612877278933+C012*3.70370370371E-2+C011*1.17309960233+C010*1.06492327401+C001*1.22595649261-2.09850409534)*C011+(TC*.401412991854+PLAN*7.13946117527E-2+INGE*-.198843476224+EDA*1.63051907559E-2+CM*.206655976226+CA*.634285745122+C012*3.70370370372E-2+C011*1.06492327401+C010*1.09033126574+C001*1.2668261037-2.04091587734)*C010+(TC*.42042730411+PLAN*5.89703059321E-2+INGE*-.234706244325+EDA*2.05514362857E-2+CM*.242518744327+CA*.776304651468+C012*3.70370370372E-2+C011*1.22595649262+C001*1.54911347456-2.42306829426)*C001+TC*-.857585170068+PLAN*-.13663954717+INGE*.3712425333+EDA*-3.25055773961E-2+CM*-.497978564445+CA*-1.21950688823+C012*.3.70370370373E-2+C011*-.2.09850409534+C010*-.2.04091587734+C001*-.2.42306829426+4.03857539929))
		20.6961*TC+3.269599*PLAN+-3.67253*ING+-2.77872*EDA+9.04122*CM+7.55331*CA+-5.98889*C012+20.4214*C011+19.5811*C010+11.1944*C001-6.66204+- (1.96*4.04767)*√((TC*.331067028103+PLAN*6.20924575073E-2+INGE*-8.32569281631E-2+EDA*4.66695320364E-3+CM*.202180539275+CA*.207743258254+C012*4.18501484108E-14+C011*.530997786357+C010*.401412991852+C001*.420427304108- .857585170065)*TC+(TC*6.20924575072E-2+PLAN*5.31514456098E-2+INGE* 1.3942890453E-2+EDA*9.31594000836E-5+CM*1.39428920454E-2+CA*1.62718770474E-2+C012*4.87115481636E-15+C011*7.83643345546E-2+C010*7.13946117523E-2+C001*5.89703059315E-2-.136639547169)*PLAN+(TC*-8.32569281633E-2+PLAN*-1.39428920454E-2+INGE*5.04762333691E-2+EDA*-2.7945799969E-3+CM*-5.04762333694E-2+CA*-.120340733292+C012*-1.98887017965E-14+C011*-.203597661455+C010*-.198843476224+C001*-.234706244324+.37124245333)*INGE+(TC*4.66695320368E-3+PLAN*9.31594000922E-5+INGE*-2.79457999691E-3+EDA*3.11886059943E-4+CM*2.79457999694E-3+CA*1.05917314955E-2+C012*1.99237224123E-15+C011*1.52586846992E-2+C010*1.63051907559E-2+C001*2.05514362857E-2-3.25055773961E-2)*EDA+(TC*.202180539275+PLAN*1.39428920454E-2+INGE*-5.04762333692E-2+EDA*2.79457999692E-3+CM*.169399844481+CA*.128153233292+C012*2.46430742245E-14+C011*.322521272567+C010*.206655976225+C001*.242518744325-.497978564443)*CM+(TC*.207743258255+PLAN*1.62718770477E-2+INGE*-.120340733292+EDA*1.05917314955E-2+CM*.128153233293+CA*.41294620679+C012*7.06169893088E-14+C011*.612877278934+C010*.634285745122+C001*.776304651468-1.21950688823)*CA+(TC*1.423E-13+PLAN*2.175E-14+INGE*-5.282E-14+EDA*4.447E-15+CM*8.807E-14+CA*1.6711E-13+C012*7.40740740741E-2+C011*3.70370370373E-2+C010*3.70370370373E-2+C001*3.70370370374E-2-3.70370370376E-2)*C012+(TC*.530997786358+PLAN*.078364334555+INGE*-.203597661455+EDA*1.52586846991E-2+CM*.322521272568+CA*.612877278933+C012*3.70370370371E-2+C011*1.17309960233+C010*1.06492327401+C001*1.22595649261-2.09850409534)*C011+(TC*.401412991854+PLAN*7.13946117527E-2+INGE*-.198843476224+EDA*1.63051907559E-2+CM*.206655976226+CA*.634285745122+C012*3.70370370372E-2+C011*1.06492327401+C010*1.09033126574+C001*1.2668261037-2.04091587734)*C010+(TC*.42042730411+PLAN*5.89703059321E-2+INGE*-.234706244325+EDA*2.05514362857E-2+CM*.242518744327+CA*.776304651468+C012*3.70370370372E-2+C011*1.22595649262+C001*1.54911347456-2.42306829426)*C001+TC*-.857585170068+PLAN*-.13663954717+INGE*.3712425333+EDA*-3.25055773961E-2+CM*-.497978564445+CA*-1.21950688823+C012*.3.70370370373E-2+C011*-.2.09850409534+C010*-.2.04091587734+C001*-.2.42306829426+4.03857539929))

Tabla de resultados por actividad analizada

Actividad	Unidad	Intervalo de predicción, lim sup e inf
Revoque Interior	$\frac{m^2}{h}$	15+CM*8.807E-14+CA*1.6711E-13+C012*7.40740740741E-2+C011*3.70370370373E-2+C010*3.70370370373E-2+C001*3.70370370374E-2-3.70370370376E-2)*C012+(TC*.530997786358+PLAN*.078364334555+INGE*.203597661455+EDA*1.52586846991E-2+CM*.322521272568+CA*.612877278933+C012*3.70370370371E-2+C011*1.17309960233+C010*1.06492327401+C001*1.22595649261-2.09850409534)*C011+(TC*.401412991854+PLAN*7.13946117527E-2+INGE*.198843476224+EDA*1.63051907559E-2+CM*.206655976226+CA*.634285745122+C012*3.70370370372E-2+C011*1.06492327401+C010*1.09033126574+C001*1.2668261037-2.04091587734)*C010+(TC*.42042730411+PLAN*5.89703059321E-2+INGE*.234706244325+EDA*2.05514362857E-2+CM*.242518744327+CA*.776304651468+C012*3.70370370372E-2+C011*1.22595649262+C001*1.54911347456-2.42306829426)*C001+TC*.857585170068+PLAN*-.13663954717+INGE*.3712425333+EDA*-3.25055773961E-2+CM*-.497978564445+CA*-1.21950688823+C012*-3.70370370373E-2+C011*-2.09850409534+C010*-2.04091587734+C001*-2.42306829426+4.03857539929))
		.907369*SUP+4.64684*SISO+-2.21438*PLAN+-1.46447*PAC+-1.48537*ESPE+-3.17483*CM-2.95972*CA+-4.26144*CARB+1.44906*C012+-1.93456*ANDI+4.64298-(1.96*2.29482)*\sqrt{(SUP*2.11861682734E-2+SISO*7.07938802139E-4+PLAN*4.3718407784E-4+PAC*7.70645588911E-3+ESPE*-4.12422678428E-5+CM*-1.36511193211E-2+CA*-1.91256868408E-2+CARB*-3.0061391947E-5+C012*.4.28006777462E-3+ANDI*-2.88635900832E-4-1.11506148808E-3)*SUP+(SUP*7.07938802139E-4+SISO*5.67174706824E-2+PLAN*-2.85243662101E-2+PAC*-1.01867250942E-3+ESPE*-1.53683560057E-3+CM*-2.54029868353E-2+CA*-2.45039244861E-2+CARB*-2.81558445354E-2+C012*-9.10124336574E-3+ANDI*-3.73017640609E-3-3.72599369548E-5)*SISO+(SUP*4.37184077882E-4+SISO*-2.85243662101E-2+PLAN*6.57050931671E-2+PAC*-3.35962416975E-2+ESPE*1.81374618477E-3+CM*-3.43902919771E-3+CA*-3.41505874251E-3+CARB*-3.71577172687E-2+C012*-1.2220959754E-3+ANDI*-3.40705858841E-2-2.30096883095E-5)*PLAN+(SUP*7.70645588912E-3+SISO*-1.01867250943E-3+PLAN*-3.35963416975E-2+PAC*.114574442504+ESPE*-1.02210517775E-3+CM*-1.72544024209E-2+CA*-1.76145120583E-2+CARB*8.76520960959E-2+C012*-1.10140733363E-2+ANDI*8.85478374419E-2-5.30371818889E-2)+PAC+(SUP*4.12422678428E-5+SISO*-1.53683560057E-3+PLAN*1.81374618477E-3+PAC*-1.02210517775E-3+ESPE*8.79618878407E-5+CM*7.02217476083E-4+CA*6.83570545292E-4+CARB*-2.79081229883E-4+C012*2.50950411754E-4+ANDI*-9.40340393272E-4+2.17064567595E-6)*ESPE+(SUP*-1.36511193211E-2+SISO*-2.54029868353E-2+PLAN*-3.43902919771E-3+PAC*-1.72544024209E-2+ESPE*7.02217476083E-4+CM*5.10861913128E-2+CA*4.34314040492E-2+CARB*2.81235360688E-2+C012*1.4368671852E-2+ANDI*1.82311587831E-3+7.18479964268E-4)*CM+(SUP*-1.91256868408E-2+SISO*-2.45039244861E-2+PLAN*-3.41505874251E-3+PAC*-1.76145120583E-2+ESPE*6.83570545292E-4+CM*4.34314040492E-2+CA*5.82748809223E-2+CARB*2.69123681318E-2+C012*1.10276689864E-2+ANDI*1.82669426076E-3+1.00661509688E-3)*CA+(SUP*-3.00613919442E-5+SISO*-2.81558445354E-2+PLAN*-3.71577172687E-2+PAC*8.76520960959E-2+ESPE*-2.79081229882E-4+CM*2.81235360688E-2+CA*2.69123681318E-2+CARB*.317943558573+C012*1.00980726162E-2+ANDI*9.04171498744E-2-5.26299967688E-2)*CARB+(SUP*-4.28006777462E-3+SISO*-9.10124336574E-3+PLAN*-1.22209597541E-3+PAC*-1.10140733363E-2+ESPE*2.50950411754E-4+CM*1.43681671852E-2+CA*1.10276689864E-2+CARB*1.00980726162E-2+C012*3.76786424269E-2+ANDI*6.46194212709E-4+2.2526672498E-4)*C012+(SUP*-2.8863590083E-4+SISO*-3.7301764061E-3+PLAN*-3.40705858841E-2+PAC*8.85478374419E-2+ESPE*-9.40340393271E-4+CM*1.82311587831E-3+CA*1.82669426076E-3+CARB*9.04171498744E-2+C012*6.46194212708E-4+ANDI*8.88171711482E-2-5.26163875848E-2)+ANDI+SUP*-1.11506148808E-3+SISO*-3.7259936949E-5+PLAN*-2.30096883165E-5+PAC*-5.30371818889E-2+ESPE*2.17064567576E-6+CM*7.18479964268E-4+CA*1.00661509688E-3+CARB*5.26299967688E-2+C012*2.2526672498E-4+ANDI*5.26163875842E-2+5.26902663941E-2))
.907369*SUP+4.64684*SISO+-2.21438*PLAN+-1.46447*PAC+-1.48537*ESPE+-3.17483*CM-2.95972*CA+-4.26144*CARB+1.44906*C012+-1.93456*ANDI+4.64298-(1.96*2.29482)*\sqrt{(SUP*2.11861682734E-2+SISO*7.07938802139E-4+PLAN*4.3718407784E-4+PAC*7.70645588911E-3+ESPE*-4.12422678428E-5+CM*-1.36511193211E-2+CA*-1.91256868408E-2+CARB*-3.0061391947E-5+C012*.4.28006777462E-3+ANDI*-2.88635900832E-4-1.11506148808E-3)*SUP+(SUP*7.07938802139E-4+SISO*5.67174706824E-2+PLAN*-2.85243662101E-2+PAC*-1.01867250942E-3+ESPE*-1.53683560057E-3+CM*-2.54029868353E-2+CA*-2.45039244861E-2+CARB*-2.81558445354E-2+C012*-9.10124336574E-3+ANDI*-3.73017640609E-3-3.72599369548E-5)*SISO+(SUP*4.37184077882E-4+SISO*-2.85243662101E-2+PLAN*6.57050931671E-2+PAC*-3.35962416975E-2+ESPE*1.81374618477E-3+CM*-3.43902919771E-3+CA*-3.41505874251E-3+CARB*-3.71577172687E-2+C012*-1.2220959754E-3+ANDI*-3.40705858841E-2-2.30096883095E-5)*PLAN+(SUP*7.70645588912E-3+SISO*-1.01867250943E-3+PLAN*-3.35963416975E-2+PAC*.114574442504+ESPE*-1.02210517775E-3+CM*-1.72544024209E-2+CA*-1.76145120583E-2+CARB*8.76520960959E-2+C012*-1.10140733363E-2+ANDI*8.85478374419E-2-5.30371818889E-2)+PAC+(SUP*4.12422678428E-5+SISO*-1.53683560057E-3+PLAN*1.81374618477E-3+PAC*-1.02210517775E-3+ESPE*8.79618878407E-5+CM*7.02217476083E-4+CA*6.83570545292E-4+CARB*-2.79081229883E-4+C012*2.50950411754E-4+ANDI*-9.40340393272E-4+2.17064567595E-6)*ESPE+(SUP*-1.36511193211E-2+SISO*-2.54029868353E-2+PLAN*-3.43902919771E-3+PAC*-1.72544024209E-2+ESPE*7.02217476083E-4+CM*5.10861913128E-2+CA*4.34314040492E-2+CARB*2.81235360688E-2+C012*1.4368671852E-2+ANDI*1.82311587831E-3+7.18479964268E-4)*CM+(SUP*-1.91256868408E-2+SISO*-2.45039244861E-2+PLAN*-3.41505874251E-3+PAC*-1.76145120583E-2+ESPE*6.83570545292E-4+CM*4.34314040492E-2+CA*5.82748809223E-2+CARB*2.69123681318E-2+C012*1.10276689864E-2+ANDI*1.82669426076E-3+1.00661509688E-3)*CA+(SUP*-3.00613919442E-5+SISO*-2.81558445354E-2+PLAN*-3.71577172687E-2+PAC*8.76520960959E-2+ESPE*-2.79081229882E-4+CM*2.81235360688E-2+CA*2.69123681318E-2+CARB*.317943558573+C012*1.00980726162E-2+ANDI*9.04171498744E-2-5.26299967688E-2)*CARB+(SUP*-4.28006777462E-3+SISO*-9.10124336574E-3+PLAN*-1.22209597541E-3+PAC*-1.10140733363E-2+ESPE*2.50950411754E-4+CM*1.43681671852E-2+CA*1.10276689864E-2+CARB*1.00980726162E-2+C012*3.76786424269E-2+ANDI*6.46194212709E-4+2.2526672498E-4)*C012+(SUP*-2.8863590083E-4+SISO*-3.7301764061E-3+PLAN*-3.40705858841E-2+PAC*8.85478374419E-2+ESPE*-9.40340393271E-4+CM*1.82311587831E-3+CA*1.82669426076E-3+CARB*9.04171498744E-2+C012*6.46194212708E-4+ANDI*8.88171711482E-2-5.26163875848E-2)+ANDI+SUP*-1.11506148808E-3+SISO*-3.7259936949E-5+PLAN*-2.30096883165E-5+PAC*-5.30371818889E-2+ESPE*2.17064567576E-6+CM*7.18479964268E-4+CA*1.00661509688E-3+CARB*5.26299967688E-2+C012*2.2526672498E-4+ANDI*5.26163875842E-2+5.26902663941E-2))		

Tabla de resultados por actividad analizada		
Actividad	Unidad	Intervalo de predicción, lim sup e inf
		1.53683560057E-3+CM*-2.54029868353E-2+CA*-2.45039244861E-2+CARB*-2.81558445354E-2+C012*-9.10124336574E-3+ANDI*-3.73017640609E-3-3.72599369548E-5)*SISO+(SUP*4.37184077882E-4+SISO*-2.85243662101E-2+PLAN*6.57050931671E-2+PAC*-3.35962416975E-2+ESPE*1.81374618477E-3+CM*-3.43902919771E-3+CA*-3.41505874251E-3+CARB*-3.71577172687E-2+C012*-1.2220959754E-3+ANDI*-3.40705858841E-2-2.30096883095E-5)*PLAN+(SUP*7.70645588912E-3+SISO*-1.01867250943E-3+PLAN*-3.35963416975E-2+PAC*.114574442504+ESPE*-1.02210517775E-3+CM*-1.72544024209E-2+CA*-1.76145120583E-2+CARB*8.76520960959E-2+C012*-1.10140733363E-2+ANDI*8.85478374419E-2-5.30371818889E-2)+PAC+(SUP*-4.12422678428E-5+SISO*-1.53683560057E-3+PLAN*1.81374618477E-3+PAC*-1.02210517775E-3+ESPE*8.79618878407E-5+CM*7.02217476083E-4+CA*6.83570545292E-4+CARB*-2.79081229883E-4+C012*2.50950411754E-4+ANDI*9.40340393272E-4+2.17064567595E-6)*ESPE+(SUP*-1.36511193211E-2+SISO*-2.54029868353E-2+PLAN*-3.43902919771E-3+PAC*-1.72544024209E-2+ESPE*7.02217476083E-4+CM*5.10861913128E-2+CA*4.34314040492E-2+CARB*2.81235360688E-2+C012*1.4368671852E-2+ANDI*1.82311587831E-3+7.18479964268E-4)*CM+(SUP*-1.91256868408E-2+SISO*-2.45039244861E-2+PLAN*-3.41505874251E-3+PAC*-1.76145120583E-2+ESPE*6.83570545292E-4+CM*4.34314040492E-2+CA*5.82748809223E-2+CARB*2.69123681318E-2+C012*1.10276689864E-2+ANDI*1.82669426076E-3+1.00661509688E-3)*CA+(SUP*-3.00613919442E-5+SISO*-2.81558445354E-2+PLAN*-3.71577172687E-2+PAC*8.76520960959E-2+ESPE*-2.79081229882E-4+CM*2.81235360688E-2+CA*2.69123681318E-2+CARB*3.17943558573+C012*1.00980726162E-2+ANDI*9.04171498744E-2-5.26299967688E-2)*CARB+(SUP*-4.28006777462E-3+SISO*-9.10124336574E-3+PLAN*-1.22209597541E-3+PAC*-1.10140733363E-2+ESPE*2.50950411754E-4+CM*1.43681671852E-2+CA*1.10276689864E-2+CARB*1.00980726162E-2+C012*3.76786424269E-2+ANDI*6.46194212709E-4+2.2526672498E-4)*C012+(SUP*-2.8863590083E-4+SISO*-3.7301764061E-3+PLAN*-3.40705858841E-2+PAC*8.85478374419E-2+ESPE*-9.40340393271E-4+CM*1.82311587831E-3+CA*1.82669426076E-3+CARB*9.04171498744E-2+C012*6.46194212708E-4+ANDI*8.88171711482E-2-5.26163875848E-2)+ANDI+SUP*1.11506148808E-3+SISO*-3.7259936949E-5+PLAN*-2.30096883165E-5+PAC*-5.30371818889E-2+ESPE*2.17064567576E-6+CM*7.18479964268E-4+CA*1.00661509688E-3+CARB*-5.26299967688E-2+C012*2.2526672498E-4+ANDI*-5.26163875842E-2+5.26902663941E-2)

Tabla 21 Intervalos de predicción en términos de las variables representativas

Fuente: Elaboración Propia, archivos de Excel

Como se observa en la tabla, se presentan los intervalos de predicción usando los límites inferior y superior calculados con la información de las gráficas de rendimiento diario horario y con el procedimiento estadístico explicado en los primeros capítulos de este trabajo, para cada una de estas actividades, en ellos, se involucran todas las variables que fueron representativas cuando se corrió el modelo, con sus respectivas unidades.

Para solucionar las ecuaciones anteriores, se deben simular las condiciones establecidas para poder reemplazar los datos y con ello, obtener los intervalos entre los cuales va a variar el rendimiento de las actividades.

Se realiza un ejemplo de simulación de las condiciones, de acuerdo con las variables aceptadas en el modelo de regresión para la actividad Fundición de Columna y con ello obtener el intervalo.

$$C = \begin{pmatrix} \text{const} \\ \text{Andina} \\ \text{C011} \\ \text{C012} \\ \text{C023} \\ \text{Comp_Alt} \\ \text{Cont_Cal} \\ \text{Herr_Buen} \\ \text{Supervision} \end{pmatrix} \quad C = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

Simulación de condiciones para cada una de las variables representativas del modelo de la actividad Fundición de Columna.

Fuente: Elaboración Propia

La ecuación es la siguiente (límite superior y límite inferior):

$$\begin{aligned} & .193904 * \text{SU} + 2.0869 * \text{HB} + .388831 * \text{CC} + 1.1709 * \text{CA} + 1.30419 * \text{C023} + .274987 * \text{C012} + .155649 * \text{C011} + 1.31201 * \text{AN} - .71662 - (1.96 * .277094) * \sqrt{((\text{SU} * 3.85452289212\text{E}-2 + \text{HB} * \\ & 1.37661531861\text{E}-14 + \text{CC} * 1.23344732548\text{E}-2 + \text{CA} * 6.09381714374\text{E}-16 + \text{C023} * 2.03677884252\text{E}-2 + \text{C012} * 2.20809097106\text{E}-2 + \text{C011} * 2.42122341333\text{E}-2 + \text{AN} * 1.40475945402\text{E}-2 \\ & .018177440496) * \text{SU} + (\text{HB} * .357142857143 + \text{CC} * 1\text{E}-14 + \text{CA} * 2.38095238095\text{E}-2 + \text{C023} * 2.38095238095\text{E}-2 + \text{C012} * 5.46428571428\text{E}-15 + \text{C011} * 6.29081632653\text{E}-15 + \text{AN} * \\ & 2.38095238095\text{E}-2 - .333333333333) * \text{HB} + (\text{SU} + 1.23344732548\text{E}-2 + \text{HB} * 4.40516901957\text{E}-15 + \text{CC} * 1.439470031442 + \text{CA} * 1 + \text{C023} * 3.34823077039\text{E}-2 + \text{C012} * 3.29341088926\text{E}- \\ & 2 + \text{C011} * 7.74791492266\text{E}-3 + \text{AN} * 4.44952302528\text{E}-2 + 4.58167809587\text{E}-2) * \text{CC} + (\text{SU} * 1.00217595195\text{E}-15 + \text{HB} * 2.38095238095\text{E}-2 + \text{CC} * 1 + \text{CA} * 1.2380952381 + \text{C023} * \\ & 2.38095238095\text{E}-2 + \text{C012} * 1.5\text{E}-15 + \text{C011} * 1.24890584257\text{E}-15 + \text{AN} * 2.38095238095\text{E}-2 + 9.1\text{E}-15) * \text{CA} + (\text{SU} * 2.03677884252\text{E}-2 + \text{HB} * 2.38095238095\text{E}-2 + \text{CC} * 3.34823077039\text{E}- \\ & 2 + \text{CA} * 2.38095238095\text{E}-2 + \text{C023} * 1.14651486931 + \text{C012} * 6.95249759407\text{E}-2 + \text{C011} * 3.06511948301\text{E}-2 + \text{AN} * 7.86088186945\text{E}-2 - 7.04741746966\text{E}-2) * \text{C023} + (\text{SU} * 2.20809097106\text{E}- \\ & 2 + \text{HB} * 4.2431820395\text{E}-15 + \text{CC} * 3.29341088926\text{E}-2 + \text{CA} * 3.06231524948\text{E}-16 + \text{C023} * 6.95249759407\text{E}-2 + \text{C012} * 7.05063497056\text{E}-2 + \text{C011} * 3.17272941249\text{E}-2 + \text{AN} * 3.19527351277\text{E}- \\ & 2 - 4.74440662301\text{E}-2) * \text{C012} + (\text{SU} * 2.42122341333\text{E}-2 + \text{HB} * 5.9686550476\text{E}-15 + \text{CC} * 7.74791492266\text{E}-3 + \text{CA} * 3.15323574552\text{E}-16 + \text{C023} * 3.06511948201\text{E}-2 + \text{C012} * 3.17272941249\text{E}- \\ & 2 + \text{C011} * 4.77719706005\text{E}-2 + \text{AN} * 8.82401421747\text{E}-3 - 6.43896069683\text{E}-3) * \text{C011} + (\text{SU} * 1.40475945402\text{E}-2 + \text{HB} * 2.38095238095\text{E}-2 + \text{CC} * 4.44952302528\text{E}-2 + \text{CA} * 2.38095238095\text{E}- \\ & 2 + \text{C023} * 7.86088186945\text{E}-2 + \text{C012} * 3.19527351277\text{E}-2 + \text{C011} * 8.82401421747\text{E}-3 + \text{AN} * 2.9115131382 - 2.68846889425) * \text{AN} + \text{SU} * .018177440496 + \text{HB} * \\ & .333333333333 + \text{CC} * 4.58167809587\text{E}-2 + \text{CA} * 6.81262332168\text{E}-15 + \text{C023} * 7.04741746966\text{E}-2 + \text{C012} * 4.74440662301\text{E}-2 + \text{C011} * 6.43896069682\text{E}-3 + \text{AN} * \\ & .268846889425 + .621984948526) \\ & .193904 * \text{SU} + 2.0869 * \text{HB} + .388831 * \text{CC} + 1.1709 * \text{CA} + 1.30419 * \text{C023} + .274987 * \text{C012} + .155649 * \text{C011} + 1.31201 * \text{AN} - .71662 + (1.96 * .277094) * \sqrt{((\text{SU} * 3.85452289212\text{E}-2 + \text{HB} * \\ & 1.37661531861\text{E}-14 + \text{CC} * 1.23344732548\text{E}-2 + \text{CA} * 6.09381714374\text{E}-16 + \text{C023} * 2.03677884252\text{E}-2 + \text{C012} * 2.20809097106\text{E}-2 + \text{C011} * 2.42122341333\text{E}-2 + \text{AN} * 1.40475945402\text{E}-2 \\ & .018177440496) * \text{SU} + (\text{HB} * .357142857143 + \text{CC} * 1\text{E}-14 + \text{CA} * 2.38095238095\text{E}-2 + \text{C023} * 2.38095238095\text{E}-2 + \text{C012} * 5.46428571428\text{E}-15 + \text{C011} * 6.29081632653\text{E}-15 + \text{AN} * \\ & 2.38095238095\text{E}-2 - .333333333333) * \text{HB} + (\text{SU} + 1.23344732548\text{E}-2 + \text{HB} * 4.40516901957\text{E}-15 + \text{CC} * 1.439470031442 + \text{CA} * 1 + \text{C023} * 3.34823077039\text{E}-2 + \text{C012} * 3.29341088926\text{E}- \\ & 2 + \text{C011} * 7.74791492266\text{E}-3 + \text{AN} * 4.44952302528\text{E}-2 + 4.58167809587\text{E}-2) * \text{CC} + (\text{SU} * 1.00217595195\text{E}-15 + \text{HB} * 2.38095238095\text{E}-2 + \text{CC} * 1 + \text{CA} * 1.2380952381 + \text{C023} * \\ & 2.38095238095\text{E}-2 + \text{C012} * 1.5\text{E}-15 + \text{C011} * 1.24890584257\text{E}-15 + \text{AN} * 2.38095238095\text{E}-2 + 9.1\text{E}-15) * \text{CA} + (\text{SU} * 2.03677884252\text{E}-2 + \text{HB} * 2.38095238095\text{E}-2 + \text{CC} * 3.34823077039\text{E}- \\ & 2 + \text{CA} * 2.38095238095\text{E}-2 + \text{C023} * 1.14651486931 + \text{C012} * 6.95249759407\text{E}-2 + \text{C011} * 3.06511948301\text{E}-2 + \text{AN} * 7.86088186945\text{E}-2 - 7.04741746966\text{E}-2) * \text{C023} + (\text{SU} * 2.20809097106\text{E}- \\ & 2 + \text{HB} * 4.2431820395\text{E}-15 + \text{CC} * 3.29341088926\text{E}-2 + \text{CA} * 3.06231524948\text{E}-16 + \text{C023} * 6.95249759407\text{E}-2 + \text{C012} * 7.05063497056\text{E}-2 + \text{C011} * 3.17272941249\text{E}-2 + \text{AN} * 3.19527351277\text{E}- \\ & 2 - 4.74440662301\text{E}-2) * \text{C012} + (\text{SU} * 2.42122341333\text{E}-2 + \text{HB} * 5.9686550476\text{E}-15 + \text{CC} * 7.74791492266\text{E}-3 + \text{CA} * 3.15323574552\text{E}-16 + \text{C023} * 3.06511948201\text{E}-2 + \text{C012} * 3.17272941249\text{E}- \\ & 2 + \text{C011} * 4.77719706005\text{E}-2 + \text{AN} * 8.82401421747\text{E}-3 - 6.43896069683\text{E}-3) * \text{C011} + (\text{SU} * 1.40475945402\text{E}-2 + \text{HB} * 2.38095238095\text{E}-2 + \text{CC} * 4.44952302528\text{E}-2 + \text{CA} * 2.38095238095\text{E}- \\ & 2 + \text{C023} * 7.86088186945\text{E}-2 + \text{C012} * 3.19527351277\text{E}-2 + \text{C011} * 8.82401421747\text{E}-3 + \text{AN} * 2.9115131382 - 2.68846889425) * \text{AN} + \text{SU} * .018177440496 + \text{HB} * \\ & .333333333333 + \text{CC} * 4.58167809587\text{E}-2 + \text{CA} * 6.81262332168\text{E}-15 + \text{C023} * 7.04741746966\text{E}-2 + \text{C012} * 4.74440662301\text{E}-2 + \text{C011} * 6.43896069682\text{E}-3 + \text{AN} * \\ & .268846889425 + .621984948526) \end{aligned}$$

En esta ecuación se reemplazan los valores de 1 y 0 establecidos en las condiciones de simulación con el fin de tener el intervalo numérico de rendimiento para cada actividad.

Al resolver esta ecuación se obtiene el siguiente intervalo:

Intervalo de Rendimiento para la actividad fundición de columna:

$$\text{Intervalo} = \left[1,5040 \quad , \quad 1,80855 \right] \left(\frac{m^3}{h} \right)$$

Se puede concluir que el intervalo entre el cual oscila el rendimiento para la actividad es

$$(1,5- 1,8) \frac{m^3}{h}.$$

Este procedimiento se realiza para cada una de las actividades analizadas y para cada variable aceptada por el modelo al realizar la regresión múltiple, con este intervalo es posible determinar un valor para cada actividad, adicional, permite entender mucho mejor cuáles son esos valores dentro de los cuales puede variar un rendimiento, lo que ayuda en los procesos de programación y realización de los presupuestos.

Se presenta a continuación la tabla resumen con los intervalos dentro de los cuales oscilan los rendimientos para cada una de las actividades analizadas.

TABLA DE RESULTADOS POR ACTIVIDAD ANALIZADA		
ACTIVIDAD	UNIDAD	INTERVALO
Armado Acero Columna	$\frac{Kg}{h}$	(75,1- 171,79)
Corte y Figurado de Acero	$\frac{Kg}{h}$	(98,00-115,92)
Enchape baño	$\frac{m^2}{h}$	(2,36- 3,51)
Enchape Piso	$\frac{m^2}{h}$	(3,56- 4,58)
Estructura Dry Wall	$\left(\frac{Kg/h}{m^2}\right)$	(13,37- 16,12)
Estuco Interior	$\frac{m^2}{h}$	(16,14- 25,57)
Excavación	$\frac{m^3}{h}$	(2,17- 2,93)
Formaleta Placa Entrepiso	$\frac{m^2}{h}$	(8,74- 12,77)
Formaleta columnas	$\frac{m^2}{h}$	(6,27- 9,22)
Fundición Placa Entrepiso	$\frac{m^3}{h}$	(0,92- 1,56)
Fundicion vigas	$\frac{m^3}{h}$	(1,67- 2,62)
Fundicion Columnas	$\frac{m^3}{h}$	(1,5- 1,8)
Pega Ladrillo Farol	$\frac{m^2}{h}$	(4,71- 8,75)
Pintura en Interiores	$\frac{m^2}{h}$	(34,65- 39,78)
Revoque Interior	$\frac{m^2}{h}$	(4,02- 5,69)

Tabla 22 Resultados numéricos intervalos de predicción de rendimientos para las actividades.

Fuente: Elaboración propia, archivos de Excel

En los intervalos de cada una de las actividades, se puede observar que cuanto menor sea la diferencia entre los límites, más confiable es el intervalo, por ejemplo, para la actividad Fundición de columna la diferencia entre los límites es de 0,3, lo que es un valor adecuado y la mayor diferencia se presenta en el intervalo de armado acero columna, que da una

diferencia de 96,6, haciendo el análisis en obra para que tal diferencia se presente es posible que el peso de las varillas al momento de convertir todo a kg tenga algún tipo de influencia, pues en ocasiones se usaban en las obras varillas de ½” o más, por lo tanto en esas muestras la cantidad de kg por hora aumentaba considerablemente y esto afecta al mismo tiempo el resultado del modelo.

Las actividades que menor diferencia presentan son Fundición columna con 0,3; fundición placa entrepiso con 0,64 y excavación con 0,76.

Las que mayor diferencia presentan son Armado acero columna con 96,6; Corte y figurado de acero con 17,92 y estuco interior con 9,43. El valor de los límites del intervalo se ve influenciado directamente por las condiciones que se simulan para cada una de las variables que afectan el rendimiento de cada actividad y que fueron seleccionadas por el programa, como se mostró en ejemplos anteriores, cuando la diferencia de los límites es muy alta se puede decir que hay una incertidumbre alta en el rango de confianza, sin embargo los valores de P-value para las actividades que arrojaron estas diferencias están por debajo del 10%, lo que significa que es probable que se deba, como ya se dijo, con las condiciones que se simularon para cada una y con los datos muy altos al correr la matriz (sin embargo los datos que muestran gran diferencia con los demás se justifican para este caso en el peso de las varillas usadas como acero longitudinal y su dificultad para maniobrarla).

10.2. Identificación de las Variables más Representativas que Afectan el Rendimiento.

Gracias a la metodología aplicada fue posible establecer cuáles son las variables más representativas en el rendimiento de la mano de obra en el municipio de Armenia, de acuerdo con el número de veces que se repitieron en las actividades.

VARIABLE		N° REPETICIONES
SOLEADO		5
NUBADO		3
EXPERIENCIA		6
SUPERVISIÓN		4
C U A D R I L L A S	C001	2
	C010	4
	C011	4
	C012	5
	C014	3
TIPO DE CONTRATO		5
COND. DEL SITIO BUENAS		2
CONTROL DE CALIDAD		3
MATERIALES		3
PROGRAMACION		3
ESPECIALIZACION		3
PROGRAMA SISO		3
EDAD		3
INGENIERO		4
COMPLEJIDAD MEDIA		5
COMPLEJIDAD ALTA		9

Tabla 23 N° de repeticiones por variable para las 15 actividades
 Fuente: Elaboración propia, archivos de Excel

En la *Tabla 23* se muestra que de acuerdo con el número de repeticiones dadas por actividad las variables más representativas en el rendimiento de la mano de obra son: complejidad alta, con 9 repeticiones, seguido de experiencia con 6 repeticiones, seguido de clima soleado, cuadrilla C012, tipo de contrato y complejidad media con 5 repeticiones cada una, finalmente el Ingeniero, las cuadrillas C010, C011 y la supervisión con 4 repeticiones cada una, las variables con 1,2 y 3 repeticiones tienen menor incidencia en el rendimiento, sin embargo no significa que no puedan alterar el resultado al final de la jornada, simplemente la proporción con respecto a las demás variables es inferior.

Si fuera posible sumar las repeticiones en que aparecen las cuadrillas, éstas serían definitivamente las más representativas para el rendimiento, pues son finalmente las que marcan la pauta, las que dan la cantidad diaria de trabajo o avance, por esto, es obvio que la cuadrilla incida en el rendimiento, sin embargo se requiere de otro estudio para determinar hasta qué punto ésta conformación es representativa, es decir, que cantidad de ayudantes por ejemplo, aumentan el rendimiento o lo mejoran, y a partir de que numero dentro de la cuadrilla no se ve avance significativo.

10.2.1. Análisis de resultados de las gráficas de rendimiento diario

La información recolectada en las obras para cada una de las actividades, básicamente las 15 a las cuales se les pudo realizar el análisis, permite determinar el comportamiento del rendimiento de la MO dada la información de las gráficas de rendimiento y promedio horario, que dieron a conocer el intervalo de hora en que se presentan los picos máximos y mínimos del rendimiento para cada actividad, en la siguiente tabla se muestran los resultados de las diferentes actividades.

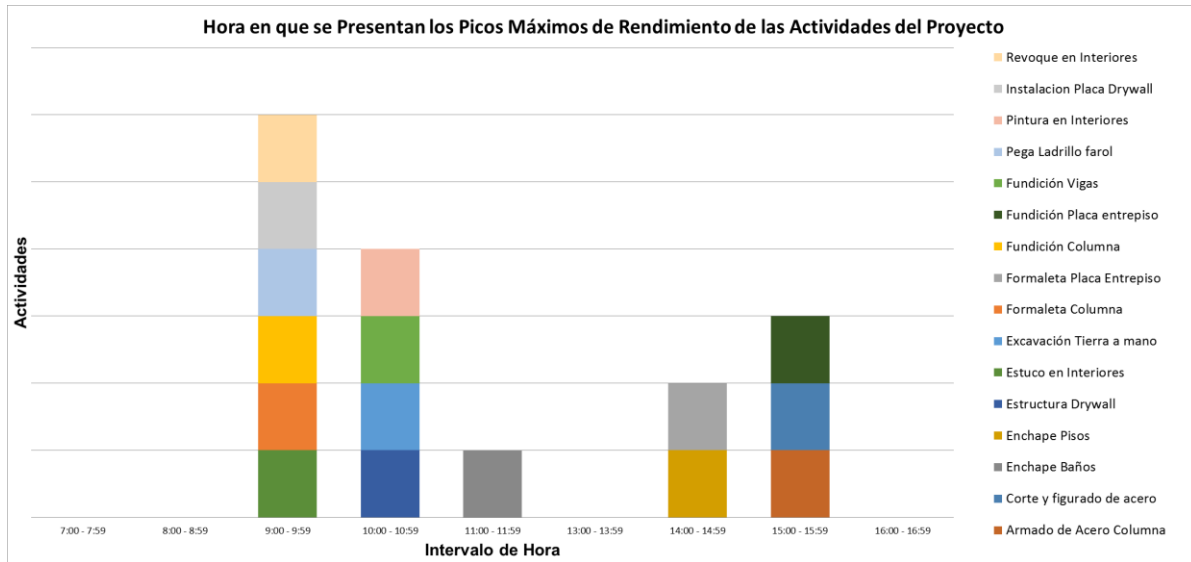
Actividad	Unidad	Intervalo de Hora	Picos máximos de rendimiento							Promedio Horario
			Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado		
Armado de Acero Columna	Kg/h	15:00 - 15:59	36,79	95,15	19,81	15,42	104,78	40,32	52,05	
Corte y figurado de acero	Kg/h	15:00 - 15:59	33,19	16,38	25,49	25,9	47,47	40,32	31,46	
Enchape Baños	m2/h	11:00 - 11:59	1,14	1,98	0,64	2,315	0,87	1,55	1,42	
Enchape Pisos	m2/h	14:00 - 14:59	5,44	5,51	5,3	6,88	4,68	0,6	4,74	
Estructura Drywall	m/h	10:00 - 10:59	5,94	2,4	7	13,7	12,68	3,15	7,48	
Estuco en Interiores	m2/h	9:00 - 9:59	5,62	7,68	8,28	8,31	7,52	4,92	7,06	
Excavación Tierra a mano	m3/h	10:00 - 10:59	1,46	1,14	1,09	0,98	1,09	1,12	1,15	
Formaleta Columna	m2/h	9:00 - 9:59	3,82	5,56	4,82	2,28	4,28	1,85	3,77	
Formaleta Placa Entrepiso	m2/h	14:00 - 14:59	6,73	5,96	6,13	7,49	5,71		6,4	
Fundición Columna	m3/h	9:00 - 9:59	3,8	3,17	1,91	0,9	2,13	1,35	2,21	
Fundición Placa entrepiso	m2/h	15:00 - 15:59	1,07	0,74	0,8	0,81	2,55		1,19	
Fundición Vigas	m3/h	10:00 - 10:59	1,09	1,56	1,39	1,77	2,62	0,17	1,43	
Pega Ladrillo farol	m2/h	9:00 - 9:59	5,39	3,23	3,65	4,32	2,56	3,76	3,82	
Pintura en Interiores	m2/h	10:00 - 10:59	11,38	15,15	12,98	16,4	12,84	5,43	12,36	
Instalación Placa Drywall	m2/h	9:00 - 9:59	5,66	5,7	6,24	6,68	5,89	5,53	5,95	
Revoque en Interiores	m2/h	9:00 - 9:59	3,13	3,56	13,09	5,56	6,71	3,6	5,94	

Tabla 24 Resumen picos máximos actividades analizadas
Fuente: Elaboración propia, archivos de Excel

Como se puede observar, para las diferentes actividades y en los diferentes intervalos horarios, existen picos de rendimiento, para la actividad fundición de columna, por ejemplo,



el pico máximo es el día lunes con un valor de $3.8m^3/h$, mientras que para la actividad revoque en interiores el pico máximo de rendimiento es el martes con un valor de 13,09 m^2/h , así mismo en la tabla están consignados los valores máximos por día y semana para las diferentes actividades.



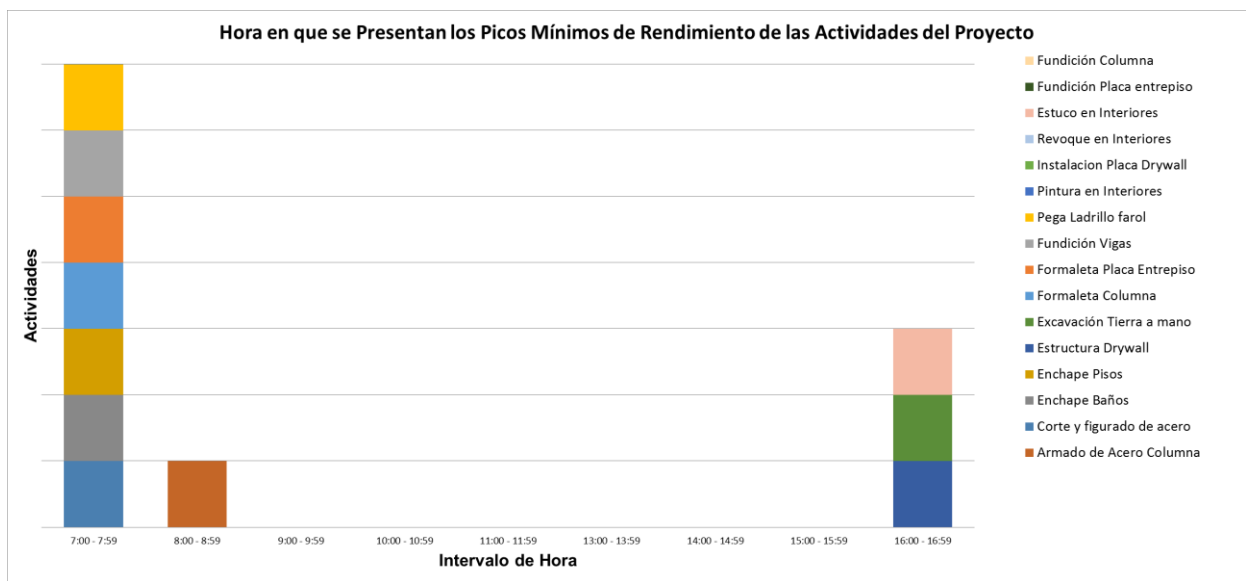
Gráfica 20 Hora de picos máximos de rendimiento para las diferentes actividades
Fuente: Elaboración propia

La Gráfica 20 muestra lo descrito en el cuadro de picos máximos horarios por actividad, como se puede ver para la fundición de viga el valor máximo es $2.62 m^3/h$, en el día viernes, en el intervalo horario de (10:00- 10:59).

Actividad	Unidad	Intervalo de Hora	Picos mínimos de rendimiento							Promedio Horario
			Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado		
Armado de Acero Columna	Kg/h	8:00 - 8:59	22,14	18,92	21,02	27,59	32,87	13	22,59	
Corte y figurado de acero	Kg/h	7:00 - 7:59	11,67	18,66	14,09	24,28	26,79	13,09	18,1	
Enchape Baños	m2/h	7:00 - 7:59	0,4	0,58	0,55	0	0,26	0,6	0,4	
Enchape Pisos	m2/h	7:00 - 7:59	2,85	1,09	1,68	1,37	1,92	2,71	1,94	
Estructura Drywall	m/h	16:00 - 16:59	4,78	1,84	2,12	10,13	3,32	0	3,7	
Estuco en Interiores	m2/h	7:00 - 7:59	4,58	5,95	5,68	5,37	7,03	2,82	5,24	
Excavación Tierra a mano	m3/h	16:00 - 16:59	0,74	0,4	0,74	0,51	0,52		0,58	
Formaleta Columna	m2/h	7:00 - 7:59	2	2,28	1,45	1,14	1,12	1,56	1,59	
Formaleta Placa Entrepiso	m2/h	7:00 - 7:59	1,34	4,27	6,1	1,47		4,09	3,45	
Fundición Columna	m3/h	7:00 - 7:59	3	0,42	0,98	0,88	1,04	1,03	1,23	
Fundición Placa entrepiso	m2/h	7:00 - 7:59	0,38	0,43	0,48	0,4	0,63	0,4	0,45	
Fundición Vigas	m3/h	7:00 - 7:59	0,16	1,62	0,98	0,39	0,12	0,27	0,59	
Pega Ladrillo farol	m2/h	7:00 - 7:59	2,99	1,9	1,65	1,51	1,24	1,17	1,74	
Pintura en Interiores	m2/h	7:00 - 7:59	2,55	10,39	6,79	5,17	7,43	7,21	6,59	
Instalacion Placa Drywall	m2/h	7:00 - 7:59	3,6	0,22	2,04	4,3	3,4	2,17	2,62	
Revoque en Interiores	m2/h	7:00 - 7:59	1,55	1,6	7,27	3,17	0,82	2,34	2,79	

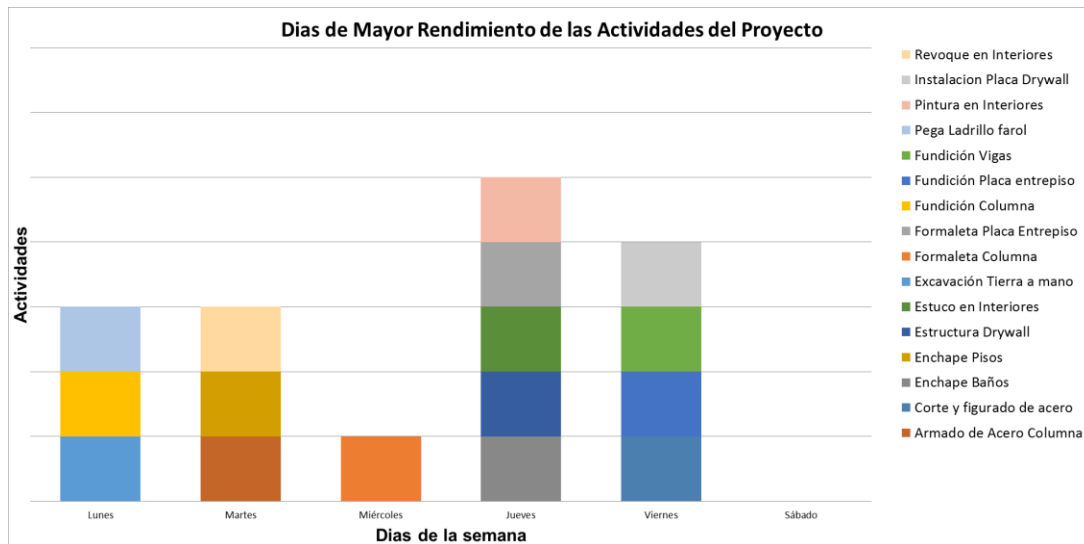
Tabla 25 Resumen picos mínimos actividades analizadas
Fuente: Elaboración propia, archivos de Excel

En la *Tabla 25* se observa el día de menor rendimiento para las actividades analizadas, siguiendo el ejemplo anterior para la actividad fundición de columna el día de menor rendimiento es el martes con un valor de $0,42 \text{ m}^3/h$, mientras que para la actividad revoque en interiores el día de menor rendimiento es el viernes con un valor de $0,82 \text{ m}^2/h$. así mismo en la tabla están consignados los valores mínimos por día y semana para las diferentes actividades.



Gráfica 21 Hora de picos mínimos de rendimiento para las diferentes actividades
Fuente: Elaboración propia

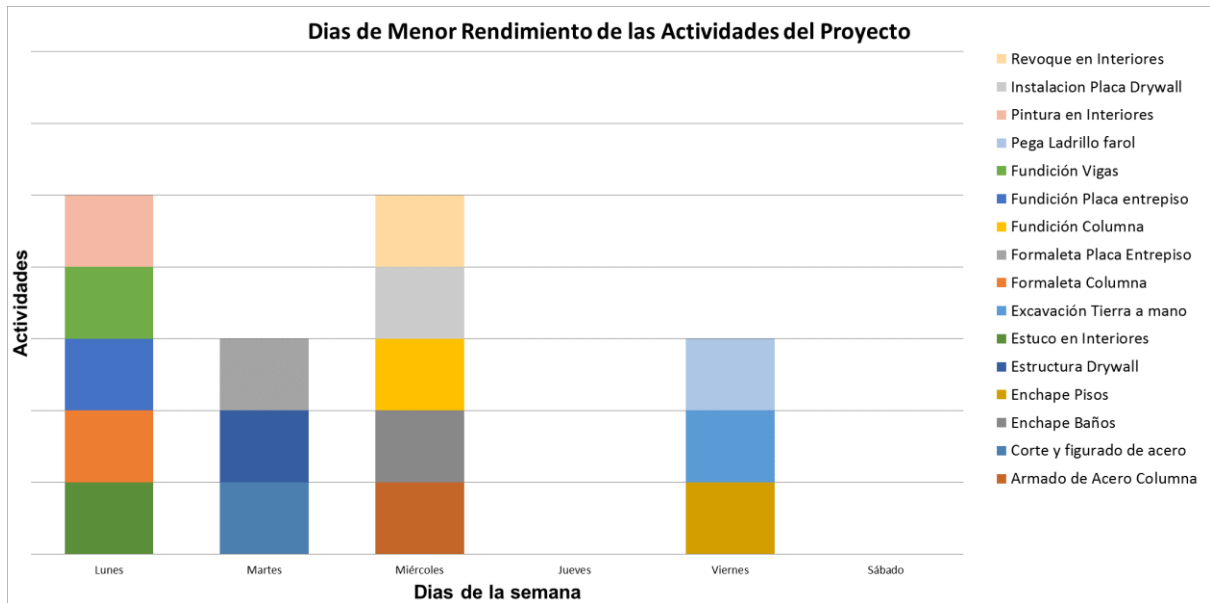
La gráfica muestra lo descrito en el cuadro anterior, siendo para la actividad fundición de columna el día martes el menor rendimiento, se complementa diciendo que el intervalo horario de menor rendimiento es entre (7:00- 7:59)



Gráfica 22 Días de mayor rendimiento para las diferentes actividades
Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el gráfico anterior el día de mayor rendimiento para las actividades pintura en interiores, fundición placa entrepiso, estuco en interiores, enchape baños y pintura en interiores es el jueves; para las actividades corte y figurado de acero, excavación de tierra a mano, fundición vigas e instalación placa drywall es el viernes, los miércoles para formaleta columna, los martes para armado acero columna, enchape pisos y revoque en interiores y, finalmente, los lunes para pega ladrillo farol, fundición columna y corte y figurado de acero.

Se puede determinar entonces que el día más productivo de la semana es el jueves.



Gráfica 23 Días de menor rendimiento para las diferentes actividades
Fuente: Elaboración propia

Por último, Podemos visualizar que los días donde se encuentra el menor rendimiento son lunes y miércoles con 5 actividades en cada uno y los días martes y viernes con 3 actividades cada uno, en general el día sábado no es representativo en este análisis pues los datos son insuficientes por ser un día de media jornada laboral.

Es de suma importancia recalcar que los diferentes picos, tanto máximos como mínimos se deben a las condiciones de obra y en otros casos, como el de picos mínimos a las ausencias parciales de los obreros que marcan el rendimiento, es así como si el oficial inicia una labor y se retira, por ejemplo para desayunar ese tiempo muerto de trabajo afecta la cantidad de obra realizada, otro factor que mediante la observación se determinó como influyente es la ausencia del material o las herramientas en obra, lo que genera que los trabajadores pierdan tiempo en otras actividades que no agregan valor.

Conclusiones

El análisis permitió determinar cuáles son las variables que afectan el rendimiento de la Mano de obra en el Municipio de Armenia para las actividades analizadas. Inicialmente se



evaluaron 26 actividades en 18 obras, sin embargo, como no todas las obras usaban el mismo sistema constructivo o no se encontraban en el mismo punto de avance, cuando llego el momento de reunir las actividades no fue posible obtener suficientes datos para realizar la regresión múltiple de todas las actividades, a razón de que cuando se construían las matrices y se corrían en el modelo, no se permitía avanzar por insuficiencia de datos, es decir, se presentaba Multicolinealidad y redundancia en las variables, por lo que todas eran eliminadas.

Se procedió entonces a trabajar con 15 actividades que presentaron datos suficientes y que al correrlas en el STATGRAPHICS CENTURION XV generaron un modelo donde se obtuvieron valores de P-Value y R^2 adecuados en la mayoría de actividades (para el p- Value valores menores al 10% y para el R^2 valores superiores al 50%).

Aquellas actividades fueron: Armado Acero Columna, Corte y figurado de acero, Enchape de baño, Enchape piso, Estructura de Drywall, Estuco interior, Excavación, Formaleta placa entrepiso, Formaleta columna, Fundición placa entrepiso, Fundición vigas, Fundición columnas, Pega ladrillo farol, Pintura en interiores y Revoque interior.

Teniendo en cuenta lo anterior cuando se hizo el procesamiento de la información a través del programa y se procedió a analizarlo se permitió establecer que las variables de afectación más representativas en el rendimiento de la mano de obra en la construcción de edificaciones en el Municipio de Armenia son: la complejidad alta, con 9 repeticiones, seguido de la experiencia con 6 repeticiones, luego el clima soleado, la cuadrilla C012, el tipo de contrato y la complejidad media con 5 repeticiones cada una, finalmente el Ingeniero, las cuadrillas C010, C011 y la supervisión con 4 repeticiones cada.

Además de eso, la metodología estadística aplicada permitió ver que no se presentó el caso 1, que es varianza igual a cero, por lo que se pudo realizar el análisis de las actividades.

De manera que para determinar las variables que influyen en el rendimiento para cada uno de los modelos primero se aplicó la metodología y se procesó la información en el software STATGRAPHICS CENTURION XV, después se realizó el filtrado óptimo (opción que da el programa) para poder descartar las variables que no aportaban mayor información, soportando con este argumento que los resultados obtenidos y consignados en este trabajo son los más adecuados y tienen la menor probabilidad de error.

De allí se determinaron los intervalos de predicción para poder conocer los valores entre los que oscilan los rendimientos de las diferentes actividades y con este obtener el rendimiento promedio horario para cada una de las actividades confiable.

De modo que después se elaboraran las curvas de rendimiento horario diario correspondientes a cada actividad analizada en el programa, para que más adelante fuera posible comparar el rendimiento de los días registrados con respecto a su mediana. También se diseñaron las gráficas de rendimiento promedio horario diario, en las que se puede visualizar el rango en el que puede oscilar el rendimiento medio de cada una de las actividades con base en sus límites superior e inferior calculados con respecto a su desviación estándar, dando paso a emplear esta información en la construcción de las curvas de rendimiento semanal, donde se visualizan los picos máximos y mínimos de rendimiento para cada una de las actividades de la semana así:

- Actividad fundición de columna, con pico máximo es el día lunes con un valor de

$$3.8m^3/h$$

- Actividad revoque en interiores el pico máximo de rendimiento es el martes con un valor de $13,09 \text{ m}^2/\text{h}$, Este rendimiento tan alto puede deberse a que en ocasiones las cuadrillas aumentan su tamaño para acelerar la terminación de la actividad, debido a la superposición de tareas que implica que deben terminarse rápidamente unas actividades para iniciar otras, además, teniendo en cuenta que es una actividad que se refiere a acabados el trabajador ha desarrollado una mayor habilidad en este punto.
- La actividad fundición de viga tiene un valor máximo de $2.62 \text{ m}^3/\text{h}$, que se presenta el día viernes, en el intervalo horario de (10:00- 10:59).

Inclusive permite conocer el día de menor rendimiento para las actividades analizadas, en este caso para la fundición de columna sería el martes con un valor de $0,42 \text{ m}^3/\text{h}$, mientras que para la actividad revoque en interiores sería el viernes con un valor de $0,82 \text{ m}^2/\text{h}$. así mismo en la tabla están consignados los valores mínimos por día y semana para las diferentes actividades.

También determina el día de mayor rendimiento para las actividades, por ejemplo el jueves es el mejor día en actividades como la pintura en interiores, la fundición placa entepiso, el estuco en interiores, el enchape baños y la pintura en interiores es el jueves; el viernes lo es para actividades de corte y figurado de acero, excavación de tierra a mano, fundición vigas e instalación placa drywall, por su parte el día miércoles se evidenciaba pisos y revoque en interiores y, finalmente, el lunes para pega ladrillo farol, fundición columna y corte y figurado de acero. Como resultado de ello, se identifica que el día más productivo de la semana es el jueves.

En cuanto a los días de menor rendimiento resaltan los lunes y miércoles con 5 actividades cada uno, seguido de los días martes y viernes con 3 actividades cada uno, no obstante el día sábado no es representativo en este análisis pues los datos son insuficientes por ser un día de media jornada laboral.

Finalmente, el proceso de recolección de la información necesaria que permitió la construcción de los intervalos de predicción de los rendimientos y de las gráficas de rendimiento diario y semanal con las cuales se lograron identificar los días de la semana con mayor y menor productividad, requirió de un tiempo estimado de 102 y 584 horas, 102 que corresponden a la actividad con menor consumo horario, es decir el enchape de baños y 584 a la que más tiempo demandaba, es decir el estuco en interiores.

Recomendaciones

Es importante que se continúe con este tipo de trabajo y que pueda hacerse extensivo a mas regiones del país, ya que, independientemente de donde se ubiquen las obras se requiere tener un grado aceptable de certeza con respecto a los rendimientos para todo lo relacionado con presupuestos y programación, inclusive si es posible se aumentar el alcance del proyecto poniendo todas las variables representativas para las diferentes regiones y culturas laborales (para el caso que nos atañe la MO de la construcción no es la misma para todos, ni el manejo de los tiempos) es factible manejar unos intervalos de predicción que permitan generar unos intervalos numéricos fiables para poder obtener unos rendimientos esperados adecuados que sirvan para el propósito principal. Todo se reduce al hecho de que en la construcción el tiempo es dinero de allí la importancia que se deriva del aporte de este trabajo y de su continuidad.

Con base en esta experiencia es vital que para futuros proyectos de este tipo no solo se evalúe la bibliografía para determinar las variables a usar, ya que muchas de ellas no son representativas y por lo tanto cuando se ingresa la matriz al programa generan redundancia y

duplicación de datos, lo que altera los resultados, sino que también, tal y como se hizo en el presente trabajo, es necesario revisar previamente las obras a visitar para terminar de confirmar de manera visual y directa si todas esas variables realmente ameritan un análisis, ya que también muchas de ellas se pueden verificar mediante la observación.

Para estudiar de manera particular cada proyecto se debe tener en cuenta desde el principio que las obras en lo posible tengan los mismos sistemas constructivos (se entiende que en ocasiones esto no es viable por la diversidad de obras y los tiempos de las muestras), sin embargo es importante recalcar que lograrlo genera una mayor variabilidad en los datos, lo que es positivo para el análisis, así mismo se debe establecer (como en este trabajo) el alcance de cada actividad para que la información al momento de ser unificada tenga las mismas medidas y condiciones en cada una, eso aumentara significativamente los valores de confiabilidad y reducirá al mismo tiempo los porcentajes de incidencia en el error.

Referencias Bibliográficas

- American Psychological Association. (2010). *Publication Manual of the American Psychological Association. Sixth Ed.*. Recuperado de la página web Apa Style: http://flash1r.apa.org/apastyle/basics/index.htm?_ga=2.225397145.2088017743.1494425934-1125829032.1485401051
- Baena, C. & Garcia, C. (2015). Determinación de las Variables que Afectan el Rendimiento de la Mano de Obra en la Construcción de Edificaciones en el Municipio de Armenia. Etapa 2. Universidad del Quindío
- Bakar M. & Khurshid, B. (2014). *Analysis of Labour Productivity of Road Construction in Pakistan. International Journal of Engineering and Advanced Technology.* Recuperado de: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.677.6086&rep=rep1&type=pdf>

- Benjumea, B., Muñoz, A & Quintero, P. (1996). Estudio, Evaluación y Elaboración de Rendimientos Reales de Mano de Obra en las Edificaciones que se construyen en el Quindío. Armenia, Quindío.
- Bernstein, H. M. (2003). *Measuring productivity, and industry challenge*. Recuperado de: <http://www.engr.uky.edu/~rsouley/CE%20120/12/Measuring%20Productivity%20And%20Industry%20Challenge.pdf>
- Botero, L. (2002). *Análisis de rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción*. Recuperado de: <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/843>
- Botero, L. & Álvarez, M. (2004). *Guía de Mejoramiento Continuo para la Productividad en la Construcción de Proyectos de Vivienda*. Recuperado de: <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/864/770>
- Carlson, N. (1982). *Time rates tighten their grip on manufacturing industries*. Monthly Labor Review. Recuperado de: <https://www.bls.gov/opub/mlr/1982/05/art3full.pdf>
- CDT. (2013). *Análisis de la productividad en Obras de Edificación en Chile*. Recuperado de: <http://www.cdt.cl/download/1436/>
- Consuegra, G. (2002). *Presupuestos de Construcción*. Bogotá: Bhandar Editores Corporativo. (2008). *Código Sustantivo del Trabajo y Código Procesal del Trabajo y de la Seguridad Social*. Legis Editores S.A.
- DANE. (2016). *Indicadores Económicos alrededor de la Construcción para el cuarto trimestre de 2016*. Recuperado de: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib_const/Bol_ieac_IVtrim16.pdf
- DANE. (2017). *Gran Encuesta Integrada de Hogares -GEIH- Mercado Laboral diciembre 2016 – febrero 2017*. Recuperado de: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/ech/ech/Presentaciones_dic16_feb_2017.zip
- Doloi, H. (2007). *Twining Motivation, Productivity and management strategy in construction projects*. Recuperado de: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10429247.2007.11431738>

- Gonzalez, J. (1992). *Seguridad Industrial (Seguridad Ocupacional)*. Armenia.
- García, P. & Hurtado, J. (2015). Determinación de las Variables que Afectan el Rendimiento de la Mano de Obra en la Construcción de Edificaciones en el Municipio de Armenia. Etapa 4. Universidad del Quindío
- García, A., Sánchez, A., González, P., Conradi, E., & López, J. (2004). *Manual de Dirección y Organización de Obras*. Madrid.
- Gómez, J., Cruz, R., Otálvaro, H., & Agudelo, O. (1995). *Manual de la Construcción*. Bogotá.
- Goodrum, P. & Haas, C. (2004). *Long-Term Impact of Equipment Technology on Labor Productivity in the U.S. Construction Industry at the Activity Level*. Recuperado de: [http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2004\)130%3A1\(124\)#sthash.MFqB19Gh.dpuf](http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)0733-9364(2004)130%3A1(124)#sthash.MFqB19Gh.dpuf)
- Hurtado, T., García, M., Salcedo, G. & Galvis, D. (2006). *Estadística Básica Explorando con los Datos*. Bogotá: Conceptos Gráficos Ltda. Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Gladys_Salcedo/publication/272176266_Estadistica_Basica_Explorando_con_los_datos/links/552295320cf2a2d9e14570ea/Estadistica-Basica-Explorando-con-los-datos.pdf
- James, J. (1993). *Construction Estimating: An accounting and productivity approach*, second edition. Bradley University; Adrian and associates president.
- Martínez, J. & Montoya, L. (2015). Determinación de las Variables que Afectan el Rendimiento de la Mano de Obra en la Construcción de Edificaciones en el Municipio de Armenia. Etapa 5. Universidad del Quindío.
- Medina, M., Armenteros, M., Guerrero, L., & Barquero, J. (2012). *Las Competencias Gerenciales desde una Visión Estratégica de las Organizaciones: Un Procedimiento para su identificación y Evaluación del Desempeño*. Revista Internacional Administración y Finanzas.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (1997). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente. NSR-10. Título I – Supervisión Técnica*. Recuperado de: <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/9titulo-i-nsr-100.pdf>

- Muñoz, M. (2011). *Cartilla para la Elaboración de Costos y Presupuestos de Obra Civil*. Bogotá, D.C.: Facultad Ciencias del Hábitat.
- Polanco, L. (2009). *Análisis de Rendimientos de Mano de Obra para Actividades de Construcción – Estudio de Caso Edificio J*. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana.
- Polania, L., Echeverry, J., & Pulgarín, R. (2009). *Procesos de Control Integral Fase de Planeación y Control*. Armenia.
- Polania, L., Hurtado, H. & Valencia, N. (2011). Modelo para la determinación de los intervalos de predicción para el rendimiento de la mano de obra en la construcción. Armenia, Quindío: Universidad del Quindío
- Portafolio. (2017). *Tasa de desempleo subió en febrero y se ubica en 10,5 por ciento*. Recuperado de: <http://www.portafolio.co/economia/empleo/tasa-de-desempleo-en-febrero-de-2017-504487>
- Revista BIT. (2001). *Índice de productividad en la construcción: ¿mito o realidad?*
- Ribera, R. A. (2013). *El salario a rendimiento en el sector de la construcción. Modelo para determinar el precio óptimo y el precio máximo a pagar por un trabajador a destajo*. Recuperado de: <http://www.tdx.cat/bitstream/10803/113768/2/tarr.pdf>
- Rodríguez, C. (1999). *El Nuevo Escenario: La cultura de Calidad y Productividad en las Empresas*. México: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente
- Rojas, E. & Peerapong, A. (2003). *Closure to "Is construction labor productivity really declining?"*. Recuperado de: [http://ascelibrary.org/doi/full/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2005\)131:2\(270\)](http://ascelibrary.org/doi/full/10.1061/(ASCE)0733-9364(2005)131:2(270))
- Rojas, M. (2006). *Administración para Ingenieros*. Bogotá D.C.: Ecoe Ediciones.
- Salgado, S. & Yepes, O. (2015). *Determinación de las Variables que Afectan el Rendimiento de la Mano de Obra en la Construcción de Edificaciones en el Municipio de Armenia*. Etapa 6. Universidad del Quindío.
- Shashank K., Sutapa, H. & Nath, K. (2014). *Analysis of Key Factors Affecting the Variations of Labour Productivity in Construction Projects*. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. Recuperado de: http://www.ijetae.com/files/Volume4Issue5/IJETAE_0514_26.pdf
- Solís, R., Martínez, J. & González, J. (2009). *Estudio de caso: demoras en la construcción*

- de un proyecto en México*. Recuperado de:
http://www.revista.ingenieria.uady.mx/volumen13/estudio_caso.pdf
- Stiedl, D., Brudefords, U & Shone, M. (2003). *Tasas de productividad para la construcción basada en mano de obra*. Lima: OIT/Oficina Subregional de los Países Andinos.
- Sung H., Thomas, S. & Tucker, R. (2005). *Benchmarking of Construction Productivity*. Recuperado de: [http://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2005\)131:7\(772\)](http://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/(ASCE)0733-9364(2005)131:7(772))
- Vanegas, J., & De la Cruz, J. (2015). Determinación de las Variables que Afectan el Rendimiento de la Mano de Obra en la Construcción de Edificaciones en el Municipio de Armenia. Etapa 1. Universidad del Quindío.
- Valencia. (2011). Diseño de una metodología para la realización de un estudio que soporte una base de datos de consumos y rendimientos de mano de obra para el sector de la construcción en el departamento del Quindío.
- Vigoya, M. & Jaramillo, E. (2015). Determinación de las Variables que Afectan el Rendimiento de la Mano de Obra en la Construcción de Edificaciones en el Municipio de Armenia. Etapa 3. Universidad del Quindío
- Watkins, M., Mukherjee, A., Onder, N., & Mattila, K. (2009). *UsiBased Modeling to Study Construction Labor Productivity as an Emergent Property of Individual an Crew Interactions*. *Journal of Construction Engineering an Management*.