

**ASISTENCIA TÉCNICO - ADMINISTRATIVA PARA EL SOPORTE
DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD ISO 9001
EN OBRAS DE RUITOQUE CONDOMINO, URBANAS S.A.**

GABRIEL SANTIAGO OTERO LUNA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FISICO- MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2005

**ASISTENCIA TÉCNICO - ADMINISTRATIVA PARA EL SOPORTE
DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD ISO 9001
EN OBRAS DE RUITOQUE CONDOMINO, URBANAS S.A.**

GABRIEL SANTIAGO OTERO LUNA

**Informe de la práctica empresarial para optar por el título de
Ingeniero Civil**

Director

GUILLERMO MEJÍA AGUILAR

Ingeniero Civil, Msc.

Tutor

JAVIER ERNESTO CONCHA

Ingeniero Civil

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FISICO- MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA**

2005

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

Dios.

A Toda mí querida familia, en especial a mis padres y hermanas.

A la Universidad Industrial de Santander, nuestra alma mater

A la compañía URBANAS S.A. por brindarme la oportunidad de realizar la práctica empresarial y participar en el desarrollo de sus proyectos de construcción.

A los Ingenieros y Arquitectos de la empresa Urbanas S.A, por el apoyo, respaldo, confianza y aportes brindados en el transcurso de la práctica empresarial que aportaron significativamente a mi formación como ingeniero.

Ingeniero Guillermo Mejía Aguilar, docente universitario y director de la práctica, por su incondicional apoyo y acompañamiento en el proceso.

Dra Natalia Otero, gerente de CAMACOL Santander, por la colaboración prestada en la adquisición de la información para el desarrollo del proyecto.

A todos los maestros que participaron en mi formación ética y profesional en el transcurso del proceso educativo.

A todos mis compañeros y amigos por su excepcional apoyo y compañía en las distintas etapas de formación y aprendizaje.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	2
1. GENERALIDADES Y AMBITO DE LA PRÁCTICA EMPRESARIAL	4
1.1 URBANAS S.A.	4
1.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS.....	5
1.3 DESCRIPCIÓN DE OBRAS DONDE SE REALIZÓ EL CONTROL AL S.G.C.	7
ALCANTARILLADO	8
2. ACTIVIDADES TÉCNICO ADMINISTRATIVAS DESARROLLADAS	32
2.1 SOPORTE DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD EN OBRA.....	32
2.1.1 Planificación de calidad en obra	32
2.1.2 Control de los equipos de medición y ensayo	38
2.1.3 Aseguramiento de la calidad en la ejecución de las actividades	41
2.1.4 Elaboración y organización de las actas de comité de obra.....	44
2.1.5 Control en el manejo de materiales	44
2.1.6 Aseguramiento de calidad en proceso de contratación.....	46
2.1.7 Control y seguimiento de pruebas y ensayos	48
2.1.8 Auditorias internas	64
2.2 ACTIVIDADES DE APOYO ADMINISTRATIVO Y DE SUPERVISIÓN DE OBRA.....	65
3. ÁMBITO DEL ESTUDIO SOBRE EL CONSUMO DE MANO DE OBRA	72
3.1 DESCRIPCIÓN Y GENERALIDADES DEL ESTUDIO	72
3.2 PRODUCTIVIDAD EN LOS PROCESOS INDUSTRIALES	73
3.2.1. Reseña histórica	74
3.2.2 La construcción como sector productivo	78
3.3 OBRA SELECCIONADA.....	81
3.3.1 Elección de la obra a estudiar	81
3.3.2 Descripción de la obra elegida para el estudio	81
3.4 SELECCIÓN DE ACTIVIDAD A MEDIR	83
3.4.1 Descripción del método de selección.....	84
3.4.2 Descripción del presupuesto de obra.....	84
3.4.3 Resultados del proceso de selección.....	84
3.5 DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD A MEDIR	87
3.5.1 Especificaciones de diseño y construcción	88

3.5.2	Construcción de vías internas.....	89
3.5.2.1	Movimiento de tierras menor.....	91
3.5.2.2	Replanteo y conformación de subrasante.....	94
3.5.2.3	Armado formaleta	97
3.5.2.4	Pavimento rígido.....	102
3.5.2.5	Construcción de sardineles.....	117
3.5.2.6	Corte de juntas.....	118
3.5.2.7	Sellado de juntas.....	119
3.5.3	MODELOS GRÁFICOS.....	122
3.5.3.1	Modelo gráfico secuencia de operaciones	123
3.5.3.2	Modelo gráfico secuencia de procesos.....	124
3.5.3.3	Modelo gráfico secuencia de tareas	125
3.5.3.4	Modelo gráfico secuencia de actividades	126
4.	DESCRIPCIÓN DEL METODO UTILIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS CONSUMOS.....	127
4.1	BASE DE TRABAJO.....	128
4.1.1	Procedimiento desarrollado.	129
4.1.2	Método de trabajo.....	129
4.2	NORMALIZACIÓN DEL CONSUMO	130
4.2.1	Teoría del consumo de mano de obra	130
4.2.2	Factores que afectan un rendimiento o consumo.....	132
4.2.3	Evaluación de los factores de afectación	142
4.3	FORMULARIO PARA CAPTACIÓN DE DATOS	145
4.3.1	Descripción del formulario	146
4.3.2	Tabla referencia evaluación.....	148
4.3.3	Campos del formulario.....	148
5.	EJECUCIÓN Y RESULTADOS DEL ESTUDIO DE MEDICIÓN	151
	DE CONSUMOS DE MANO DE OBRA	151
5.1	ACTIVIDADES PRELIMINARES	151
5.1.1	Selección de la obra.	151
5.1.2	Selección de la actividad.	151
5.1.3	Levantamiento y descripción de la actividad a medir.....	152
5.1.4	Tomador de datos.....	152
5.1.5	Preparación de la captación de datos.	152
5.2	CAPTACIÓN DE DATOS.....	153
5.2.1	Procedimiento usado para el cálculo del tamaño de la muestra.....	153

5.2.2 Determinación del tamaño de la muestra.....	155
5.3 PROCESAMIENTO DE DATOS.....	156
5.4 ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS.....	161
5.5 METODOLOGÍA PLANTEADA PARA MEDIR CONSUMOS EN OBRA.....	165
6. CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES	169
BIBLIOGRAFÍA	172

ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1. MEMORÍAS DE CÁLCULO DEL DISEÑO DE VIAS	174
ANEXO 2. FORMATO CONTROL INDICADOR DE CALIDAD.....	177
ANEXO 3. FORMATO CONTROL DESPERDICIO CONCRETO VÍAS.....	178
ANEXO 4. TABLA REFERNCIA PARA CALIFICACIÓN DE FACTORES	179
ANEXO 5. FORMATO DISEÑADO PARA TOMA DE DATOS.....	180
ANEXO 6. PLANO DETALLE DE VÍAS DEL CONJUNTO COLINA DE YERBABUENA.....	181
ANEXO 7. FORMULARIOS DILIGENCIADOS EN EL MUESTREO.....	182
ANEXO 8. HOJA DE CÁLCULO USADA EN EL PROCESAMIENTO DE DATOS.....	183
ANEXO 9. PROGRAMA DE OBRA MONTADO EN MICROSOFT PROJECT	184
ANEXO 10. ANALISIS DE COSTOS POR ACTIVIDAD URBANISMO COLINA DE YERBABUENA.....	185
ANEXO 11. ANALISIS DE DATOS MEDIDOS PARA EL CÁLCULO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA	186

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Resumen cantidades de muros en tierra construidos en la montaña	16
Tabla 2. Resumen de resultados obtenidos del estudio de costo de las actividades	86
Tabla 3. Escala de eficiencia de rendimientos.	131
Tabla 4. Valoración de los rendimientos	143
Tabla 5. Porcentaje de afectación a la productividad según el grupo	144
Tabla 6. Cuadro para conversión de puntajes a porcentajes de afectación	145
Tabla 7. Tabla de Mundel para cálculo del número de mediciones.	155
Tabla 8. Resumen consumos medidos y obtención del número de observaciones	156
Tabla 9. Consumos obtenidos en el muestreo.	157
Tabla 10. Límites de eficiencia de una actividad apta a medir	162
Tabla 11. Análisis de consumos sin normalizar	163
Tabla 12. Análisis de consumos normalizados	164

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Vista Obra Colina de Yerbabuena, vía 1.	8
Figura 2. Sistema de presión constante, Colina de Yerbabuena	11
Figura 3. Detalle casa tipo plana, Colina de Yerbabuena.	13
Figura 4. Detalle terrazas urbanismo la montaña	15
Figura 5. Detalle muros en tierra la montaña	16
Figura 6. Detalle fundida de vías la montaña	17
Figura 7. Detalle Movimiento de tierras loma puyana	20
Figura 8. Vista lateral edificio Hoyo 19	21
Figura 9. Vista estructura gimnasio, Hoyo 19.	22
Figura 10. Vista Cubierta metálica gimnasio, Hoyo 19.	23
Figura 11. Vista Frontal edificio Hoyo 19	24
Figura 12. Vista Sitio de disposición de sobrantes.	25
Figura 13. Ampliación capilla Condominio	26
Figura 14. Box Culvert En tubería American Pipe de 67 “	27
Figura 15. Movimiento de tierras en conformación de vía cima colina.	27
Figura 16. Ampliación malla vial, instalación de pavimento asfáltico.	28
Figura 17. Derrumbe via acceso al condominio, K2+270	29
Figura 18. Movimiento del deslizamiento, en via de acceso K2+270	30
Figura 19. Obras estabilización talud via de acceso, K2+270.	31
Figura 20. Canales de drenaje construidos en talud via de acceso K2+270	31
Figura 21. Instalaciones del laboratorio de la empresa	48
Figura 22. Ensayo de densidades con densímetro nuclear, en rellenos de muros en tierra armada.	50
Figura 23. Ensayo de Proctor modificado	51
Figura 24. Tamices del laboratorio para el ensayo de granulometría	52
Figura 25. Control de temperatura al pavimento extendido.	53
Figura 26. Fabricación de moldes para ensayo de marshall.	54

Figura 27. Toma de muestras de concreto	55
Figura 28. Elaboración de viguetas para ensayo a flexión.	57
Figura 29. Curado de las muestras de concreto	57
Figura 30. Curado de las muestras de concreto	59
Figura 31. Detalle tintas usadas en ensayo	62
Figura 32. Aplicación de limpiador a la soldadura.	63
Figura 33. Aplicación de tinta penetrante a la soldadura.	63
Figura 34. Efecto de aplicación de tinta reveladora.	63
Figura 35. Minicargador adquirido por la empresa.	68
Figura 36. Retroexcavadora propiedad de la empresa.	69
Figura 37. Dibujo sección típica vía interna Colina	88
Figura 38. Movimiento tierras menor vía interna colina.	92
Figura 39. Cuadrilla de replanteo de vías interna colina	95
Figura 40. Tramo instalado formaleta	97
Figura 41. Colocación formaleta	98
Figura 42. Detalle Hierro refuerzo vías.	101
Figura 43. Detalle sección de vía.	102
Figura 44. Descargue concreto vías	105
Figura 45. Corte y nivelación concreto	107
Figura 46. Allanado superficie losa	109
Figura 47. Biselado de los bordes de la losa	112
Figura 48. Texturizado realizado mediante el escobeador.	113
Figura 49. Detalle fisuras aparecidas en las losas.	117
Figura 50. Detalle construcción de sardineles	118
Figura 51. Cortador utilizada en los cortes de las juntas.	119
Figura 52. Instalación Sikarod en juntas de vías.	120
Figura 53. Aplicación del sellante. Sikaflex para juntas de vías	121
Figura 54. Detalle acabado final de vías internas Colina	122
Figura 55. Modelo gráfico secuencia de operaciones	123
Figura 56. Modelo gráfico secuencia de procesos	124
Figura 57. Modelo gráfico secuencia de tareas	125
Figura 58. Modelo gráfico secuencia de actividades	126

GLOSARIO

ACCIÓN CORRECTIVA: Una acción emprendida para eliminar las causas de una no-conformidad, defecto u otra situación no deseable existente con el propósito de evitar que vuelva a ocurrir.

ACCIÓN PREVENTIVA: Una acción emprendida para eliminar las causas de una no conformidad, de un defecto u otra situación no deseable potencial, para evitar que ocurra.

ACTIVIDAD: Serie de acciones, desplazamientos y esperas, ejecutadas en forma continua y metódica, por una cuadrilla de uno o varios obreros, con el fin de producir, adecuar o ensamblar materiales, con la ayuda de herramientas o equipos, para adelantar un proceso constructivo. La actividad debe ser completa, bien sea cerrando un ciclo, terminándola completamente, acabando la obra o permitiendo la iniciación de una nueva actividad.

ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD: Sistema interno de una empresa que permite asegurar a los clientes un nivel de calidad previamente pactado. Cubre todas las áreas directamente relacionadas con la producción o prestación del servicio y se extiende a los proveedores y distribuidores.

AUDITORÍA DE CALIDAD: Procedimiento riguroso y sistémico para revisar el estado de funcionamiento de un sistema de gestión de la calidad en una empresa. Debe ser llevado a cabo por un auditor de calidad y contempla dos tipos de trabajo: la auditoria de suficiencia para comprobar la completitud del modelo de gestión de la empresa con relación a la norma ISO9000 y la auditoria de cumplimiento para comprobar que la empresa está aplicando lo que dice que hace en su manual de la calidad.

CALIBRADO: Estandarizar las cantidades de un instrumento de medida.

CERTIFICACIÓN DE LA CALIDAD: Certificado entregado por una entidad certificadora internacional reconocida y acreditada que reconoce como resultado de las auditorias de

suficiencia y cumplimiento que la empresa posee un sistema de gestión de la calidad que está funcionando a cabalidad.

CICLO: Repetición de cierto número de acciones dentro del método para ejecutar una actividad.

CONFORMIDAD DE CALIDAD: El grado en que el producto o servicio cumple con los requerimientos especificados.

CONSUMO DE MANO DE OBRA: Cantidad de recurso humano, expresado en horas-Hombre, empleado por una cuadrilla de uno o varios obreros de diferente especialidad, para ejecutar completamente una cantidad unitaria de una determinada actividad de construcción. Es el inverso matemático del rendimiento.

CONTROL DE LA CALIDAD: Las técnicas y las actividades operacionales que se usan para cumplir los requisitos de calidad. El control de la calidad comprende las técnicas y las actividades operacionales destinadas al aseguramiento de un proceso y a eliminar las causas de desempeño no satisfactorio en todas las etapas del ciclo de la calidad para así lograr la eficiencia económica.

DURACIÓN: Lapso de tiempo transcurrido entre la iniciación de una actividad y su terminación completa.

EFICACIA: Capacidad del método o procedimiento para ejecutar una actividad, de cumplir su cometido.

EFICIENCIA: Característica del método o procedimiento para ejecutar una actividad, que lo hace óptimo por el mínimo consumo de los recursos, tiempo y costo, o por el máximo rendimiento de los mismos. La ejecución de una actividad puede hacerse utilizando diferentes métodos eficaces, con distintos grados de eficiencia, pero solo uno de ellos será el más eficiente respecto a alguno de los recursos.

EVIDENCIA OBJETIVA: Información cuya veracidad se puede demostrar, con base en hechos obtenidos a través de la observación, la medición, el ensayo u otros medios.

FACTORES DE AFECTACIÓN: Conjunto de condiciones y/o circunstancias que de alguna manera pueden afectar la normal ejecución de una actividad

GESTIÓN DE CALIDAD: Función de la administración general de una organización que tiene por objeto definir la política de calidad y suministrar los recursos para su aplicación

IMPLEMENTAR: Llevar a cabo una directriz.

INSPECCIÓN: Una actividad tal como medir, examinar, ensayar o comparar con un patrón una o más características de una entidad, y confrontar los resultados con requisitos especificados para así establecer si se logra la conformidad para cada característica.

MANUAL DE CALIDAD: Un documento que enuncia la política de calidad y que describe el sistema de calidad de una organización. **Notas complementarias:** Documento de trabajo de circulación controlada que resume las políticas, misión, visión, organigrama, funciones relacionadas con la calidad y nivel de responsabilidades competente, enuncia los procedimientos e instrucciones de trabajo de una empresa. Forma parte de la metodología de trabajo de la norma ISO9000, norma ISO10013 complementaria.

MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD: Las acciones emprendidas en toda la organización, para incrementar la eficacia y la eficiencia de las actividades y los procesos para suministrar los beneficios agregados tanto para la organización como para sus clientes.

MUESTRA REPRESENTATIVA: Una muestra de un producto o servicio que posea todas las características del lote del que se ha tomado.

NO CONFORMIDAD: El no cumplimiento de un requisito especificado. La definición se aplica a la desviación o a la ausencia de una o varias características relativas a la calidad en relación con los requisitos especificados.

PLAN DE CALIDAD: Un documento que enuncia las prácticas, los recursos y la secuencia de las actividades relacionadas con la calidad, que son específicas a un producto, un proyecto o un contrato en particular. **Notas complementarias:** Planes elaborados para definir cómo se conseguirán, controlarán, asegurarán y dirigirán los requerimientos de calidad especificados para proyectos o contratos específicos en empresas de servicios de consultoría.

PLANIFICACIÓN DE LA CALIDAD: Las actividades que establecen los objetivos y los requisitos de calidad así como los requisitos para la aplicación de los elementos del sistema de calidad

POLÍTICA DE CALIDAD: Las directrices y los objetivos generales de una organización con respecto a la calidad, expresados de manera formal por la alta gerencia. Notas complementarias: los propósitos generales en cuanto a calidad, en que se fundamenta una organización expresados formalmente por la Alta Gerencia

PROCESO PRODUCTIVO: Posee varias entradas, se realiza una transformación y produce varias salidas de las cuales por lo menos una es valorada, apreciada por un cliente.

PROVEEDOR: Una persona o compañía que suministra productos o servicios a un comprador.

REGISTRO: Un documento que suministra evidencia objetiva de las actividades efectuadas o de los resultados alcanzados.

RENDIMIENTO DE MANO DE OBRA: Cantidad de obra de una actividad, completamente ejecutada por una cuadrilla, conformada por uno o varios obreros de diferente especialidad, por unidad de recurso humano (hora-Hombre).

REPARACIÓN: La acción emprendida respecto a un producto no conforme, para que cumpla los requisitos de uso previstos aunque no cumpla los requisitos especificados originalmente.

REPROCESO: La acción emprendida respecto a un producto no conforme, para que cumpla los requisitos especificados

REQUERIMIENTOS DE CALIDAD: Aquellos requerimientos que se refieren a las funciones y características de un producto o servicio, los cuales se requieren cumplir para satisfacer las necesidades establecidas.

SEGUIMIENTO: La capacidad de seguir la historia, aplicación, uso y localización de un artículo concreto o de sus características a través de números de identificación registrados.

SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD (S.G.C.): Sistema de calidad dentro del contexto de la norma ISO9000 representa la estructura, responsabilidades, procedimientos, procesos y recursos organizacionales para llevar a cabo la gestión de calidad.

SUB-CICLO: Repetición de algunas acciones dentro de un ciclo en el método para ejecutar una actividad. Pueden presentarse nuevos sub-ciclos dentro de un sub-ciclo.

TRATAMIENTO DE UNA NO CONFORMIDAD: La acción emprendida respecto a una entidad no conforme, con el propósito de resolver la no conformidad

TRAZABILIDAD: La aptitud para rastrear la historia, la aplicación o la localización de una entidad por medio de identificaciones registradas.

VALIDACIÓN: Conformación mediante examen y aporte de evidencia objetiva de que se han cumplido requisitos particulares respecto de un uso específico previsto.

VERIFICACIÓN: Confirmación mediante examen y aporte de evidencia objetiva de que se han cumplido los requisitos particulares respecto de un uso específico previsto.

RESUMEN

TÍTULO:

ASISTENCIA TÉCNICO-ADMINISTRATIVA PARA EL SOPORTE DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD ISO 9001 EN OBRAS DE RUITOQUE CONDOMINO, URBANAS S.A.¹

AUTOR:

OTERO LUNA, Gabriel²

PALABRAS CLAVES

Control de calidad, Mejora continua, Mano de Obra, Rendimiento, Consumo, Factores de afectación, Productividad.

DESCRIPCIÓN

El objetivo de este informe es presentar las actividades desempeñadas en el desarrollo de la practica empresarial con la empresa constructora URBANAS S.A. en las obras ejecutadas en Ruitoque Condominio. Básicamente los primeros capítulos corresponden al informe y descripción de las actividades ejecutadas durante la práctica en el cumplimiento de los objetivos planteados al iniciar este proceso, los siguientes tres capítulos describen y presenta el estudio realizado, que se estableció como el aporte de la practica empresarial. Este estudio consiste en la medición de rendimientos y consumos de la mano de obra para una actividad seleccionada.

Para realizar la medición de los rendimientos se eligió una de las obras ejecutada por la empresa en Ruitoque y dentro de esta obra se seleccionó una actividad, siguiendo un criterio adecuado, en cuanto al grado de importancia de la actividad sobre el proyecto. La metodología para la recolección de los datos se realizó en base a un estudio desarrollado por el SENA y CAMACOL Antioquia en el año 2000, con algunas modificaciones para adaptarlas a las condiciones de la obra y a los objetivos planteados. Como resultado de los cambios realizados se diseña un formato y se propone un procedimiento como punto de partida para futuras mediciones.

Es importante que estos esfuerzos conjuntos entre los sectores académicos y productivos se sigan desarrollando con miras a mejorar la competitividad del sector de la construcción en nuestro departamento, garantizando el progreso técnico y económico de la región.

¹ Proyecto de grado en la modalidad de práctica empresarial

² Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil. Ing. Guillermo Mejía

ABSTRACT

TITLE:

TECHNICAL-ADMINISTRATIVE ATTENDANCE FOR THE SUPPORT OF THE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM ISO 9001 IN RUITOQUE CONDOMINIUM PROJECTS, URBANAS S.A.¹

AUTHOR:

OTERO LUNA, Gabriel²

KEY WORDS:

Control of quality, continuous Improvement, Manual labor, Yield, Consumption, Factors of affectation, Productivity.

DESCRIPTION:

The objective of this report is to present the carried out activities in the development of the enterprise practices, with the construction company, URBANAS S.A. in works executed in Ruitoque Condominium. Basically the first chapter correspond to the report and description of the activities executed during practices in the fulfillment of the established objectives at the beginning of the process. The next three chapters describes and presents the made study, that was settled down as the contribution of practice. This study consists on the measurement of yields and consumptions of the manual labor for a selected construction activity.

In order to make the measurement of the yields, one of the works executed by the company in Ruitoque was chosen and inside this work one activity was selected, following a adapted criterion, in consideration with the importance level of the activity in the project. The methodology for the gathering data one became on the basis of a study developed by the SENA and CAMACOL Antioquia in the year 2000, with some modifications to adapt this, to the conditions of the work and the established objectives. As result of the maden change, a format was designed and a procedure was propose, like a departure point for future measurements.

Is important that these common efforts between the academic and productive sectors will continue developing, with the intention of improve the competitiveness of the construction sector in our department, guaranteeing the technical and economic progress of the region.

¹ Degree Project in the enterprise practical modality

² Physical-mechanical Engineer Faculty, Civil Engineering, Eng. Guillermo Mejia

INTRODUCCIÓN

La empresa constructora Urbanas S.A. es consciente de que la implementación de un sistema de Gestión de Calidad, según los lineamientos establecidos por la norma NTC-ISO 9001 versión 2000 es una necesidad para mantenerse competitiva en el mercado y lograr el liderazgo en el sector.

Este sistema exige un soporte no solo en la parte administrativa de la empresa sino en su actividad principal que es la construcción. En razón a lo anterior se requiere del personal adecuado en obra para que desempeñe labores de apoyo junto al ingeniero residente de forma que se garantice el cumplimiento de los requisitos de la norma.

Para desarrollar esta labor la empresa Urbanas S.A. solicitó un estudiante de último semestre de Ingeniería Civil, el cuál se encargará de garantizar y revisar el cumplimiento de los lineamientos y requisitos establecidos por Sistema de Gestión de Calidad de la empresa, para el desarrollo de los procesos de construcción en las Obras de Ruitoque Condominio, las cuáles anteriormente no contaban con esta clase de apoyo.

Uno de los enfoques para el desarrollo e implementación de un sistema de gestión de calidad comprende, el establecer y aplicar los métodos necesarios, para medir la eficacia y eficiencia de cada proceso.

La construcción es un sistema productivo, dentro del cual se desarrollan procesos y operaciones de transformación de los insumos para la creación del producto final. Los procesos requieren de la interacción de recursos, estos recursos en el caso de la construcción son: materiales, herramientas o maquinarias, mano de obra, entre otros. El rendimiento de la mano de obra influye de gran manera en la eficiencia de los procesos constructivos. Es por esto que su estudio y medición aporta sustancialmente en el mejoramiento de la productividad e industrialización de los procesos constructivos, los cuales deben caracterizarse por la eficiencia en la administración de los recursos para

completar un proyecto específico, dentro de un plazo establecido y con los estándares de calidad fijados.

En el desarrollo de este informe se expone la metodología seguida en la medición de los consumos de la mano de obra y el análisis de los resultados obtenidos, para una actividad seleccionada, que hace parte de una de las obras ejecutadas por la empresa Urbanas S.A., en Ruitoque Condominio.

El presente estudio de rendimientos de mano de obra para las actividades constructivas, pretende ser un punto de partida en el departamento de Santander, para la formación de una base de datos, válida, completa y confiable. Desarrollada a partir de una metodología sistemática para la recolección de datos en observaciones reales y el desarrollo de análisis estadísticos, que consideren las condiciones particulares de las mediciones.

1. GENERALIDADES Y AMBITO DE LA PRÁCTICA EMPRESARIAL

1.1 URBANAS S.A.

URBANAS S.A. es considerada como una organización líder y ampliamente reconocida en Santander a través de la construcción de grandes edificaciones y obras de urbanismo que han contribuido al desarrollo económico de Bucaramanga y su área metropolitana durante el siglo XX.

El siglo XXI, es un siglo de grandes cambios y exigencias por parte del mercado que obliga a las empresas a estar preparadas con herramientas de gestión que permitan optimizar sus procesos y productos para mantener y mejorar las ventajas competitivas frente a las demás de tal forma que se garantice la conformidad de sus clientes para asegurar la continuidad y beneficio de las diferentes partes interesadas.

Estas son las razones que han motivado al Comité Gerencial de Urbanas hacia la implementación de un Sistema de Gestión de la Calidad según los lineamientos establecidos en la norma NTC-ISO 9001 versión 2000.

PRINCIPALES PROYECTOS

- Urbanismo: en los barrios Sotomayor, Puyana y Cabecera de Llano, incluyendo obras viales como la carrera 27 entre la Puerta del Sol y Parque de los Niños, carrera 33 entre calles 56 y 34. Parte de la urbanización de Pan de Azúcar, Cañaveral, Tejar Moderno, la urbanización industrial de Chimitá y la autopista Bucaramanga-Floridablanca.
- Vivienda de Interés Social: Barrio Campo Hermoso, El Poblado, El Rincón de Girón, Pan de Azúcar bajo, y diversos programas con el instituto de Crédito Territorial.
- Multifamiliares: Cabecera I, II, III etapas, Villa del Sol, Los Viñedos, Torres de Cañaveral I, II, Unidad Residencial Cabecera del Llano y Casa Hacienda.

- Construcciones a terceros: Universidad Autónoma de Bucaramanga Campus del Jardín, Polideportivo del barrio Terrazas, Facultad de medicina. Universidad Santo Tomás Edificio 25 años, Instituto Caldas, Cenfer, Almacenes EL VIVERO de Bucaramanga y Cúcuta.
- Centros Comerciales y Almacenes Comerciales: Centro Comercial Cabecera I, II,III, IV, V etapa, Centro Comercial Cañaveral, Almacenes LEY de Cabecera y Cañaveral.
- Vivienda unifamiliar y multifamiliar: Construcciones de hasta 5 pisos en los sectores anteriormente mencionados y en otras localidades de la ciudad.
- Ruitoque Condominio: Proyecto a nivel internacional donde se desarrolla una de las mejores urbanizaciones del país y del mundo, ubicada en el área metropolitana de Bucaramanga en una exclusiva zona campestre.

1.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS

Todas las actividades programadas en el plan de trabajo se ejecutaron bajo la directa tutoría de Javier Ernesto Concha, Ingeniero Civil, residente de obra en el proyecto La Montaña, en los aspectos relacionados con la ejecución y soporte del sistema de gestión de calidad de la empresa Urbanas S.A. en los procesos de construcción para las obras ejecutadas por la empresa constructora en Ruitoque Condominio.

El cargo desempeñado en la empresa es Ingeniero Auxiliar de obra, este puesto inicialmente se encontraba bajo el mando del departamento de construcciones pero a causa de modificaciones realizadas en el transcurso de la práctica, el cargo paso a formar parte del departamento de control e interventoría de la empresa, esta acción se realizo con intenciones de obtener mejoras en el control sobre los procesos constructivos sin que haya dependencia de este departamento.

Algunas de las actividades desarrolladas se fundamentaron en el control de los procedimientos de calidad establecidos por el sistema de gestión de calidad de la empresa Urbanas S.A. (S.G.C), certificada por el Icontec en la Norma Técnica ISO-9001:2000, en el año 2003. Un resumen de dichas actividades se describe a continuación:

- Control de calidad y trazabilidad de los materiales más importantes utilizados en la construcción de las obras
- Control en la calibración e inspección de los equipos de medición y ensayo.
- Control y seguimiento de los productos no conformes en los materiales y en las actividades de la obra
- Acompañamiento en la realización de las auditorias internas por parte de la empresa para la evaluación de estado del sistema de gestión de calidad en las distintas obras de Ruitoque.
- Auditoria y seguimiento permanente al cumplimiento de los requisitos establecidos en el plan de calidad de cada obra.
- Soporte y manejo del software montado en la empresa para el manejo de productos no conformes y acciones pendientes, “REQUEST”.
- Seguimiento y control en la operación y mantenimiento de la maquinaria de la empresa en las Obras de Ruitoque Condominio.
- Planificación de los procedimientos y controles de calidad para el desarrollo de las obras.
- Aplicación del procedimiento de contratación en obra.
- Participación en auditorias internas, de evaluación en el cumplimiento al sistema de gestión de calidad.
- Actualización de sistema de calidad en obra.
- Implementación de nuevos formatos.
- Seguimiento en registro y soporte histórico de controles de calidad en los procedimientos constructivos.
- Control y apoyo en el procedimiento de contratación civil.
- Apoyo en la evaluación del desempeño de los contratistas.

1.3 DESCRIPCIÓN DE OBRAS DONDE SE REALIZÓ EL CONTROL AL S.G.C.

En esta sección se realizará una breve descripción de las obras donde se efectuaron los diferentes trabajos de la práctica empresarial dentro de Ruitoque condominio, en las obras construidas por la empresa Urbanas S.A.

PROYECTO COLINA DE YERBABUENA

Área bruta total del conjunto aproximada: 46.130,79 m².

N° de lotes: 40

Área promedio de 505.5 mts² por lote.

Área construida casa tipo de 252.84 mts².

Costo total según presupuesto: 4.905' 310.064

Fecha de inicio del proyecto: 30 de Junio del 2004

Fecha de entrega programada: 30 de Noviembre del 2005

El proyecto comprende la construcción del urbanismo interno del conjunto, y construcción de 12 casas completamente terminadas.

Las obras del urbanismo a construir son: Movimiento de tierras y conformación de las terrazas, Construcción vías en concreto, andenes, sardineles, zonas comunes, portería, red de distribución de agua, construcción de tanque de agua potable, construcción de tanque eyector de aguas negras, construcción alcantarillado sanitario y pluvial, construcción de canaletas para el manejo de las aguas, construcción de cajas domiciliarias de aguas negras y lluvias de los 40 lotes, construcción de domiciliarias de agua potable, construcción de red eléctrica y de comunicaciones subterránea, Instalación del sistema de bombeo y equipos de presión constante de agua potable, y bombeo de aguas negras.

Adicionalmente se construyó un muro en tierra reforzada de 4 m de altura y de 35 m de longitud para contener el talud posterior de un lote.

Figura 1. Vista Obra Colina de Yerbabuena, vía 1.



ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCION DE LAS ZONAS COMUNES Y URBANISMO.

ALCANTARILLADO

El conjunto posee un sistema de alcantarillado separado de aguas lluvias y negras cumpliendo con lo establecido por las normas de la CDMB.

AGUAS NEGRAS: La red principal se encuentra construida en tubería de gres y de novafort (para el caso de zonas en que el suelo tiene baja capacidad portante, es decir se instalo tubería de gres en zonas de corte y de Novafort en zonas de relleno) de diámetro 8 pulgadas, rellenos en tierra debidamente compactados, pozos de inspección de 1.2 mts con cilindro en mampostería, base y cañuela en concreto, corona y tapa en concreto. La red principal desagua hasta un pozo eyector ubicado en la parte baja del talud frente al lote 22 y de allí, es bombeado hasta otro tanque eyector ubicado en predios del conjunto Altos de Yerbabuena donde mediante otro sistema de bombeo envía las aguas residuales de ambos conjuntos hasta un pozo de inspección ubicado en Altos de Yerbabuena, el cual desagua por gravedad al sistema general del condominio.

Adicionalmente se entregan las acometidas para cada lote en tubería de 6 pulgadas hasta una caja ubicada en la parte posterior o anterior de los lotes según sea la topografía del predio.

BOMBEO DE AGUAS NEGRAS: Como se describió anteriormente el sistema de alcantarillado sanitario desagua hacia la parte baja del conjunto a un tanque subterráneo que mediante un sistema de bombas impulsa las aguas hacia el tanque ubicado en el conjunto de Alto de Yerbabuena.

El sistema consta de 2 electrobombas sumergibles marca HIDROMAC de 5.0 HP trifásicas instaladas con pedestal especial que permite el fácil sacado de las mismas para realizar el mantenimiento, doble sello mecánico carbón/cerámica, sistema de protección de cámara de aceite, tortillería en acero inoxidable. El sistema es controlado por un tablero de control eléctrico marca SIEMENS, que consta de un totalizador, dos selectores de tres posiciones, dos bombillos de señalización, un alternador automático, cofre metálico y una alarma sonora para indicar un alto nivel en el tanque.

AGUAS LLUVIAS: La red principal se encuentra construida en tuberías de gres y novafort de diámetros iguales o superiores a 10 pulgadas, rellenos en tierra debidamente compactados, pozos de inspección de 1.2 mts de diámetro con cilindro en mampostería, base y cañuela en concreto, corona y tapa en concreto. Las aguas lluvias recogidas desaguan en diferentes zonas hacia el humedal entregadas por unos cabezotes en concreto que poseen cajas desarenadoras las cuales recogen el material fino arrastrado. Se encuentran construidas canaletas en concreto según requerimiento de diseño, principalmente en las coronas de taludes, para recoger las aguas y evitar la erosión y el arrastre del material, estas desaguan hacia los cabezotes en su mayoría o en pozos de lluvias aledaños.

Adicionalmente se entregan las acometidas para cada lote hasta una caja ubicada en la parte posterior o anterior de los lotes según su topografía.

ACUEDUCTO: Se encuentra construida la Red de acueducto en tubería PVC Presión de Unión Mecánica, la acometida del conjunto con medidor de control e hidrante contra incendio ubicado en la zona de acceso al conjunto cercano a la portería del conjunto.

La red interna del conjunto posee un tanque de almacenamiento de agua construido con un volumen de 51.3 m³ y un cuarto de bombas compuesto por un equipo de bombeo de presión constante conformado por:

- Tres motobombas marca PEDROLLO de 5.5 HP de potencia y 95 GPM por bomba, construcción standar en hierro fundido, impulsor en bronce eje en acero inoxidable, soportado por rodamientos, anillo de fricción en bronce y sello mecánico en cerámica y grafito, motor eléctrico marca PEDROLLO expresamente dimensionado de tipo asincrónico de elevado rendimiento, silencioso, cerrado con ventilación externa apto para el servicio continuo. Diámetro de succión 3" e impulsión de 6"
- Dos tanques hidroacumuladores marca HIDROFLO de 300 litros de capacidad, cuerpo del tanque construido en lámina Cold Rolled de alta resistencia, membrana flexible, recambiable anti-contaminante en butyl flexible del mismo tamaño del tanque, válvula de inyección para precarga de aire.
- Tablero de control eléctrico automático – Manual – Aditivo marca Siemens compuesto de: 3 arrancadores directos con respectivos relej de protección contra sobrecarga y marcha en dos fases, 3 selectores OFF-AUTO-MANUAL, un interruptor ON- OFF, tres bombillos de señalización, un programador electrónico LOGO, todo esto dentro de un cofre metálico.
- Accesorios de interconexión hidráulicos y eléctricos.

Todo preensamblado con tubería de succión de 3 ", uniones flexibles tubería metálica, de 3 ". Manómetros 0-200 psi, Presostatos y flotador de mercurio, válvulas de pie de 3 ".

Este sistema con el fin de garantizar la presión adecuada para todos los equipos del hogar y del conjunto.

La red de acueducto va hasta la caja de contadores de cada vivienda y se instala hasta el registro de corte.

Descripción del sistema de bombeo: El tanque subterráneo contiene el volumen de consumo de agua necesario para el consumo de un día de todos los residentes del conjunto (40 casas),

En el cuarto de máquinas que se encuentra junto al tanque, encontramos el sistema de presión constante compuesto por los equipos mencionados anteriormente.

El tanque es abastecido por una acometida ubicada en la portería desde la red principal, el tiempo calculado de llenado es de aproximadamente 10 horas, esto es controlado por un sistema de flotadores el cual corta el paso cuando el tanque alcanza un determinado nivel, de allí el sistema de presión constante se encarga de distribuir por la red interna del conjunto, con la presión necesaria, el agua hasta los aparatos hidráulicos de las casas.

Figura 2. Sistema de presión constante, Colina de Yerbabuena



AREA SOCIAL

Se construye una zona social la cual consta:

- Kiosco cubierto en madera machimbre y teja plana, con baños enchapados.
- Jacuzzi
- Zona Bar- BQ.

PORTERÍA: Localizada entre la vía de entrada y salida del conjunto, totalmente cubierta en madera y machimbre, con teja plana. Esta compuesta por: Área de celadores con Baño, contiene la consola de citofonía, oficina de administración, portón mecánico para entrada y salida de vehículos manejado desde la zona de celadores. Instalaciones para la llave de riego.

VÍAS, ANDEN INTERIOR Y ZONAS VERDES: Las vías vehiculares y los sardineles se encuentran construidas de pavicrete, tipo MR-36 reforzado de espesor 12cms. Las vías poseen juntas aproximadamente cada 3 mts longitudinalmente y 3 mts transversalmente. Los andenes se encuentran contruidos en concreto con resistencia de 2500 psi y un espesor de 7cms.

La vía cuenta con sumideros laterales con rejillas metálicas (ubicados de acuerdo a la pendiente de recolección aguas lluvias).

Los andenes son perimetrales a la vía vehicular interior, los sardineles están empalmados de la misma manera.

El proyecto cuenta con 6 bahías de parqueaderos para visitantes ubicadas en zonas cercanas a las casas: 33 , 34 , 38, 24 , 9 y 11, además en los extremos de las vías cuenta con redondas para el retorno de los vehículos ubicadas al frente de las casas 38 , 21 y 13.

El conjunto tiene un corredor compuesto por huellas fabricadas en piedra y concreto que recorren toda la zona del humedal partiendo de la glorieta ubicada en la portería, pasando por un acceso peatonal ubicado en medio de las casas 28 y 29, y finalizando en la zona social.

Las zonas verdes cuentan con canaletas de recolección de aguas lluvias, construidas en concreto de 2500 P.S.I. Igualmente todos los cambios de nivel entre casa y casa se manejan naturalmente con taludes.

RED DE GAS NATURAL: La red de gas es abastecida por la red proveniente de la avenida Ruitoque. Esta Red exterior fue instalada y probada por Metrogas S.A. E.S.P.

Se entrega el anillo interior de distribución de gas del conjunto compuesto por tubería de polietileno de ¾ “ con un tapón a la entrada de cada lote.

REDES ELÉCTRICAS Y DE COMUNICACIONES: Acometida subterránea en media tensión hasta el transformador de distribución. Las redes de baja tensión en ducto, caja y cableado. Redes de comunicaciones subterráneas en ducto, caja y cable multipar desde el armario general de la portería hasta los tableros de distribución parciales, ubicados en diferentes sitios del conjunto. Alumbrado comunal de las vías internas y zonas verdes del conjunto.

Figura 3. Detalle casa tipo plana, Colina de Yerbabuena.



URBANISMO LA MONTAÑA

Fecha de inicio: 26 de Noviembre del 2004

Fecha programada de entrega: 30 de noviembre del 2005

Descripción general: Ejecución del movimiento de tierra y obras de urbanismo del sector conocido como SA-35. Incluye además la construcción de las redes de alcantarillado de aguas lluvias y negras, red hidráulica y de gas, redes eléctricas y de comunicaciones, vías internas incluyendo andenes y sardineles, portería, zona social y la empedradización de las zonas comunes.

Estrato Objetivo: 06

Área Total Terreno 87.370,31 M2

Área Vendible: 46.300,48 M2

Número de Lotes: 56

Costo según presupuesto: 4.170'.091.081

Descripción de los lotes: Lotes con áreas desde 659 m2 hasta 3.062 m2. Existen lotes planos y lotes con terrazas internas. Las diferencias de nivel entre lotes contiguos se manejan con taludes 1:11/2. La pendiente posterior de los lotes con varias terrazas es del 7%.

Descripción Obras de Urbanismo Interno:

Movimiento de tierra general del conjunto para conformar lotes y vías internas.

Construcción de muros en tierra armada en la terraza posterior de los lotes 1-13, 31-24, 43-34.

Construcción red de alcantarillado sanitario, el cual termina en un tanque eyector que impulsa hacia las redes de alcantarillado existentes dentro del condominio.

Construcción del alcantarillado pluvial que desagua en la cañada colindante al conjunto.

Construcción de la red de acueducto provista de un tanque subterráneo de almacenamiento de agua y un sistema de bombeo.

Construcción de la red de gas interna del conjunto.

Construcción de la red eléctrica subterránea en baja tensión con ducto y cableado conectadas a las redes de Ruitoque e.s.p

Construcción de la red de comunicaciones subterránea en ducto, caja y cable multipar desde el armario general de la portería hasta los tableros de distribución parciales, ubicados en diferentes sitios del conjunto, conectada a las redes externas de telebucaramanga, ubicadas dentro del condominio.

Alumbrado comunal de las vías internas y zonas verdes del conjunto.

Construcción de las vías internas del conjunto en pavimento rígido con sus respectivos andenes y sardineles.

Construcción de la portería, kiosco con piscina y jacuzzi.

Empradización de las zonas comunes internas del conjunto.

Figura 4. Detalle terrazas urbanismo la montaña



A continuación se presentan las cantidades más significativas de obra, para tener una idea de la magnitud del proyecto:

Cantidades ejecutadas en el movimiento de tierra:

Cortes: 42155 m³

Excavación en roca: 567.2 m³

Cargue y transporte de material: 34483.04 m³

Relleno compactado a máquina: 50003 m³

Cantidades de Muros en geotextil construidas

A continuación se resumen las cantidades de muros en tierra reforzada construidas en el proyecto para la conformación de las terrazas. Las cantidades se clasifican según la altura de los muro

Tabla 1. Resumen cantidades de muros en tierra construidos en la montaña

H (m)	Cant (m ³)
1-2	9.39
2.2-3.1	115.42
3.2-4.1	1276.03
4.2-5.1	2252.6
5.2-6.1	957.1
6.2-7.1	833.8

Figura 5. Detalle muros en tierra la montaña



Vías a internas:

Las vías internas son construidas en concreto, según diseño realizado, que se muestra en el **Anexo 1**. Para la distribución de las juntas se realizó su respectiva modulación de manera que cumplieran con los requisitos de distribución. Para la construcción se fabricaron 400 ml de formaleta metálica, diseñada especialmente siguiendo los requerimientos constructivos. Se utilizó para el corte y extendida del concreto, la regla vibratoria, y el allanado fué realizado con el uso de la llana de mango largo, el curador se aplico con bomba fumigadora. El labrado se realizo mediante cepillo metálico.

Se construyeron 9300 m² de vías internas para el desarrollo del urbanismo.

Figura 6. Detalle fundida de vías la montaña



Cantidades de redes hidráulicas:

Se construye la red interna de distribución de agua potable de una longitud aproximada de 1500 ml en tubería de pvc Unión Z de 6", 4", 3", 2".

Cantidades de alcantarillado:

Sanitario: Longitud total de redes de alcantarillado aproximada de 1496 ml construida en tubería Novafort de 8" y gres de 6". y de 8".

Construcción de 32 pozos de inspección diámetro 1.2 m

Pluvial: construcción de redes de aguas lluvias, con longitud total de 1492 ml en tubería de gres, novafort, y novalock de diámetros 8", 10", 12", 16" y 24 ".

Construcción de 18 sumideros SL-200, y 4 SL- 400.

Un total de 30 pozos de inspección de aguas lluvias de diámetro 1.2 m

Estado de avance del proyecto: Al corte realizado el día 6 de octubre el avance real del proyecto es del 86% contra un 88% del avance programado, el avance por capítulos es el siguiente:

Movimiento de tierras: 100%

Alcantarillado Aguas negras: 90%

Alcantarillado Aguas lluvias: 92%

Acueducto y gas: 79%

Parques y zonas verdes: 34%

Vías: 33%

Red eléctrica: 19%

URBANISMO LOMA PUYANA

Fecha de inicio: 2 de Mayo del 2005

Fecha programada de entrega: 30 de noviembre del 2005

Descripción general: Ejecución del movimiento de tierra y obras de urbanismo del sector conjunto residencial Loma Puyana, conformado por 16 lotes. Incluye además la construcción de las redes de alcantarillado de aguas lluvias y negras, red hidráulica y de gas, redes eléctricas y de comunicaciones, vías internas incluyendo andenes y sardineles, portería, zona social y la empedramiento de las zonas comunes.

Ubicación del Proyecto: El proyecto está localizado en el condominio Ruitoque de la siguiente forma:

Norte: Campo de golf y represa Guatiguara

Sur: Valle de guatiguara

Oriente: Campo de Golf

Occidente: Conjunto residencial Peñon del Lago.

Estrato Objetivo: 06

Área Total Terreno 17.644 M2

Área Vendible: 7170.53 M2

Número de Lotes: 16

Costo según presupuesto: 559'.414.280

Descripción de los lotes: Lotes dotados con todos los servicios públicos (agua potable, alcantarillado, gas, eléctrico) con área promedio de 400 m², empedrados y con cerramiento natural).

Descripción Obras de Urbanismo Interno: Movimiento de tierra general del conjunto para conformar lotes y vías internas.

Construcción red de alcantarillado sanitario, el cual conecta a un pozo ubicado en el acceso al conjunto y que conecta a la red del condominio.

Construcción del alcantarillado pluvial consistente en una canaleta perimetral a los linderos del proyecto que recoge las aguas lluvias y domiciliarias de todos los lotes entregando a cabezotes ubicados en las afueras del proyecto.

Construcción de la red de acueducto provista de un tanque subterráneo de almacenamiento de agua y un sistema de bombeo.

Construcción de la red de gas interna del conjunto.

Construcción de la red eléctrica subterránea en baja tensión con ducto y cableado conectadas a las redes de Ruitoque e.s.p

Construcción de la red de comunicaciones subterránea en ducto, caja y cable multipar desde el armario general de la portería hasta los tableros de distribución parciales, ubicados en diferentes sitios del conjunto, conectada a las redes externas de telebucaramanga, ubicadas dentro del condominio.

Alumbrado comunal de las vías internas y zonas verdes del conjunto.

Construcción de las vías internas del conjunto en pavimento rígido con sus respectivos andenes y sardineles. Sardineles tipo ruitoque.

Construcción de la portería, administración y cuarto de basuras

Empradización de las zonas comunes internas del conjunto.

Cantidades de actividades más representativas del proyecto:

Cantidades ejecutadas en el movimiento de tierra:

Cortes: 9563.07 m³

Excavación en roca: 651.74 m³

Cargue y transporte de material: 4807 m³

Relleno compactado a máquina: 2485.68 m³

Figura 7. Detalle Movimiento de tierras loma puyana



Vías a internas:

Construcción de 1969.5 m² de vías internas para el desarrollo del urbanismo.

Cantidades de redes hidráulicas:

Se construye la red interna de distribución de agua potable de una longitud aproximada de 832 ml en tubería de PVC Unión Z de 3", 2" Y 1".

Cantidades de alcantarillado:

Longitud total de redes de alcantarillado igual a 722 ml construida en tubería gres de 6", 8", 10" y 12".

Construcción de 481 ml de canaleta de aguas lluvias.

Estado de avance del proyecto: Al corte realizado el día 13 de octubre el avance real del proyecto es del 52% contra un 58% del avance programado, el avance por capítulos es el siguiente:

Movimiento de tierras: 100%

Alcantarillado: 98%

Acueducto y gas: 64%

Red telefónica y eléctrica: 20%

Parques y zonas verdes: 5%

Vías y andenes: 0 %

Red eléctrica: 19%

OBRAS HOYO 19

Fecha de inicio: 2 de Mayo del 2005

Fecha programada de entrega: 31 de octubre del 2005

Costo total: 2262'212.785

Area construida: 2500 m²

Descripción general:

Remodelación y ampliación de la sede social de Ruitoque Country Club. La sede consiste en un edificio de 5 pisos llamado Hoyo 19, donde funcionaba anteriormente la sede administrativa del club ubicada en el quinto piso, y en el piso cuarto se encontraba un salón social para reuniones, los pisos 1, 2 y 3 se encontraban en obra negra.

Figura 8. Vista lateral edificio Hoyo 19



La obra comprende la construcción de las áreas de Restaurante, Bar, Billares, Saunas, Turcos, en los pisos 2 y 3 de la sede de Golf, intervención y remodelación en el cuarto piso, cambios en la fachada general, construcción de tanque y cuarto de maquinas, obras civiles del ascensor y monta cargas, adecuación del quinto piso de la sede administrativa.

Construcción del gimnasio, cancha de squash y mejoramiento del área de piscina con la construcción de dos jacuzzis en la sede del Vergel, del Ruitoque Golf Country Club.

Descripción de obras más significativas

Estructura: Se realizaron anclajes tipo Hilti para construir las ampliaciones en los balcones de 3 pisos. Demolición de placa central interna para fundir placa maciza para el espejo de agua interno en la zona del lobby. Refuerzo de vigas aledañas en placas afectadas. Construcción de pantallas en concreto para contener el suelo en las zonas del piso 1 en el acceso y en la zona del tanque de agua del piso 2, Construcción de terraza oriental y escaleras de acceso a la sede. Refuerzo en la estructura del ascensor y el montacargas. En el gimnasio se construyó la estructura completa comprendiendo la construcción de la cubierta metálica con cerchas y correas en acero. Para la cancha de squash se reforzó la estructura existente y se construyó la cubierta metálica.

Figura 9. Vista estructura gimnasio, Hoyo 19.



Figura 10. Vista Cubierta metálica gimnasio, Hoyo 19.



Equipamiento y construcción zona de Turcos y saunas:

Suministro y montaje del sistema radiación BTU para zonas húmedas hombres y mujeres

Suministro y montaje de 2 boilers generadores de vapor para zonas de turco

Suministro y montaje de 2 cuartos para sauna para hombre y mujer

Los equipos fueron suministrados e instalados por la empresa American steamengineer de Bogota

Obra para del sistema de ventilación, aire acondicionado y congelación:

Cuarto frío de congelación y conservación

Sistema de aire acondicionado tipo split

Sistema extracción cocina

Sistema extracción baños

Los sistemas fueron montados por la empresa Friocol de Bucaramanga.

Suministro e instalación a ascensor y montacargas, el ascensor fue montado y suministrado por la empresa Lucky Global, el montacargas por la empresa Sabogal Ltda.

Equipamiento e instalaciones de la cocina, suministradas e instaladas por Servigas Ltda.

Enchape de pisos en mármol y porcelanato en las zonas sociales, piso en madera para zona de restaurante.

Instalación de cielo raso en Plycen y Dry wall en las zonas de la sede social del club y del gimnasio.

Figura 11. Vista Frontal edificio Hoyo 19



URBANISMO RUITOQUE TERCERA VUELTA

Comprende las obras de mantenimiento y atención de emergencias del Condominio, desarrollo de obras de infraestructura, ampliación de las redes de acueducto, eléctricas, alcantarillado, gas, hasta los conjuntos construidos por urbanas.

Las obras desarrolladas fueron:

- Parcheo de 1150 M2 de la malla vial interna del condominio
- Manejo del sitio de disposición de sobrantes de excavación y construcción.
- Construcción segunda etapa de la capilla del condominio
- Ampliación malla vial
- Mantenimiento preventivos en la vía Rios-Rosales
- Atención de emergencias

Manejo del sitio de disposición de sobrantes de excavación y construcción:

Comprende el manejo de la zona llamada la escombrera, lugar donde se disponen los sobrante de excavación de material no apto para rellenos, también dentro de esta zona se tomaron bancos de préstamo de lo taludes para el material de relleno en el proyecto la montaña.

Las zonas de disposición de escombros se conforma con taludes con inclinaciones 2h:1v y se revegetaliza con siembra directa de hiervas y pastos nativos a los que se les intercala hileras de pasto vetiver cada 2 m sembrada con estolones.

Cada 5 m de altura se realizan bermas de 5 m de ancho con un bombeo interno hacia el cuerpo de la escombrera. Estas bermas son empradizadas y sembradas con arbustos.

Las zonas planas de las bermas se construyen con una pendiente del 3 % para el drenaje de las aguas lluvias hacia el sistema de cunetas perimetrales.

Figura 12. Vista Sitio de disposición de sobrantes.



Se realizan sistemas de drenaje tanto superficiales como sub superficiales, se construyen canaletas perimetrales, además cuentan con sistema de sub drenaje con filtros tipo frances para garantizar la evacuación de aguas lluvias del cuerpo del relleno. El dren se encuentra compuesto por material petreo de hasta 0.2m de diámetro cubierto con geotextil no tejido, la pendiente esta definida por la inclinación del terreno natural

El volumen útil es de 80000 m³ conformados en 4 niveles en un área 14700 m² y una altura de 15 m, actualmente se encuentra en conformación el 2 nivel.

Construcción capilla del condominio

La obra comprende la construcción de la segunda etapa de la capilla de Santo cristo del condominio, se construye la torre de la capilla de 12 m de altura, cubierta en madera, instalación de vitrales, un total de aproximado de área construida de 180 m².

Inicio Obra: Agosto 28 del 2005

Entrega Obra: Diciembre 1 del 2005

Figura 13. Ampliación capilla Condominio



Construcción de la portería triunfo para el acceso al condominio desde la vereda Tres esquinas, construcción de 3 bahías de paraderos de buses en distintas zonas del condomino.

Construcción Box culvert para desvío de la quebrada La Ruitoca y paso de la vía cima colina. El box culvert se construye con tubería american Pipe de diámetro 67 " y 20 m de longitud.

Figura 14. Box Culvert En tubería American Pipe de 67 “



Trabajos de movimiento de tierras para conectar las vías provenientes del conjunto Colina de Yerbabuena y La cima, se deja conformada la subrasante de la vía. Esta vía tiene una longitud aproximada de 1.10 Km

Figura 15. Movimiento de tierras en conformación de vía cima colina.



Ampliación malla vial y redes del condominio:

Se ampliaron tres frente de la malla para acceso a los conjunto loma puyana, colina de yerbabuena y cierre de la vía al conjunto el Baluarte, los trabajos realizados en ellos fueron:

El primer frente fue la ampliación del la malla vial desde el conjunto altos de yerbabuena hasta la portería triunfo, construcción de sardineles, andenes, trabajos de cereado de la vía instalación de base granular de espesor 20 cm y carpeta asfáltica de 7 cm, la longitud de la vía construida fue de 315 ml. Adicionalmente se construyeron sumideros y redes de desague a los pozos de colina de Yerbabuena, se ampliaron las redes de acueducto de 4", de gas, y eléctricas para la conexión al conjunto.

El segundo frente consistió en la ampliación del la malla vial desde el conjunto Peñon del lago hasta la el comienzo del dique de la represa Guatiguara, construcción de sardineles y andenes, trabajos de cerado de la vía instalación de base granular de espesor 20 cm y carpeta asfáltica de 7 cm, la longitud de la vía construida fue de 320 ml. Adicionalmente se construyeron sumideros y redes de desague a los pozos existentes, se ampliaron las redes de acueducto de 3", de gas, y eléctricas para la conexión al conjunto loma puyana.

Los trabajos realizados en el tercer frente, en el Baluarte consistieron en el cierre de la vía y la realización de un volteadero.

Figura 16. Ampliación malla vial, instalación de pavimento asfáltico.



Atención de emergencia en la vía Rios- Rosales.

Trabajos de remoción de derrumbes, construcción y habilitación de vías alternas (desvíos). Relocalización de alumbrado y obra de geotécnica necesarias para la estabilización de taludes y banca de las vías. También se incluyen los movimientos de tierra para las zonas derrumbadas donde se conforman nuevos taludes estables.

Debido a la emergencia invernal en los primeros meses del año se realizaron trabajos en diferentes puntos de la vía de acceso donde se presentaron derrumbes, deslizamientos y caídos de rocas.

Estos sitios fueron: Mirador del oriente, curva las teresitas, Deslizamiento en el K2 +270.

El deslizamiento más importante fue el ocurrido en el K2+270, donde el material deslizado ocupó la vía de acceso y destruyó un muro en gaviones que contenía el talud. Se construyó una vía provisional para el paso de vehículos, el material deslizado fue removido y se conformó el talud, el total de material retirado del derrumbe fue de 25000 m³. Para el control del agua superficial en el talud se construyeron por recomendación del Ing Jaime Suarez canaletas longitudinales a la dirección del derrumbe, con sección de 2m de ancho por 1.5 de profundo para el drenaje del agua superficial con el fin de reducir la infiltración y evitar la erosión por el arrastre. Adicionalmente se realizó, después de conformado el talud, la revegetalización del talud con siembra de prados, de limonaria y hileras de pasto vetiver para mejorar la estabilidad.

Figura 17. Derrumbe vía acceso al condominio, K2+270



Posteriormente se construyeron 5 drenes de perforación horizontal distribuidos en la parte intermedia del derrumbe para el manejo del nivel freático en el talud. Los drenes construidos tenían las siguientes dimensiones: Tres drenes de 35 m de profundidad, uno de 9 m, y uno de 10m. Los drenes fueron hechos con tubería pvc de diámetro de 2” envuelto en geotextil con material granular.

Figura 18. Movimiento del deslizamiento, en vía de acceso K2+270



Los mantenimientos preventivos realizados comprendieron las actividades para el de erosión tales como perfilado de taludes, empradizaciones, y obras de drenaje. Se realizaron canaletas chafarreadas para el control del agua en las coronas de los taludes, además se ejecuto un mantenimiento y reparación de todas las canaletas y desagues existentes en los taludes de las vía de acceso Rios-Rosales.

Figura 19. Obras estabilización talud vía de acceso, K2+270.



Figura 20. Canales de drenaje construidos en talud via de acceso K2+270



2. ACTIVIDADES TÉCNICO ADMINISTRATIVAS DESARROLLADAS

2.1 SOPORTE DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD EN OBRA

En la obras de Ruitoque el nivel de implementación del sistema de gestión de calidad de la empresa, para los procesos constructivos, se encontraba en un estado de poca atención y descuido; debido a esto, la dirección de construcciones determinó necesario designar un responsable para la ejecución del control de calidad en la obras de Ruitoque condominio, teniendo como experiencia satisfactoria la labor desempeñada por otro estudiante en práctica en la obra de Parque Central, en cañaveral. Las labores a desarrollar debían encaminarse a la actualización de los registros en la obras en ejecución, y en la implementación eficaz del sistema de gestión de calidad en los procesos constructivos, para las distintas etapas que conforman los proyectos; siendo estas la planeación, ejecución y resultados.

Durante la práctica se desarrollaron labores en las distintas obras, para el cumplimiento a los requisitos de la norma ISO 9001, en lo referente a la planificación, ejecución, verificación y mejora en los procesos de construcción. A continuación se describen las actividades ejecutadas en el desarrollo del ciclo de mejora continua en las obras para la satisfacción del cliente y el aseguramiento de la calidad final del producto.

2.1.1 PLANIFICACIÓN DE CALIDAD EN OBRA

La planificación de los productos y procesos en base a las necesidades del cliente es un requerimiento vital de la Norma ISO 9001, la planificación se debe hacer con el fin de cumplir con los requisitos citados en el numeral 4.1 de la norma así como con los objetivos de calidad establecidos por la empresa.

En el cumplimiento de la planificación de la calidad en obra, es necesario en la etapa de inicio del proyecto, la realización del plan de calidad de la obra. El plan de calidad incluye la descripción general del proyecto, organización administrativa del proyecto o

equipo de trabajo, alcances del proyecto constructivo, características del proyecto, control de requisitos mínimos en el inicio de la obra, donde se describen los diseños y sus respectivas versiones, se establece además las actividades básicas de control dentro de las cuáles se describen y establecen los mecanismos de control de calidad realizados por los funcionarios de Urbanas; siendo estos los comités de gerencia, comités de obra; identificando los registros y documentación de control para cada actividad crítica.

Además se establecen los reportes oficiales de control, con su respectiva frecuencia, siendo estos entregados al departamento de interventoría para la realización del control de costos y avances de obra.

Como es de esperarse, en este plan se incluye la programación o cronograma de obra, el cuál se montó para todas la obras, en el programa Microsoft PROJECT, herramienta útil para la programación y el control del avance de las tareas. El plan de calidad también incluye el presupuesto de obra, documento esencial para el control y planificación de las actividades, en la obtención de los resultados económicos previstos.

Se establecen, además, los procedimientos para realización de cambios, documentos y registros de control.

Adicionalmente, dentro del plan de calidad se incluye, lo que en consideración, es lo más importante en la planificación de los controles en los procesos desarrollados y materiales utilizados en las actividades de construcción. Este documento comprende la descripción del control de calidad realizado a las actividades de construcción, y la programación del control de calidad en obra en cuanto a pruebas y ensayos se refiere. Esta información es manejada en 2 formatos anexos al plan de calidad de la obra y se organizan en una tabla donde se establece toda la información pertinente. Los formatos diligenciados son el formato Anexo de actividades de construcción y el formato programa de control de calidad en obra.

El formato de actividades de construcción contiene la información de los controles de calidad realizados a cada actividad o proceso desarrollado en la obra, las especificaciones técnicas y de calidad utilizadas en cada proceso, se citan los documentos referenciados para el control de calidad de cada actividad como por ejemplo las normas técnicas colombianas, códigos y manuales del fabricante en el caso de instalaciones especiales, se define además los registros para la validación de los controles realizados siendo estos

en su mayoría el control de ejecución de obra o los distintos formatos para registro de pruebas y ensayos, como también los certificados de calidad de los materiales.

La elaboración de estos anexos es la base de los controles a realizar en el transcurso de las actividades que se ejecuten en el proyecto, es importante para el control de los procesos la definición de los parámetros para garantizar la calidad final en los productos, este anexo se convierte en modelo de referencia y revisión constante, ya que los controles establecido en este son los que deben realizarse y registrarse, para cumplir con los requisitos del sistema de gestión, si esto no se hace es un indicativo, que no se cumple con el ciclo de calidad exigido en la norma ISO:9001. Es por esto que este formato es uno de los documentos más controlados y examinados en las auditorias internas realizadas.

El formato de programación del control de calidad en obra es otro documento de gran importancia, ya que en este se registran y programan las pruebas y ensayos a realizar para los principales materiales usados en la construcción, la calibración de los equipos, verificaciones y pruebas para los trabajos ejecutados, por ejemplo tramos de acueducto o rellenos compactados. La frecuencia de los ensayos es determinada a partir de las exigencias establecidas en las normas vigentes para los ensayos y controles en la construcción. Con el fin de establecer el número total de ensayos se consulta el presupuesto y cantidades programadas de obra.

En el transcurso de la práctica se participó en la realización del plan de calidad en las siguientes obras:

- Hoyo 19: Elaboración del formato de plan de calidad del proyecto, se realizó además la programación de las obras en el edificio Hoyo 19 y el gimnasio para el control de avance y seguimiento de las actividades utilizando el programa Microsoft Project.
- Loma puyana: Elaboración de formato de programación de ensayos, y actividades de construcción de obra.

En las siguientes obras se realizaron las modificaciones y actualizaciones al plan de calidad debido a cambios en las características de las obras, en los diseños, versiones desactualizadas y formatos mal diligenciados

- Colina de Yerbabuena: Se realizó la programación de ensayos y pruebas ya que el formato que se utilizaba no era el correcto, además no se tenían totalizadas las pruebas a realizar. Adecuación del formato de actividades de construcción para el proyecto, ya que los controles especificados no correspondían con los realizados en obra.
- La Montaña: Actualización del formato del plan de calidad, asistencia en la elaboración de la programación de pruebas y ensayos según las actividades a desarrollar en el urbanismo, adecuación de las referencias para las especificaciones de las actividades de construcción.
- Tercera Vuelta: Revisión del plan de calidad y modificación de los controles de calidad según las obras ejecutadas.

En la actualización del plan de calidad también se organizó la documentación necesaria para el cumplimiento de los requisitos de registros, documentos legales y memorias de diseños exigidos dentro del sistema de gestión de calidad de la empresa, muchas obras no contaban con estos, y debieron ser solicitados y obtenidos para posibilitar su consulta en obra. A continuación se mencionan algunos de los documentos:

- Memorias de diseños técnicos aprobados por la empresa de servicios: estructurales, hidráulicos, sanitarios, eléctricos, estudio de suelos etc.
- Planos de urbanismo sellados por planeación municipal.
- Acta inicio de obra autorizado por gerencia.
- Licencia de construcción en obra.
- Especificaciones técnicas y de acabados elaboradas por el departamento de planeación.
- Documento de seguimiento ambiental.

- Resolución ambiental de la CDMB.
- Certificado de disponibilidad de servicios de acueducto alcantarillados y gas de la empresa de servicios.

En cuanto a la revisión de las memorias de los diseños en obra son necesarias con el fin de conocer los parámetros de diseño, tipos de instalación, construcción y recomendaciones.

En el caso de cambios en los diseños estructurales, arquitectónicos, eléctricos, etc., una vez se validen se realiza la respectiva legalización de la modificación en los diseños realizados.

Además de la obtención de estos registros era necesario la revisión y comparación con los procedimientos de obra y productos construidos, debido a diferencias en ciertos aspectos según los criterios inicialmente establecidos. Por ejemplo se encontraron incoherencias entre las áreas establecidas en los planos con las aprobadas en la licencia, también se encontraron que las periodicidades establecidas de controles, por ejemplo las visitas ambientales no eran las que figuraban en el documento de seguimiento ambiental aprobado por la corporación; todas estas situaciones generaban productos no conformes, los cuales eran registrados para su seguimiento y solución como se describe mas adelante.

Los planos en el proceso de construcción son uno de los documentos más importantes para la ejecución de las actividades en base a los resultados obtenidos del proceso de diseño. Estos son la principal herramienta en la construcción de las obras. Para los proyectos realizados por urbanas en las obras de Ruitoque, sean de urbanismos, o construcción de viviendas, el control de estos documentos es esencial como primera medida para garantizar el cumplimiento a los requisitos establecidos con el cliente. Los planos manejados en obras de urbanismo son los siguientes:

- Plano arquitectónico Urbanismo
- Plano niveles de terrazas lotes

- Plano estructural de muros en geotextil
- Planos abscisados para vías
- Planos redes hidráulicas
- Planos redes eléctricas y telecomunicaciones.
- Planos redes sanitarias y pluvial
- Detalle tanque eyector aguas negras y Tanque agua potable
- Plano arquitectónico de zonas comunes: Portería, cuarto basuras, zona social.
- Planos estructurales obras de zonas comunes

En los proyectos de construcción de casas se manejaban los siguientes tipos de planos:

- Planos Arquitectónicos (plantas, cortes, fachadas)
- Planos estructurales
- Planos instalaciones hidráulicas y de gas.
- Planos instalaciones sanitarias
- Planos instalaciones eléctricas y telecomunicaciones.
- Detalles acabados.

En la obras se revisó el registro y control que se llevaba anteriormente para el manejo de los planos, encontrándose en un estado deficiente, ya que en algunas obras no se tenía organizados los planos en forma sistemática, muchos planos no se encontraron, no se tenía secuencia lógica en la clasificación, se encontraron planos obsoletos sin referenciar y confundidos con los vigentes, no se llevaba control sobre los planos entregados a los contratistas y al personal administrativo, no se tenía el registro de los planos y las versiones existentes, en conclusión el control sobre los planos no era el adecuado para garantizar una documentación e información ordenada y actualizada.

En respuesta a lo encontrado, se procedió a la actualización de todos los archivos de los planos de manera que se identificaran y separaran los planos obsoletos y desactualizados de los planos vigentes, se revisaron y registraron todos los planos en el formato de listado maestro de planos de obra, consignando y recopilando las versiones y fechas de recibidos en obra. También se hizo necesario realizar un seguimiento de los planos entregados y conservados por los contratistas para diligenciar el formato de control de entrega de planos en obra, y revisar si la versión de los planos que tenían era la adecuada. Esta labor se realizó en todas la obras en construcción por la empresa en

Ruitoque. En las obras que estaban en etapa inicial se implementó el procedimiento de manejo de planos de manera que se adquiriera el hábito del registro, organización y control de entrega de los planos.

2.1.2 CONTROL DE LOS EQUIPOS DE MEDICIÓN Y ENSAYO

Dentro de los requisitos de la normas ISO 9001, se establece la importancias de asegurar el mantenimiento, revisión y control de todos los equipo de prueba, calibración y cualquier otro, incluyendo moldes, accesorios, plantillas, patrones y programas de computación. Se deberán cumplir los siguientes puntos: Identificar la medición a realizar, identificar y calibrar todos los equipos de pruebas a intervalos regulares de tiempo o uso.

Los principales equipos usados en obra y que requieren de calibración para asegurar la precisión en sus mediciones son:

- Equipos de topografía: Teodolito, estación, mira, nivel, cintas.
- Manómetros
- Densímetro nuclear
- Flexómetros
- Balanzas
- Termómetro

Las balanzas, tamices, termómetro y el densímetro nuclear son equipos de medición usados en el laboratorio de la empresa ubicado en el campamento Base de urbanas en Ruitoque condominio, estos equipos son manejados por el técnico laboratorista Víctor Domínguez encargado de los ensayos de suelos y pavimentos. Las balanzas y tamices son usados para los ensayos de granulometría realizados para la clasificación del suelo, de los agregados de los morteros y concretos, con el fin de realizar un control y caracterización de las especificaciones de los materiales empleados en la construcción de ciertos elementos. El termómetro fue adquirido para realizar el control a los pavimentos asfálticos instalados en las nuevas vías y en los trabajos de reparcho de las vías de acceso del condominio. El densímetro nuclear es un equipo de gran ayuda en la medición en campo y determinación instantánea de la densidad en los rellenos además, de la humedad del suelo, para distintas profundidades o capas.

La empresa cuenta además con un manómetro para las obras de Ruitoque ubicado en la bomba de agua para medir la presión en los ensayos realizados a las redes y tramos de acueducto del conjunto, o en redes externas para conexión o ampliación de la red del condominio.

La labor desempeñada consiste en mantener actuales los registros de calibración de los equipos de medición tanto de la empresa como de los contratistas para todas las obras mencionada anteriormente con el fin de contar con el soporte necesario para certificar el estado adecuado de los equipos. También se llevó el control de la frecuencia de calibración de los equipos de urbanas revisando los periodos ya cumplidos y manifestando la necesidad de actualizar los registros.

Para los equipos externos, como es el caso de los manómetros usados por el contratista encargado de construir las instalaciones hidráulicas y de gas de las casa y edificaciones, por ejemplo RODAR Ltda., en el conjunto colina de yerbabuena, se le solicita el registro de calibración del manómetro usado en las pruebas de presión y los certificados de los laboratorios donde se realizo la respectiva estandarización.

En cuanto a los equipos utilizados para la medición topográfica como son el teodolito, estación, mira, nivel de precisión y cintas, se exige al contratista presentar el registro de calibración y mantenimiento del teodolito, la estación y el nivel de precisión, reportado por un laboratorio debidamente certificado que garantice el buen funcionamiento de los elementos. Este registro de calibración se exige para una frecuencia mínima anual. Adicionalmente el contratista debe realizar una verificación y ajuste de los equipos en obra. En este ajuste se exige la realización una cuadrícula para verificar cierre angula y distancia, el error permitido en esta prueba es el 1cm por cada 10 m, la frecuencia es establecida dependiendo del uso que se vaya a dar a los equipos, en el caso del los trabajos de urbanismo es importante la precisión en los equipos, por tanto se estableció una frecuencia mínima mensual. Además de la prueba de error en el cierre se verifica el nivel de precisión mediante la realización de una nivelación y contra nivelación de mínimo tres puntos, en esta prueba, para que el aparato se encuentre en estado operable, el error debe estar entre (0 -0.02), la frecuencia también se establece de acuerdo al grado de

precisión requerido de los trabajos, y en este caso se designó igualmente una frecuencia mensual.

Para los demás equipos de topografía como la mira y la cinta se realiza la verificación de la medida usando la regla patrón.

Las pruebas de calibración realizadas por el contratista de topografía son supervisadas y revisadas para evitar manipulaciones en los resultados obtenidos.

Dentro de los controles de calibración se desempeño también la actividad de calibración de flexómetros de todo el personal en obra, tanto administrativo como subcontratado. Esta calibración se realizó en las 5 obras que adelantaban trabajos dentro del lapso en que se realizó. La verificación consiste en la comparación de la medida con respecto a la regla patrón adquirida por la empresa para realizar la calibración en todos sus proyectos y debidamente certificada por el ICONTEC. El error máximo admitido es de 1.5 mm en la revisión para considerar que el elemento no es funcional. El rango de precisión de medición de la regla patrón es de 0.5 mm, la regla esta fabricada en un material que no es vulnerable a los cambio de temperatura. Esta revisión se realiza con una frecuencia trimestral y se realizó en el mes de Julio correspondiente al tercer trimestre del año 2005.

Un control adicional realizado, es el chequeo del estado visual de la secuencia numérica en la cinta, ya que debido al desgaste, en gran cantidad de metros los primeros centímetros no se identifican claramente lo que imposibilita el uso de estos para las labores como por ejemplo en la medición del hierro en el figurado. Los flexómetros eran identificados mediante un sello que certificaba la aprobación de la herramienta, aquellos que no cumplían con los requisitos de precisión y funcionabilidad eran confiscados para impedir su uso. Adicionalmente se registraba en el respectivo formatos los datos del usuario de la herramienta y resultados de la comparación con la regla en los 3 primeros metros de la herramienta. Esta verificación fue realizada para las obras: Colina de Yerbabuena, La montaña, Hoyo 19, Loma puyana y Tercera vuelta.

2.1.3 ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN LA EJECUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

Dentro del sistema de gestión de calidad de la empresa constructora Urbanas S.A. el documento que evidencia el control diario de calidad realizado a las actividades y procedimientos de la obra es el formato de control de ejecución de obra.

El formato es utilizado de manera similar a una bitácora del proyecto, en el se anota diariamente las actividades ejecutadas en el proyecto describiendo los controles realizados por parte del supervisor o ingeniero encargado, en cuanto al cumplimiento de los requisitos definidos en el plan de calidad y anexados en el formato de actividades de construcción donde se establecieron los controles de calidad respectivos a realizar para cada actividad de la obra.

Este documento se desarrolla para dar cumplimiento de los requerimientos establecidos por la norma ISO 9001, en los numerales 4.2.4 Control de registros, 7.5.3 Identificación y trazabilidad, 8.2.3 Seguimiento y medición de los procesos, 8.2.4 Seguimiento y medición del producto, 8.3 Control del producto no conforme¹. A continuación se explica detalladamente la correspondencia del formato con estos requisitos de la norma.

Control de registros: la norma ISO 9001 establece la necesidad de conservar y mantener los registros con el fin de evidenciar la conformidad con los requisitos así como la operación del sistema de gestión de calidad. Como se ha mencionado este formato evidencia todos los controles realizados diariamente a las actividades del proceso de construcción, en se puede consultar y verificar que inspecciones se realizaron y como se dio cumplimiento a los controles establecidos en el plan de calidad para cada actividad desarrollada.

Identificación y trazabilidad: Este formato es el medio con que se cuenta en obra para identificar el producto a través de los procesos de transformación, en sus diferentes estados, ya que a partir de este documento puede seguirse la historia, aplicación o localización de todo aquello que está en consideración para aseguramiento de la calidad.

¹ NTC - ISO 9001 – Sistema de Gestión de Calidad

Por ejemplo, en el caso que se requiera hacer seguimiento al producto del proceso de construcción, identificado como Casa, este formato proporciona la historia de los procesos y controles realizados en la obtención y desarrollo del producto, en el se registran las distintas etapas, desde los controles realizados a los rellenos, cimientos, columnas, vigas, y todas las actividades que se desarrollaron a través del tiempo de construcción del producto.

Seguimiento y medición de los procesos: Igualmente el formato es la evidencia del seguimiento diario a los procesos constructivos, en el se registran las inspecciones y verificaciones realizadas a las actividades, también se evidencia el cumplimiento con las especificaciones establecidas en el desarrollo de los procesos de construcción.

Seguimiento y medición del producto: Al igual que los procesos el formato es la herramienta de seguimiento al producto final, en esta se registran las características de este, y se verifica el cumplimiento de los requisitos del mismo. El seguimiento es realizado en las etapas apropiadas del proceso de transformación y realización del producto.

Control del producto no conforme: Este formato es el control diario del producto no conforme para la obra, de acuerdo a la verificación realizada a cada actividad se registra en el cumplimiento de los requisitos, en este formato se detectan y reportan las no conformidades en la columna final del documento, llevando un consecutivo de acuerdo a la aparición de estos.

Como puede observarse este formato es de gran importancia ya que evidencia el control de calidad para los procesos y productos en obra, casualmente era uno de los formatos de menor uso en los proyectos y que más atrasos y errores de implementación presentaba. La participación en este proceso consistió en la revisión y reconstrucción de la información para las obras que no llevaban al día, ni de manera correcta este documento, después de actualizados se implementó el hábito para el uso del formato en todas las obras, para esto se instruía al responsable de esta actividad, en como debía registrarse la información, se realizaron revisiones para confirmar y corregir la realización de esta actividad. Adicionalmente debido a la escasez de personal de administración

capacitado para la elaboración del seguimiento a los controles diarios en obra, se realizó esta labor en colina de Yerbabuena, proyecto en el cuál se adelantó este control para las actividades del urbanismo.

Para el registro y seguimiento a las no conformidades surgidas en obra se cuenta con un formato denominado Producto no conforme en Obra. En este documento se realiza el control y seguimiento a los productos no conformes que surgen en las revisiones diarias, registradas en el formato de control de ejecución de obra. El producto no conforme es tratado mediante la descripción y el seguimiento a la acción tomada, se registra además a que contratista corresponde y la ubicación de este, las acciones que tomada pueden ser de tres tipos: acción de liberación, es cuando se da autorización para continuar con la siguiente etapa del proceso; reproceso, consiste en ejecutar nuevamente la actividad para que cumpla con los requisitos; reparación, acciones tomadas para convertir un producto no conforme en aceptable para su utilización, esta puede afectar o cambiar parte del producto no conforme.

Al igual que para el manejo del formato de ejecución, la labor durante la práctica consistió en la revisión, reporte y registro de los productos no conformes que se presentaran, ya que este habito era poco usual en obra, además debía garantizarse que se tomaran y realizaran las acciones correctivas o preventivas, con respecto a la no conformidad, para que estas fueran debidamente resueltas.

Con el objetivo de facilitar el registro de los productos no conformes se creó un formato que unificaba y fusionaba los 2 formatos anteriores de manera que en el formato de ejecución de obra fueran descritos los productos no conformes y planteada la solución respectiva, esto con el fin de hacer más práctico el registro de esta información y facilitar el control de los productos no conformes. Este formato fue implementado durante un tiempo, como prueba en la obra Hoyo 19, ya que esta obra cumple con las características necesarias para observar la utilidad del nuevo formato. Durante este proceso se realizaron labores de seguimiento y control en el procedimiento de diligenciamiento de este formato.

2.1.4 Elaboración y organización de las actas de comité de obra

Según lo establecido en el manual de calidad de la empresa deben realizarse quincenalmente el Comité de obra para efectuar el seguimiento a la ejecución del proyecto y analizar entre otros aspectos el cumplimiento en cuanto a costos, avance y programa de control de calidad de la obra. Esta periodicidad fue modificada por DICO, que estableció una frecuencia semanal, para la realización de los comités.

El acta de comité es un documento muy importante para el desarrollo de la obra ya que en este se registran los pendientes en obra, el avance de las actividades, los recursos utilizados, los estados y modificaciones a los diseños, el seguimiento al proceso de contratación y licitaciones, seguimiento al programa de control de calidad y el informe de los productos no conformes. Este documento es distribuido a los distintos integrantes de la alta dirección de la empresa, como una forma de controlar y mantener informado a la dirección sobre la situación en la obra, para tomar las medidas adecuadas en caso de presentarse problemas.

La participación en la realización de las actas consiste en la elaboración del informe de cumplimiento al programa de calidad, que consiste en un indicador donde se registra el porcentaje de cumplimiento a los requisitos y controles establecidos en el plan de calidad pertenecientes a la programación de los controles de calidad. Este documento puede ser consultado en la sección de anexos, en el **Anexo 2**. Este cuadro se anexa al acta semanal de obra y también al informe mensual presentado al Director de construcciones. Este informe se realizó para todas las obras en el transcurso de la práctica.

Adicionalmente se debía revisar que las actas de cada obra estuviesen al día, fuesen distribuidas a todos los interesados, y que se encontraran en obra como cumplimiento al requisito de la norma en cuanto a control de registros y documentos.

2.1.5 Control en el manejo de materiales

El control y aseguramiento de la calidad de los materiales o productos comprados como materia prima para el desarrollo y elaboración del producto final es uno de los requisitos establecidos por la norma ISO 9001 para garantizar la calidad al cliente. Se establece que la empresa debe indicar los criterios de selección y evaluación en cuanto al material adquirido y de los proveedores.

Para cumplir con estos requisitos de la norma, en obra, se debe exigir al proveedor, de los materiales que apliquen, el registro de las pruebas y ensayo, para el lote de producción, que certifique y asegure el cumplimiento de las especificaciones de compra, el control realizado en la práctica consiste en revisar y solicitar al almacenista tener al día estos registros como evidencia del cumplimiento a los requisitos de la norma NTC ISO 9001 establecidos en la sección 7.4. También en ciertos momentos se gestionó la consecución de estos certificados con los proveedores con el fin de agilizar y garantizar la obtención rápida de estos documentos.

Los materiales que de acuerdo a los códigos y normas de construcción que deben contar con registros de pruebas por lote son:

- El acero de refuerzo
- El cemento
- El concreto
- Tubería hidráulica, sanitaria, eléctrica y gas.

En cuanto a la mampostería se exige al proveedor presentar las pruebas realizadas, cuando los resultados en los controles realizados por la constructora no son conformes. Para el manejo de las maderas se exige al contratista un certificado de calidad del producto y del inmunizado realizado.

Cuando las especificaciones de los materiales no coinciden con las establecidas se genera un producto no conforme para los proveedores, la generación de esta no conformidad esta a cargo del almacenista y del Ingeniero residente. En el transcurso de la práctica se orientó y supervisó el control de los productos no conformes para los

proveedores, además, estos se reportaron en el software para el manejo de las no conformidades, REQUEST, con el fin de hacer más eficiente el tiempo de solución de estas solicitudes. El control y asesoría en el manejo de este software fue también una de las responsabilidades designadas durante el desarrollo de la práctica. El desarrollo del control al producto no conforme para los materiales cumple con los requisitos establecidos en la norma NTC ISO 9001 en el ítem 8.3, CONTROL DEL PRODUCTO NO CONFORME.

Un control adicional para el manejo de materiales en obra por parte del almacén es lo que se refiere al ítem 7.5.4 de la norma en cuanto a la propiedad del cliente. Debido a las características de las construcciones en Ruitoque, la mayoría de las casas llevan reformas ya que son construcciones altamente personalizadas y de un alto valor, por tanto gran cantidad de clientes suministran el material a instalar para estos trabajos. El manejo de este material debe garantizar el buen cuidado y protección de estos bienes del cliente, además se debe registrar y comunicar al cliente en caso de que este bien se pierda, deteriore o sea considerado inadecuado para su uso. Para el control y registro de estos materiales el sistema de gestión de calidad de la empresa generó un formato especial llamado formato lista de materiales y/o accesorios suministrados por el cliente para reforma, aquí se registran las características del producto, hora de ingreso, cantidad, fecha de entrada y salida, control del saldo y producto no conforme en el caso que aplique. El control realizado para esta actividad consiste en revisar que se lleve al día este formato y que las condiciones de almacenamiento cumplan con los requisitos para la conservación adecuada del material.

En el manejo del suministro del concreto, uno de los materiales más importante para la obra, se utiliza un formato para el control diario del concreto, el cuál no se diligenciaba antes de iniciar las labores y gracias a la gestión realizada se implementó con éxito, convirtiéndose en una herramienta útil para el almacenista, no solo en el registro del concreto sino, también en el manejo de la programación diaria junto al contratista para los pedidos. Este formato también es muy útil en el seguimiento de los pedidos para identificar y realizar la trazabilidad del producto suministrado cuando es preciso realizar consultas sobre el pedido con el cuál se fundió un determinado elemento.

2.1.6 Aseguramiento de calidad en proceso de contratación

Para la construcción de las obras en la empresa se manejan básicamente en obra dos clases de contrato, estas son:

Contratista de Mano de Obra: Proveedor que ejecuta una o varias actividades de una obra, suministrando únicamente personal.

Contratista a todo Costo: Proveedor que ejecuta una o varias actividades de una obra, cuya obligación es suministrar material, personal, herramienta y/o equipo para el desarrollo de ellas.

Para el aseguramiento de la calidad al cliente es importante para la empresa constructora certificar la calidad en todos los niveles de la producción, en los procesos de construcción toda la mano de obra es subcontratada, y algunas actividades se contratan a todo costo, por tanto es importante que se haga un seguimiento a los contratistas de manera que se garantice la calidad en los procesos y productos recibidos.

En el manual de calidad de la empresa se establece un instructivo para el procedimiento de contratación civil, aquí se establecen los requisitos existentes para el desarrollo de este proceso.

Las labores desarrolladas en el soporte de estas actividades en obra consistieron en la realización de las actas de inicio de contratos, actas de finalización, revisión de los registros y documentos del contrato, actualización y asesoría en la implementación de formatos modificados y nuevos, para las obras de Ruitoque; Para el recibo de actividades ejecutadas por el contratista se utiliza el formato de recibo de obra, el cuál debe llenarse a medida que se terminan y reciben a conformidad por parte del personal administrativo las obras contratadas. Para la obra colina de yerbabuena y Hoyo 19 se realizó el control del recibo de las obras para cada contratista. Otra labor realizada consistió en el control de los saldos del contrato y los vencimientos de estos, con el fin de comunicar la necesidad de realizar adiciones en valor y en fecha.

Trimestralmente es realizada en obra la evaluación del contratista, con el fin de medir el cumplimiento de los requisitos adquiridos con la empresa, y determinar el grado de competencia del contratista. Esta calificación es tomada en cuenta para la formación de una base de datos, consultada al momento de la selección de contratistas en la adjudicación de futuras obras.

2.1.7 Control y seguimiento de pruebas y ensayos

El control y verificación del cumplimiento a las especificaciones tanto de los productos como de los procesos debe convertirse en una actividad rigurosa y frecuente en la obra. Los procesos y productos de construcción se encuentran regidos por normas y códigos que deben cumplirse para la aceptación de las obras realizadas.

Algunos de estos códigos son: La Norma Sismo Resistente NSR 98, el RAS, El Código Colombiano de Fontanería, Código Eléctrico Colombiano, las normas técnicas de la CDMB, las distintas normas técnicas colombianas NTC que aplican a los procesos constructivos, Las normas del INVIAS, normas ASTM.

La labor realizada consistió en varias actividades, entre ellas, la programación y envío a ensayo de las muestras tomadas, registro de los ensayos realizados, seguimiento a los resultados obtenidos, reporte y solución de no conformidades cuando no cumplen con las especificaciones, supervisión y seguimiento al procedimiento de toma de muestras y transporte de las mismas para evitar alteraciones en los resultados.

Figura 21. Instalaciones del laboratorio de la empresa



A continuación se describe el desarrollo de los controles más importantes en las actividades de construcción bajo los parámetros de las normas y códigos existentes.

Densidades en rellenos compactados

El ensayo de densidad es realizado utilizando el equipo propiedad de la empresa urbanas, este es un densímetro nuclear marca troxler. Este equipo determina la densidad y la humedad de los rellenos para tres profundidades en el punto de medición. Las densidades y los reportes son realizados por el laboratorista de la empresa constructora. La compactación es realizada en capas menores a 30 cm., dependiendo del equipo de compactación, y se realizan dos ensayos por capa de relleno.

El ensayo de densidades es muy necesario en la verificación de la compactación de los rellenos realizados, las actividades donde es necesario realizar el ensayo de densidades son:

- Rellenos compactados en muros en tierra armada: Se ensayan densidades a las capas compactadas en de los muros en geotextil, La densidad debe ser mayor al 95% del valor de compactación del ensayo de proctor modificado. Estos ensayos se realizaron en los muros de tierra armada construidos en el conjunto la montaña, y en el conjunto colina de yerbabuena. Si la capa no cumple con el valor especificado se continúa compactando el relleno y se repite el ensayo hasta que cumpla el valor establecido.
- Rellenos comunes en movimiento de tierras: Se ensayan densidades para aprobar las capas de los rellenos en material común en la conformación del terraceo de los lotes. El valor debe ser superior al 95% del proctor modificado. Estos rellenos se realizaron en la conformación de los taludes y lotes del conjunto la montaña, en el movimiento de tierras en loma puyana, en los rellenos realizados en el talud de la casa 19, en la conformación del lote 22 y lote 13 del conjunto colina de yerbabuena, Relleno de box culvert ubicado en la vía cima-colina. Estos rellenos fueron realizados con vibrocompactador.

- Verificación de compactación en la subrasante de vías: Se ensayaron densidades en las subrasantes tanto de las vías internas del conjunto como en la ampliación de la malla vial en Ruitoque. Las densidades deben ser mayores al 95% del proctor modificado, sino cumple se procede de la misma forma que los rellenos en los muros de tierra armada. Se ensayaron las subrasantes en las vías internas y andenes del conjunto de colina de yerbabuena, en la subrasante de la conformación de la vía cima – colina, en la vía de acceso al conjunto Loma Puyana, en los arreglos y reparcheos realizados a la malla vial del condominio, en las vías internas del conjunto La montaña. En los andenes, de igual forma, se exige el cumplimiento de las densidades en el suelo de fundación.
- Verificación de compactación en conformación de base granular: tanto en bases granulares para los pavimentos en concreto, como los flexibles, se exige el cumplimiento de valores de compactación superiores al 98 % del proctor modificado, se midieron densidades en las bases instaladas en los parcheos del condominio, en la vía de acceso al conjunto colina de yerbabuena, en la vía de acceso a loma puyana y en la base granular de las vías internas del conjunto la montaña.
- Densidades en rellenos de zanjas: los rellenos realizados por los contratistas encargados de las actividades de alcantarillado, redes hidráulicas, eléctricas y gas, son revisados y aprobados cuando la compactación es mayor al 95% del proctor modificado, los rellenos en las zanjas son realizados con saltarín o plancha vibratoria, se compacta en capas menores de 15 cm.

Figura 22. Ensayo de densidades con densímetro nuclear, en rellenos de muros en tierra armada.



Ensayo de compactación: proctor modificado.

Este ensayo es ejecutado siguiendo el procedimiento establecido en la norma INVIAS E-142, Relaciones de peso unitario- humedad en los suelos. Equipo modificado. Mediante este ensayo se determina el peso unitario máximo del suelo correspondiente al contenido óptimo de humedad. El ensayo se realiza para determinar la densidad del suelo compactado por tanto debe realizarse un ensayo para cada clase de suelo usado en la compactación.

El ensayo de compactación se realiza también a la base granular instalada para las vías, el formato de los ensayos de densidad indican a que prueba de proctor corresponde el suelo compactado.

Figura 23. Ensayo de Proctor modificado



La prueba es realizada por el laboratorista en las instalaciones de la empresa que se encuentra totalmente equipado para la realización de estos ensayos.

Ensayos de granulometría y límites de attenberg

Con fines de clasificación de los suelos para determinar la curva granulométrica del material y comparar con las franjas de las curvas establecidas en la normas, se realiza la granulometría por tamices. Además se realiza el ensayo de límites de attenberg para clasificar los suelos y obtener su índice de plasticidad necesario para la caracterización de estos.

Se determina la granulometría a los suelos de los rellenos, a los suelos de las subrasantes de las vías, a la base granular, a los agregados usados en los morteros, y a los agregados usados en el concreto.

El ensayo también es realizado en los laboratorios de urbanas con los tamices y balanzas certificadas para garantizar la confiabilidad y exactitud de los ensayos. En el reporte de los resultados se desarrollan dos formatos, el primero para la granulometría y el segundo de los límites.

Este ensayo es muy útil especialmente en el control de las especificaciones de los agregados del concreto suministrado de planta, a partir del ensayo es posible realizar la verificación de que la gradación del pedido se encuentra dentro las franjas granulométricas establecidas por la normas para las especificaciones solicitadas al proveedor, en el caso de las bases granulares la gradación debe cumplir las franjas indicadas en el Artículo 330 de las normas del INVÍAS.

Figura 24. Tamices del laboratorio para el ensayo de granulometría



Ensayo de pavimentos

Para el control de las características de la mezcla asfáltica aplicada en las vías se realizan los ensayos respectivos establecidos en la norma INVIAS para asegurar la calidad del material suministrado. El primer control tiene relación con la temperatura de descargue de la mezcla la cuál debe encontrarse en un rango para garantizar el correcto funcionamiento del material, este control es importante debido a la ubicación de la obra con respecto a las plantas.

Figura 25. Control de temperatura al pavimento extendido.



En los pavimentos colocados es obtenida una muestra de la mezcla asfáltica para realizar los ensayos de contenido de asfalto y granulometría del agregado de la mezcla, esta muestra es enviada al laboratorio de la Universidad Pontificia Bolivariana donde se realizan estos ensayos. Recibidos los resultados, se verifica que la granulometría cumpla

con la franja establecida en el artículo 450 del INVIAS, y que el contenido de asfalto cumpla con la cantidad requerida según la fórmula de trabajo.

También se moldean probetas con la mezcla para verificar en el laboratorio de la U.P.B su resistencia en el ensayo Marshall. Se verifica que la estabilidad media de las muestras sea mínimo el 90% de la estabilidad de la mezcla de trabajo; además que cada una supere el 80% de este valor, admitiendo solo un valor debajo de este límite.

Adicionalmente se revisa que el flujo medio de las probetas sometidas al ensayo de estabilidad (Fm) se encuentre entre el ochenta y cinco por ciento (85%) y el ciento quince por ciento (115%) del valor obtenido en la mezcla aprobada como fórmula de trabajo.

Figura 26. Fabricación de moldes para ensayo de marshall.



Ensayos de control de calidad del concreto

El principal material usado en la construcción de las obras y el que mayor grado de control merece es el concreto. La mayoría del concreto usado en obra proviene de la planta mezcladora, los elementos estructurales obligatoriamente son fundidos con concreto de planta. Se realiza producción de concreto en trabajos menores, por ejemplo atraques de tuberías, sumideros, algunos andenes, bases de pozos.

Para el concreto que llega de planta se toma una muestra por elemento estructural fundido. Es decir es tomada una muestra, en el caso de la estructura de viviendas, por cimientos, columnas, vigas, escalera, etc. Se realiza el control de las especificaciones y requisitos normativos mediante la verificación, seguimiento y archivo de los registros de pruebas y ensayos realizados. Los ensayos realizados en obra cumplen con los requisitos establecidos en las normas:

- Asentamiento de concreto, NTC 396,
- Toma de muestras de concreto fresco, NTC 454.
- Elaboración y curado de cilindros en obra, NTC 550.

Figura 27. Toma de muestras de concreto



El control del cumplimiento y verificación de los procedimientos desarrollados fue otra labor específica realizada durante la práctica.

En cada obra se cuenta con un tomador de muestras de concreto calificado, que es la persona encargada de realizar todos los ensayos en estado fresco (Toma de muestra

NTC 454, Asentamiento NTC 396, y elaboración y curado de especímenes de concreto NTC 550).

Se ejecuta además en cada fundida Inspección visual del concreto para verificar que el concreto no sufra segregación y sea bien compactado.

En todas las obras de Ruitoque se realizó supervisión de la toma muestras y resultados de los ensayos del concreto. Se realizaron ensayos al concreto de elementos estructurales de casas, edificios (Hoyo 19), porterías, elementos estructurales de los tanques de agua potable y de tanques eyectores de aguas negras, elementos de las piscinas, muestras de andenes y cilindros del pavicrete de vías y sardineles, estructuras hidráulicas como pozos, sumideros y canaletas.

En la mayoría de los ensayos de cilindros a la compresión, se obtuvo resultados satisfactorios, cumpliendo con las especificaciones de resistencia solicitadas. En las muestras con resistencias inferiores a las requeridas, se realizó el respectivo seguimiento al producto no conforme. Se redactan reportes dirigidos al departamento de calidad de la planta mezcladora solicitando registros de ensayos para el concreto suministrado y la realización de pruebas en obra que aseguren y validen el cumplimiento de las especificaciones en el concreto de los elementos fundidos. Se realizaron pruebas de esclerómetro, a los elementos fundidos con el concreto que presentaba en los ensayos bajas resistencias, para corroborar la resistencia del elemento, los resultados obtenidos en estos ensayos fueron aceptables.

La prueba de esclerómetro se basa en el principio de rebote de masa elástica que depende de la dureza de la superficie del concreto. Este ensayo debe aplicarse en superficies lisas. Los resultados se ven afectados por la rugosidad de la superficie, la dimensión máxima del agregado, la edad, la condición de humedad y la carbonatación de la superficie del concreto.

Para verificar la resistencia del concreto usado en la construcción de las vías (Pavicrete), se fabricaron viguetas cada 30 m³ de concreto fundido, debido a que este concreto se controla por la resistencia a la flexión, representada en el módulo de rotura, el cuál debe ser igual o superior a 36 kg/cm², para el diseño de las vías realizado; igualmente las

viguetas eran falladas en los Laboratorios de la U.P.B. para determinar la resistencia de los especímenes. Este ensayo se realiza siguiendo los requisitos de la norma NTC 2871.

Figura 28. Elaboración de viguetas para ensayo a flexión.



Figura 29. Curado de las muestras de concreto



Ensayos realizados al acero

Siendo el acero otro elemento importante para la integridad estructural de las construcciones es necesario controlar las características y especificaciones de resistencia del material.

Se realiza ensayo a las mallas y a las barras de acero usadas en las obras de Ruitoque, siguiendo los requisitos establecidos en las normas NTC 2, NTC 248, NTC 2289 para las barras y NTC 2310, NTC 1925 para las mallas electro soldadas.

Se envía una barra de cada diámetro por cada 100.000 Kg de acero instalado en obra. Los ensayos son realizados en el laboratorio de la U.P.B.

Pruebas de presión de redes e instalaciones hidráulicas y de gas.

Al finalizar la construcción de un tramo de tubería hidráulica para las redes del urbanismo se realiza la prueba de presión, la tubería es llenada con una bomba de agua a una presión de aproximadamente 1.5 veces la presión de operación, aproximadamente 150 psi, la tubería debe llenarse lentamente desde el punto mas bajo de la línea, todo el aire debe ser expulsado mediante la instalación de válvulas en el punto alto del tramo, el manómetro se instala en el punto mas bajo de la tubería incorporado en la bomba de agua, se deja la prueba un tiempo de 5 horas y se verifica que la presión no disminuya en este lapso, para comprobar la no existencia de fugas. Para revisar que la prueba se encuentra montada en todo el tramo y evitar fraudes en el montaje, es común abrir la válvula instalada en el extremo del tramo para verificar que la salida de agua y por tanto la disminución de la presión.

Como se mencionó anteriormente el manómetro debe cumplir con los requisitos de calibración para garantizar una correcta medición.

Los tramos de ampliación y conexión de la red externa del condominio al conjunto construido debían ser revisados y aprobados por funcionarios de la empresa de servicios RUITOQUE E.S.P. quienes recibían las redes y aprobaban la conexión al conjunto. El control de las pruebas en las redes interna del conjunto fue una de las labores realizadas durante la practica, se recibían las redes a conformidad después de realizadas las pruebas hidrostáticas. El procedimiento para el ensayo de las instalaciones hidráulicas de cada vivienda es similar al de las redes hidráulicas.

Las pruebas de hermeticidad de las instalaciones de gas en las viviendas son realizadas con bomba de aire, se aplica una presión de 30 psi, al alcanzar esta presión, se tapona

la tubería y se revisa la presión 1 hora después, siguiendo el procedimiento establecido en la NTC 2505, se toma la lectura inicial y la medida final, sólo se acepta la instalación de la tubería cuando la prueba es satisfactoria, es decir si no ha disminuido respecto a su lectura inicial. La prueba se realiza al terminar la instalación de la tubería y es ejecutada por el contratista, adicionalmente, metrogas realiza posteriormente, otra prueba de hermeticidad de las instalaciones de cada casa como control para recibir a conformidad las instalaciones, en el momento de conectar los contadores y el servicio a cada vivienda.

Las pruebas de hermeticidad de las redes de gas internas del conjunto son realizadas por la empresa metrogas, encargada de la instalación y suministro de la tubería, las redes son construidas en tubería de polietileno, esta prueba se carga mediante un compresor a una presión de 100 psi, se deja una hora montada y se aprueba si la presión se mantiene constante.

Figura 30. Curado de las muestras de concreto



Prueba de estanqueidad

Los desagües de las instalaciones sanitarias son revisados mediante la realización de la prueba de estanqueidad, según los requisitos indicados en la norma NTC 1500.

La prueba de estanqueidad se realiza para cada sistema de desagües instalados, por ejemplo los ramales de los baños, cocina, tramos entre cajas, etc. La prueba se realiza tanto a los desagües construidos con tubería novafort como en tubería de gres, para la

realización de la prueba se taponan los puntos de desagües y se llena con agua, se toma un nivel inicial y 12 horas después se toma el nivel final sólo se acepta la instalación de la tubería cuando la prueba es satisfactoria, es decir si no ha disminuido su nivel inicial. La prueba de estanqueidad permite determinar el estado de las uniones y soldaduras entre las tuberías para evitar posibles fugas antes de la instalación del antepiso.

La prueba de estanqueidad es también realizada en los tanques de almacenamiento y tanques eyectores después de la aplicación del friso impermeabilizado, este es un requisito para asegurar que el tanque no presenta filtraciones, ni fugas. En este caso se deja un lapso de 24 horas para la comprobación de los niveles.

La supervisión, control de la realización y registro de las pruebas de estanqueidad en todas las obras de Ruitoque fue una de las actividades realizadas durante la práctica empresarial.

Ensayos realizados a la mampostería

Dentro de los controles realizados a los materiales en obra, es importante igualmente evaluar la calidad de los elementos no estructurales como lo son las mamposterías de los muros, cajas y pozos.

Las unidades de mampostería se clasifican en tres grupos, estos son:

- Perforación horizontal: mampostería en sucio, ladrillos H 10, H15.
- Perforación vertical: ladrillos Terminal, M 30
- Macizos: ladrillos temosa, T1.

Según la Norma NTC 4205 la resistencia mínima a la compresión en ladrillos de perforación horizontal H10-H15 (mampostería en sucio) para un promedio de 5 unidades es de 30 kgf/cm^2 , donde la resistencia de cada unidad debe ser mayor a 20 kgf/cm^2 , se enviaron muestras de la mampostería usada en la construcción de las casas del Conjunto colina de Yerbabuena, obteniendo resultados satisfactorios.

Para los ladrillos de perforación vertical los requerimientos de resistencia son mayores, con un valor promedio, para 5 unidades, igual o mayor a 100 kgf/cm^2 , para la

mampostería a la vista de las casas del conjunto colina de Yerbabuena fue utilizado el ladrillo Terminal, que posee perforaciones verticales, los resultados de resistencia obtenidos reportaron valores menores a los 100 kgf/cm^2 , debido a esto, se realizó un seguimiento a esta situación y se comunicó la no conformidad al proveedor. Como resultado se determinó que la prueba realizada por los laboratorios de la U.P.B. no se ajusta al procedimiento establecido por la norma NTC 4017, ya que los ensayos de resistencia a la compresión de la mampostería son realizados con neopreno para los ladrillos de perforación vertical, y la norma NTC 4017, establece que deben ser refrentadas con azufre, esto con el fin de garantizar la distribución uniforme de los esfuerzos en la superficie de la mampostería, condición que no se cumple con el neopreno. Se analizaron unos ensayos realizados en el Laboratorio de Materiales de Construcción de la escuela de ingeniería civil de la U.I.S, refrentados con azufre, suministrados por el proveedor, estos ensayos presentaron resultados óptimos, cumpliendo con la resistencia mínima establecida en la norma.

Para los ladrillos macizos la NTC 4205, establece una resistencia mínima a la compresión de 140 kgf/cm^2 para un promedio de 5 unidades, los ladrillos de este tipo, mandados a ensayar fueron los T1, usados en la mampostería de pozos, cajas eléctricas y de inspección, y ladrillos Temosa, usados en los muros de las casas. Los resultados obtenidos para estos ladrillos cumplieron con la resistencia mínima establecida.

Ensayos realizados a los morteros

Se toman muestras de cilindros de mortero de pega para mandar a ensayar en los laboratorios de la U.P.B., la resistencia mínima de los morteros a la compresión según la norma NTC 3329, debe ser 7.5 mpa. El mortero usados en obra es mezclado siguiendo una proporción 1:3. El ensayo es realizado según la metodología establecida en la NTC 3546.

Se ensayan 2 muestras de morteros por casa construida, se envían además muestras del mortero de pega para la mampostería de pozos y cajas. Para la obra Hoyo 19 se tomaron morteros para el gimnasio, y 3 muestras por piso intervenido. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios.

Ensayos especiales

Como medida de control para el recibo de la cubierta metálica construida para el gimnasio del Hoyo 19 se determinó la realización de la prueba de tintas penetrantes para evaluar la calidad de la soldadura realizada.

El ensayo consiste en la aplicación de tres tipos de tintas en las soldaduras realizadas, estas tintas son:

- Tinta limpiadora
- Tinta penetrante
- Tinta reveladora

Figura 31. Detalle tintas usadas en ensayo



Este método de ensayo revela grietas y fallas de tipo superficial, además puede arrojar resultados poco representativos, por lo que se recomienda en la práctica el uso de la radiografía para mayor exactitud y seguridad. Debido a que la estructura no se encontraba expuesta a altas solicitudes de resistencia se consideró suficiente la realización de la prueba de tintas penetrantes.

Figura 32. Aplicación de limpiador a la soldadura.



Figura 33. Aplicación de tinta penetrante a la soldadura.



Figura 34. Efecto de aplicación de tinta reveladora.



2.1.8 AUDITORIAS INTERNAS

El departamento de calidad de la empresa programa auditorias internas a las obras con el fin de evaluar y verificar el nivel de adecuación, eficacia y conveniencia del Sistema de Gestión de Calidad para los proyectos de construcción.

En las obras de Ruitoque se realizó una auditoria interna para cada obra en ejecución del proyecto. Las obras auditadas fueron: Colina de Yerbabuena, Hoyo 19, Loma Puyana y La Montaña.

El equipo auditor se encontraba integrado por:

Auditor líder: Director de calidad URBANAS S.A.

Especialista: Director de Interventoria URBANAS S.A.

Acompañante: Auxiliar de calidad URBANAS S.A.

En las auditorias se sustentaron las labores realizadas en el soporte y cumplimiento de los requisitos establecido en el plan de calidad de la obra. Como resultado de las auditorias surgen no conformidades relacionadas con la revisión realizada a los registros, que evidencian el control de calidad en los procesos constructivos. Para la solución y seguimiento a las no conformidades se implemento en obra el formato Seguimiento a no conformidades de auditorias, el cuál se realizó en base a la metodología 5 M – 3 P, esta consiste en determinar las variables que pudieron causar la no conformidad, estas variables se encuentran clasificadas en 5 tipos, estos son: mano de obra, método, maquinaria e infraestructura, medición y materiales. (5 M, iniciales de los 5 tipos de variables); para los 5 tipos de variables que apliquen en el análisis de causas de la no conformidad se determinan 3 por que a las causas de la no conformidad (3 P). Después de analizadas las causas se procede a realizar el plan de acciones correctivas o preventivas para dar solución a la no conformidad, se designa un responsable y se establece la fecha de implementación. El siguiente paso para dar solución a la no conformidad es la verificación de las acciones planteadas y registro de los resultados obtenidos.

2.2 Actividades de apoyo administrativo y de supervisión de obra

Adicional a las labores desempeñadas en el soporte del sistema de gestión de calidad de la empresa en obra, se realizaron actividades correspondientes al control y supervisión del desarrollo de las obras donde se trabajó.

Estas actividades aportan en gran medida a la formación y adquisición de experiencia en el manejo de los recursos en las obras y en el desarrollo de los procesos administrativos de los proyectos, actividades propias de un ingeniero residente.

Las actividades de apoyo realizadas en las obras fueron:

Realización de Cortes de Obra

Se realizó la medición de las cantidades de obras ejecutadas por los contratistas para el pago veintenal de estas labores.

La elaboración del corte incluye las actividades de medición y el reporte escrito con los respectivos cálculos de las cantidades de acuerdo a los ítems de pago establecidos en el contrato.

Esta labor se desempeño en la Obra Colina de Yerbabuena, lugar en el cuál se ejercieron labores de supervisor de obra, gracias a la competencia mostrada para estas funciones.

Los contratos a los cuales se les realizaron cortes de obra fueron: Contrato de vías, andenes y sardineles; Contrato de alcantarillado; Contrato de muros de enrocado; Contrato de empedrado; y contrato de redes hidráulicas y de gas.

También se realizó el seguimiento y registro de las cantidades pagadas en los cortes de cada contrato para la obra de urbanismo de Colina de Yerbabuena, esto con el fin de evitar pagar una actividad que ya se había sido cancelada. Este registro se realizó referenciando en los planos del urbanismo del Conjunto colina de yerbabuena las cantidades pagadas en cada corte.

Control de programación de obra

Gracias a los conocimientos en el manejo del software para la programación de actividades, Microsoft Project, se colaboró en el control de la programación de las actividades para las obras Colina de Yerbabuena, Hoyo 19 y Loma puyana.

En la obra Hoyo 19 se realizó la programación en Project, estructurada por el Arquitecto residente, se realizaron dos programas bases para las dos obras más importantes de este proyecto, estas obras son: la construcción del gimnasio y las obras del edificio del Club, Hoyo 19. En base a esta programación se realizó el informe semanal que es anexado a las actas de comité de obra. En este informe se comparó el avance real con el avance programado, y se proyectó el avance de la semana siguiente como referencia para la ejecución de medidas correctivas o preventivas, según fuera el caso, si se presentaban atrasos significativos. El avance de la obra con respecto a la programación inicial presento atrasos e incoherencias debido a las diferentes complicaciones surgidas en la obra y a la gran cantidad de retrabajos y retrasos, causados por la falta de definición en los diseños y especificaciones, por tanto fue necesario realizar una reprogramación al plan inicialmente establecido. La programación realiada para hoyo 19 y el gimnasio puede consultarse en la sección de anexos, en el **Anexo 9**.

Realización del manual del usuario de la Obra Colina de Yerbabuena

El manual del usuario es un documento suministrado al propietario de la vivienda, y a la administración del conjunto al momento de entrega de la casa y del urbanismo en general. En el momento de la entrega del inmueble a cada uno de los usuarios o copropietarios de las casas o lotes urbanizados, se hace entrega de un manual que contiene la información pertinente al área de su propiedad y de las recomendaciones de su utilización.

Se suministran además los manuales, catálogos y garantías proporcionados por los fabricantes o proveedores al Cliente y se incluye recomendaciones sobre la operación y mantenimiento requerida del producto.

El manual contiene la información actualizada con los cambios realizados durante la construcción, estos son registrados en los planos record de las obras.

Se realizaron dos manuales uno destinado para los propietarios de casas y otro para los propietarios de los lotes urbanizados.

El manual contiene básicamente la información correspondiente a:

Descripción del proyecto:

- Localización, Descripción general del proyecto, servicios generales de la zona.
- Especificaciones generales de la casa, descripción de la estructura, instalaciones hidráulicas y sanitarias, cubiertas, cielo rasos, carpintería, enchapes, y acabados en general.
- Especificaciones Generales Servicios Comunes: Portería, cuarto de Basuras, zonas de servicios, equipos de bombeo, tanques, subestación y planta eléctrica, zona social, vías y andenes, descripción del alcantarillado, tanque de aguas negras, punto de conexión de cada sistema, descripción acueducto y redes de gas.
- Descripción de las instalaciones y redes eléctricas
- Recomendaciones generales de los cuidados fundamentales para el mantenimiento y operación de los elementos y aparatos de las casas y del urbanismo.
- Garantías Generales: Garantías ofrecidas por la organización definidas también en el documento de compra-venta y el acta de entrega al cliente.
- Revisiones: Descripción del procedimiento que debe seguir el cliente cuando encuentre deficiencias en algún material o instalación para que estas sean atendidas y reparadas.
- Emergencias: Explicación de la reacción mas conveniente ante ciertos sucesos que pueden llegar a ser de riesgo para los habitantes de la vivienda (inundación, taponamiento de cañerías, corto circuito y otras recomendaciones)
- Normas de Convivencia: Prohibiciones y obligaciones del propietario dentro del conjunto residencial
- Administración de la urbanización: Descripción de las funciones y responsabilidades del administrador quien es el representante legal de la copropiedad y podrá ser persona natural o jurídica propietario o no de unidades del conjunto.

- .Administración provisional: Explicación de la figura de administrador provisional que ejerce CASAS LTDA. mientras se hace la elección del administrador de acuerdo con las normas del reglamento de propiedad horizontal.
- Directorio de contratistas: Espacio que contiene el Nombre, la dirección, el teléfono y la actividad, de los contratistas que participaron en la ejecución de la obra.
- Descripción de tipos de Casas: Descripción de las distintas opciones que fueron construidas dentro de proyecto ejecutado.
- Planos record

Soporte en el control de maquinaria y equipo

Ejecución de actividades de control al mantenimiento y operación de la maquinaria de la empresa Urbanas S.A.

El lote de maquinaria se encuentra compuesto por:

- Retroexcavadora cargadora marca Caterpillar RE 428 B
- Minicargador marca caterpillar RE 226 B (BOBCAT)
- 2 compresores marca SULLAIR
- 2 Mezcladoras de tolva marca Brist Extracton,
- Cortadora de concreto y pavimento
- Cortadora de ladrillo

Figura 35. Minicargador adquirido por la empresa.



Los controles realizados consisten en la revisión de las horas maquinas (horómetro) acumuladas para cada equipo con el fin de determinar la realización de los mantenimientos respectivos. Adicionalmente se llevó a cabo el registro de los mantenimientos correctivos y preventivos realizados y las horas de parada de la maquinaria.

En el caso de la nueva maquinaria adquirida por la empresa, por ejemplo el mini cargador (Bobcat), se realizó el manual de mantenimiento y operación, entregado al operador del equipo, en base al manual suministrado por Caterpillar.

Figura 36. Retroexcavadora propiedad de la empresa.



Apoyo en la presentación del informe mensual

Se colaboró en la elaboración del informe mensual de obra, presentado a final de mes al departamento de construcciones de la empresa. Para los informes de la obra hoyo 19 se realizó el reporte del estado del almacén, el avance mensual de obra, cuadro de cumplimiento al programa de calidad, y elaboración del registro fotográfico.

En la obra colina de yerbabuena y loma puyana se realizó el cuadro de cumplimiento al programa de calidad que se anexa al informe.

Control de desperdicios en obra

Se realizó un seguimiento al control diario de desperdicio de concreto en las actividades de urbanismo en las obras Colinas de Yerbabuena y la Montaña, en la etapa de fundida de vías internas, sardineles y andenes.

El cuadro elaborado consiste en la comparación del volumen teórico o volumen despachado por la planta concretera, con el volumen real de concreto consumido en la construcción de los elementos, el cuál era medido una vez finalizada la fundida. El dato del volumen teórico era obtenido del formato de control diario de concretos donde se anotan las cantidades diarias que llegan a la obra y el destino de cada una.

Este cuadro de control de desperdicios es anexado al acta de comité de obra y a los informes mensuales presentados al Director de construcciones.

El formato del cuadro diseñado y trabajado para el control de desperdicios de concreto puede ser observado en la sección de los anexos, en el **Anexo 3**.

Acompañamiento en visitas de obra

En actividades de seguimiento al plan de manejo ambiental del proyecto de Colina de Yerbabuena y del manejo del sitio de disposición de escombros ubicado dentro del proyecto, se realizaron visitas junto a la interventora ambiental, con el fin de registrar y establecer los pendientes existentes en cuanto al manejo de los recursos ambientales para cumplir con los compromisos adquiridos en del plan de manejo ambiental y en la resolución de la CDMB

En el caso del proyecto de Colina de Yerbabuena, se realizó un control especial sobre el manejo de ambiental del humedal localizado al interior de la obra, también se revisó las obras de estabilización y empradización de taludes, construcción y mantenimiento de las estructuras para el manejo del agua y sedimentos.

También se desarrollaron visitas con técnicos de Holcim y Sika, en el seguimiento a los problemas presentados en la losas, de las vías internas, debido a la aparición de dilataciones. En las visitas se ensayaron productos para el tratamiento de las fisuras superficiales, además se supervisaron fundidas para intentar encontrar las posibles causas de la aparición de las dilataciones.

Para evidenciar los temas tratados en las visitas, las recomendaciones realizadas, y los compromisos adquiridos, se redactaron informes escritos en cada recorrido ejecutado.

3. ÁMBITO DEL ESTUDIO SOBRE EL CONSUMO DE MANO DE OBRA

En este capítulo, se presentará las generalidades del estudio realizado en el cumplimiento del objetivo planteado sobre la medición del consumo real de la mano de obra para una determinada actividad.

3.1 DESCRIPCIÓN Y GENERALIDADES DEL ESTUDIO

La obra es un sistema dentro del cual se llevan a cabo procesos y operaciones de transformación, entran a este sistema insumos, por ejemplo materiales, terreno etc., los cuales son transformados en productos mediante la interacción de procesos que involucran equipos y mano de obra para lograr esta transformación. La actividad que se analizará hace parte de un proceso y este a su vez esta integrado a una operación, cada uno se encuentra definido por límites de inicio y fin. A su vez esta actividad esta compuesta por tareas las cuales son el componente más básico del sistema y son las que contribuyen a la obtención de los resultados esperados.

El alcance del estudio esta limitado a la observación y descripción real del proceso que al cuál se le realizará la medición de los rendimientos, por tanto es necesario realizar el modelo de la actividad analizando la interacción entre las tareas que la componen y la clasificación de estas de acuerdo a su aporte en la producción y en el producto final, lo que quiere decir, identificar que actividades de las que se realizan en obra son contributivas, de apoyo y no contributivas. Siendo así de gran ayuda para dejar las bases sentadas para un futuro estudio de métodos planteando las actividades por mejorar para que estas sean evaluadas y se construya un método mas eficiente que elimine las tareas que no aportan, obteniendo un modelo de trabajo en cual todas las tareas sean eficientes y eficaces.

Es decir se llevó a cabo el levantamiento de la actividad real, para medir los tiempos o consumos de mano de obra actuales y realizar un diagnostico básico del proceso y de sus tiempos y dejar las pautas para en un futuro se realice esta labor en lo posible para un numero mayor de actividades de gran importancia para este tipo de obras como pueden ser las excavaciones de las redes, instalación de tuberías, y rellenos compactados. Con

miras a lograr estructurar una base de datos completa y confiable dentro de la empresa que marcaría una pauta en el gremio constructor del departamento de Santander ya que poco interés se ha mostrado en llevar a cabo este tipo de estudios, camino que fue iniciado hace mas de 5 años por el gremio constructor de Antioquia el cual siempre se ha mostrado a la vanguardia del sector productivo en general.

Los beneficios de esta base de datos son muy importantes para el gremio y la empresa, ya que permitirá evaluar eficientemente y con un grado de exactitud muy alto los costos y las duraciones previstas dentro del presupuesto y la programación de obra, otro beneficio que esta muy ligado al manejo de la mano de obra en la empresa es la correcta evaluación para la sub contratación, esto visto desde el punto de vista de la realización de los pliegos y los plazos exigidos a los contratistas. Sería un indicador de comparación que permitiría confrontar los rendimientos reales de la empresa con las demás del sector, esto con el fin de plantear mejoras y evaluar el desempeño para así cumplir con la visión de la empresa de llegar a ser la más importante en el año 2010 en la región. Además ofrece las bases para desarrollar como se ha planteado un estudio de método y tiempos que permita la industrialización de los procesos de construcción con fines productivos, tendencia global del medio a nivel mundial ya que si se quiere tener un mercado amplio, se debe competir con estándares altos de eficiencia y calidad, y mas a puertas de la apertura económica o el tratado de libre comercio, que será una oportunidad que no debe ser desaprovechada por las grandes empresas constructoras del país, para entrar y expandirse al mercado mundial.

3.2 PRODUCTIVIDAD EN LOS PROCESOS INDUSTRIALES

El logro de altos niveles de productividad en las empresas debe partir de la utilización óptima de los recursos y elementos que participan en los procesos productivos. El estudio de métodos de trabajo y tiempos asignados a las distintas operaciones surge como la herramienta básica para alcanzar altos niveles de competitividad en una empresa.

El contar con las tecnologías más avanzadas y equipos más modernos no basta para la consecución de altos estándares de competencia en la industria si estos no son asistidos por una política de métodos y tiempos que aseguren la utilización óptima de estos medios.

3.2.1. Reseña histórica

Desde el principio las cuestiones básicas sobre qué, cómo, dónde y cuánto producir, han estado siempre patentes en la actividad productiva organizada del hombre. Sin embargo, fue a consecuencia de la Revolución Industrial que tales decisiones comenzaron a tener una complejidad y repercusión que requerían técnicas y métodos específicos para su estudio. En los cien años desde finales del siglo XVIII a finales del XIX comenzaron a aparecer los primeros pensadores, tales como Adam Smith 1723-1790, Charles Babbage 1792-1871. Aquí surgieron los primeros planteamientos teóricos sobre la Organización Industrial y en especial, sobre los beneficios de la división y especialización del trabajo y el uso de herramientas y utillajes. Sin embargo, se debe considerar los finales del siglo XIX como el inicio en la aplicación del método científico basado en la observación, medición y experimentación sistemática para confirmar o descartar hipótesis sobre las características de los procesos analizados.

En aquella misma época el francés Maurice Leblanc y el americano Eli Whitney llevaron a la práctica la idea de desarrollar maquinaria de fabricación que, si bien requería una inversión previa, permitía la fabricación de grandes series con costes directos unitarios mucho más reducidos y que permitían amortizar el coste de la maquinaria. La fabricación en masa de productos complejos que se fabricaban por partes que luego se montaban trajo consigo el desarrollo de la normalización. En este aspecto Henry Ford revolucionó la actividad del montaje con la introducción del concepto de línea o cadena, en la cual los obreros permanecían fijos y el producto se desplazaba de forma más o menos continua usando un sistema de manejo de materiales apropiado.

Sin embargo, el hito más significativo en el nacimiento de la Organización Industrial fue la publicación en 1903, por Frederick W. Taylor, del artículo titulado *Shop Management*, en el cual plantea y defiende un acercamiento científico al problema de la gestión de la

producción. Incluso, se puede señalar que la contribución más importante de Taylor fue el indicar que en una organización productiva interesa que algunas personas se dediquen, no a realizar operaciones, sino a estudiar la forma más adecuada en que otros las realizan.

Los problemas tratados por Taylor fueron muy diversos, incluyendo:

- Estudio de métodos.
- Estudio de tiempos.
- Estandarización de herramientas.
- Departamento de planificación.
- Tarjetas para instrucciones a operarios.
- Sistema de clasificación de piezas y productos.
- Sistema de rutas.
- Método de estimación de costes.
- Selección de personal en relación con el puesto de trabajo.
- Incentivos.
- Medida de la productividad.

El enfoque "taylorista" (analítico, reduccionista y mecanicista) tuvo su continuación en estudios y trabajos posteriores entre los que destacaron los del matrimonio Gilbreth (Frank B. y su esposa Lillian E. Moller), que planteaban la subdivisión de cada tarea en elementos fundamentales para estudiarlos independientemente, así como en conjunción, buscando eliminar aquellos que fueran innecesarios o antieconómicos. La síntesis de los elementos que quedaban, generarían el nuevo método. Otra contribución relevante la realizó por esa misma época Charles Bedaux, quien normalizó la medida del tiempo necesario con relación al minuto tipo, considerando incluidos en éste los descansos necesarios. Importantes fueron también los trabajos de Henri L. Gantt, al que se deben los

diagramas de barras que aún hoy se utilizan en la programación de producción, secuenciación de tareas y gestión de proyectos.

Para finales de la segunda década de este siglo, las ideas de Taylor y sus seguidores, conocidas con el nombre genérico de *Scientific Management* fueron ampliamente conocidas y debatidas en todo el mundo industrial.

En el desarrollo posterior a Taylor se distinguieron dos líneas de progreso. Por un lado, se intentaron desarrollar métodos para el estudio de procesos complejos mediante una sistematización y ordenación de los elementos del problema, dando lugar a procedimientos de análisis que permitieran una valoración aproximada de las consecuencias de las posibles alternativas. Por otro lado, se introdujeron los modelos matemáticos para el tratamiento de ciertos problemas susceptibles de ser formulados en estos términos.

Respecto al primer punto, la década de los años treinta trajo consigo un nuevo interés en los estudios de métodos y tiempos, que se puede explicar por varias razones:

- Situación crítica de la economía mundial y, en particular, de la norteamericana, lo cual elevaba el interés de los métodos que permitan reducir costes.
- Toma de conciencia por parte de los trabajadores de los problemas económicos que afectaban a la industria y su papel en la resolución de parte de los mismos.
- Desaparición de una cierta visión de los estudios de métodos y tiempos como contrapuestos entre sí

Dentro de esta consideración conjunta de los diferentes aspectos que afectaban a la productividad, se integró dentro del estudio de métodos y tiempos, el diseño de la distribución en planta. El nexo de unión entre ambos se plasmó en las representaciones analógicas del tipo diagrama de recorridos. Otro avance correspondió a la introducción, a mediados de la década de los treinta en Inglaterra, por Tippett de las técnicas de muestreo para el estudio de los periodos de actividad y descanso sin la necesidad de emplear el cronometraje directo.

Hasta esos momentos, la mayoría de los estudios tenían la finalidad de corregir las ineficiencias existentes. Con el fin de diseñar nuevos métodos para procesos no

existentes sobre los que no se tuvieran datos concretos se planteaba la creación de sistemas predeterminados de tiempos normalizados para elementos básicos de operaciones, que serían luego combinados para obtener tiempos normales de tareas completas. En este sentido y a instancias de la Westinghouse Electric Co., se inició una larga investigación en 1940 dirigida por Harold B. Maynard (y en la que participaron G.J. Stegemerten y J.L. Schwab), la cual finalmente en 1948 dio lugar al sistema MTM (*Methods Time Measurement*), el cual tuvo inmediatamente una gran aceptación.

Respecto al segundo enfoque, el uso de modelos matemáticos, destaca la fórmula del lote económico o fórmula de Wilson, obtenida por F.W. Harris en 1915, como solución analítica del problema de cálculo del tamaño del lote considerando costes de lanzamiento y costes de mantenimiento. La simplicidad y elegancia de esta fórmula estimuló el tratamiento matemático de otros problemas de organización de la producción. Otro de los campos que tuvieron un desarrollo matemático temprano fue el correspondiente al uso de métodos estadísticos para el control de calidad de los productos fabricados. En 1912 T.C. Fry publicó *Probability and its Engineering Uses* y más tarde, en 1931, W. Shewart publicó su obra *Economic Control of Quality of Manufactured Products*, donde se incluían las primeras descripciones de los gráficos de control estadístico de calidad.

Sin embargo, fue el esfuerzo bélico asociado a la Segunda Guerra Mundial cuando se produjo el gran impulso en el empleo de modelos matemáticos para resolver cuestiones complejas de tipo logístico y estratégico. Los tiempos de guerra han constituido siempre un estímulo para desarrollar nuevas tecnologías y mejorar los métodos existentes. Los grupos de investigación operativa que aparecieron en ambos bandos se concentraron en resolver gran cantidad de nuevos problemas haciendo uso de las técnicas clásicas y desarrollando nuevos métodos matemáticos, de modelado, de análisis de sistemas, de simulación, etc. Cuando, una vez acabada la guerra, estos científicos e ingenieros se incorporaron a la vida civil no sólo llevaron con ellos esas nuevas técnicas y herramientas de trabajo sino algo que a la larga resultó aún más decisivo: una voluntad renovada de resolver los problemas, vía análisis, recogida de datos, modelización y optimización. Así surgieron la programación lineal, la teoría de juegos, la cibernética, la teoría de la información, la programación dinámica, etc. El efecto de estas técnicas cuantitativas sobre la organización de la producción fue inmediato y aún perdura en nuestros días. La

planificación y el control de la producción, la distribución física, la gestión de aprovisionamientos, etc. fueron potenciados de una manera sin precedentes.

En ese contexto, exigente, e incierto es en el que desenvuelve la actividad de Organización Industrial hoy en día, las que hagan un uso más efectivo y eficiente de los recursos (humanos, financieros y tecnológicos), las que sean más ágiles explotando las oportunidades de negocio que se presenten, las que mejor jueguen sus cartas desde el punto de vista estratégico serán las que sobrevivan y crezcan. El resto serán absorbidas o desaparecerán.

3.2.2 La construcción como sector productivo

La construcción como sector productivo es de gran importancia en el desarrollo de la economía en general ya que impulsa el progreso de la sociedad. Con la construcción se generan soluciones a las necesidades de la población, mediante el desarrollo de proyectos de infraestructura y soluciones de vivienda estableciéndose como una fuente permanente de trabajo con el empleo de mano de obra de manera intensiva y produciendo una significativa actividad indirecta en los demás sectores del país, hecho que se demuestra en la realidad económica nacional, observando las tasas de empleo y niveles de inflación en la época en que se encontraba en auge el sector de la construcción.¹

Sin embargo, contrariamente a su importancia en la economía, la industria de la construcción es uno de los gremios que menor nivel de desarrollo presenta en nuestro país, tornándose en una actividad caracterizada por grandes deficiencias y falta de efectividad. Particularidades que implican baja competitividad y desventaja frente al mercado mundial.

Si bien es claro que la industria la construcción posee características que la hacen especial y diferente comparándolas con los demás tipos de industrias, esto no debe ser un impedimento en el alcance de un desarrollo similar a los demás sectores industriales.

¹ BOTERO Fernando. Análisis de Rendimiento. Revista EAFIT N° 128

Mencionando algunas de las características que influyen en la producción para el sector de la construcción tenemos por ejemplo:

- curva de aprendizaje limitada.
- Influencia y poco control en las condiciones climáticas.
- Trabajo permanente y bajo presión constante.
- Fragmentación de los proyectos e incentivos negativos.
- Bajo nivel de capacitación en los operarios.
- Relaciones opuestas entre participantes de los proyectos
- Insuficiente planificación de los proyectos o ausencia de esta en algunos casos.
- Desarrollo de actividades en base de la experiencia
- Poca retroalimentación en los proyectos
- Poca investigación y desarrollo.
- Actitud mental del sector.

Estos son algunos factores que hacen especial el sector constructor en el medio industrial.

Sin embargo pese a la situación expuesta es clara la necesidad de reaccionar frente a esta demanda y conseguir un alto desarrollo productivo en el sector debido a los cambios en la economía y entorno actual, razones como por ejemplo:

- Globalización en los mercados que ponen a competir las empresas locales en nuestro medio con empresas internacionales que llevan gran ventaja con respecto al nivel productivo que manejan en sus procesos.
- Proyectos cada vez más complejos que demandan aplicación de nuevas tecnologías y mayor eficiencia en las operaciones.
- Mayores exigencias de calidad por parte de los contratantes y usuarios finales de los proyectos, que hace necesario el control y seguimiento de cada proceso.
- Presión en optimización de tiempos, plazos y costos en la construcción de los proyectos.

La experiencia en los intentos de implementar las teorías existentes en la ingeniería industrial para mejorar la productividad en el sector de la construcción demuestran que estas no se ajustan y funcionan de igual forma que en los sectores industriales de manufactura o confecciones, sectores donde estas teorías se ajustan y generan buenos

resultados. Por tanto es fácil intuir que el sector constructor es diferente a los demás sectores de la producción industrial, sin embargo los proyectos de construcción presentan características muy similares a las presentes en la producción industrial, mencionando algunas tenemos:

- Procesos repetitivos y de producción en serie, por ejemplo armado de formaletas, fundida de concreto, colocación de enchapes, frisos de muros, etc.
- Productos pequeños y en grandes cantidades o grandes volúmenes.
- Ciclos cortos y repetitivos de producción.

Si bien el sector de la construcción tiene características similares a las existentes en la producción industrial, es necesario, debido a los múltiples factores que mencionamos anteriormente, desarrollar soluciones particulares a ciertos problemas presentes en la producción, tomando como base las herramientas y estrategias que se aplican en los procesos industriales.

La producción industrial al igual que los proyectos constructivos, necesitan de una administración eficiente, aunque estos últimos presentan una mayor dinámica y afectación de eventos e incertidumbres como lo son las condiciones del clima, características del terreno, el entorno general del proyecto, condiciones contractuales y los rendimientos de la mano de obra, siendo este el objetivo del presente estudio, el cual, particularmente manifiesta comportamientos completamente impredecibles y presenta altos grados de dispersión en los intentos que se han realizado para la recolección de una base de datos confiable.

Siendo conscientes de que Santander no debe quedarse atrás en la investigación y en el desarrollo de proyectos que evalúen e implementen metodologías que contribuyan convertir el sector de la construcción en un sector altamente productivo, la academia y el gremio de empresas constructoras deben unirse entorno a esta idea y empezar a trabajar y montar la bases de este proceso de transformación, que si bien lleva tiempo, los resultados serán favorables para el crecimiento del sector.

Por estas razones el estudio realizado busca aportar en este proceso del mejoramiento continuo en la productividad del sector constructor, investigando e implementando una metodología para la medición de los rendimientos de la mano de obra con el fin de dejar sentadas las bases para que se siga desarrollando y perfeccionando este proceso inicialmente en la empresa constructora URBANAS S.A. con miras a que se extienda a todo el gremio y empresas constructoras de Santander.

3.3 OBRA SELECCIONADA

3.3.1 Elección de la obra a estudiar

Para iniciar la investigación sobre el método adecuado para la medición del rendimiento en la mano de obra en actividades de la construcción se procedió a realizar un análisis que permitiera identificar para una obra en particular de Ruitoque que actividad representaba un mayor porcentaje de los costos totales de la obra, esto con el fin de tener en cuenta para nuestro estudio una actividad con la cual pudiéramos optimizar en mayor medida el ahorro en los costos.

Para la realización de este análisis se eligió el proyecto de Colina de Yerbabuena que consiste en la construcción del urbanismo interno de 40 lotes y 12 casas completamente terminadas

Los criterios de selección usados en esta elección fueron las cantidades de obra a ejecutar, el valor e importancia total del proyecto en relación a los demás proyectos de Ruitoque y el estado de avance de las obras que permitieran la realización de las observaciones.

3.3.2 Descripción de la obra elegida para el estudio

La obra en la cual se iniciaron las observaciones consiste en la construcción del urbanismo interno de un conjunto de 40 lotes, además incluye la construcción de 12

casas. El área del proyecto es de 45867.63 m² y el área promedio de cada casa es de 260 m². El estrato objetivo del proyecto es 6. El costo total presupuestado del proyecto es de 4905.310.064 de los cuales 2495.828.739 están destinados para la construcción del urbanismo y 2409.481.324 están destinados a las obras de las viviendas. Cada uno maneja un centro de costos por separado por tanto cuentan con un presupuesto independiente.

La obra tiene una duración programada de 12 meses con fecha de inicio del 30 de junio del 2004.

Las terrazas y taludes que comprenden los lotes se entregan debidamente conformados, las diferencias de nivel entre lotes contiguos se maneja con taludes 11/2 a 1. En algunos sectores se construyeron muros de contención en concreto para el manejo de la estabilización ya que la altura del talud y la distancia en los mojones del lote lo demandaban. En el lote 19 se construyó un muro en tierra reforzada con geotextil para el manejo de las áreas del lote, este muro tenía una longitud de aproximadamente 50 metros y una altura de 4 m, Para el manejo de cortes verticales pequeños, ya fueran en roca o en suelo, se construyeron muros en pantalla de concreto de 10 cm. reforzados con malla de diámetro 5 mm cada 30 cm. y anclados en cimientado de concreto, enchapados en roca para el manejo paisajístico, el cual caracteriza la imagen del proyecto. Esta actividad no se encontraba presupuestada y tuvo gran afectación en los costos totales.

El almacén y campamento de la obra se encuentran ubicados aproximadamente a 500 m de los sitios de trabajo, el transporte interno desde el almacén hacia los frentes de trabajo se realizan con 2 camionetas que reparten los insumos. La obra cuenta con agua conectada por un paso provisional de 1/2 " ubicado en la zona alta al costado oriental del proyecto. El cual no proporcionaba ni el caudal de consumo ni la presión adecuada en muchos sectores, La electricidad se suministrada mediante una conexión provisional que suministra el servicio en los sectores más críticos.

La contracción del urbanismo se llevo a cabo simultáneamente con la construcción de las casas, lo cual generaba incomodidad en algunos sectores, mencionando por ejemplo la

situación de la descarga de materiales para las distintas obras en las casas cuando se adelantaban labores en las vías de acceso.

El horario de labores normal en la obra era de lunes a viernes desde las 7 a.m. hasta las 5 p.m., y los horarios previstos de descanso eran a las 9 a.m. y a las 3 p.m. con duración aproximada de 10 a 15 min. y de 12 a 1 p.m. tiempo destinado al almuerzo. El día sábado se trabaja de 7 a.m. a 12 p. m. cuando se presentaba algún retraso se destinaba la tarde del sábado para recuperar el avance de las tareas.

El equipo de trabajo de la empresa en la obra se encuentra conformado por:

- Ingeniero residente
- Arquitecto residente
- Auxiliar de calidad en obra
- 1 inspector de obra
- 1 almacenista
- 1 Ayudante de almacén

Además en el acompañamiento de las actividades que lo requerían se contaba con la participación de una comisión permanente de topografía encargada de la localización y levantamiento de la obra ejecutada.

3.4 SELECCIÓN DE ACTIVIDAD A MEDIR

El análisis para escoger la actividad fue realizado para las obras de construcción del urbanismo, y no la construcción de casas, ya que para el lapso programado de observación eran las actividades que más cantidades por ejecutar presentaba.

Para elegir la actividad a estudiar se decidió seguir el sistema de clasificación <<ABC>>, o ley de Pareto, método muy conocido en el campo de la construcción para extraer y diferenciar claramente las actividades que generan el 80% de los costos acumulados totales del proyecto, las cuales son muy pocas y no representan más del 20 % del total de las actividades.

3.4.1 Descripción del método de selección

El procedimiento anteriormente mencionado consiste en: primero tomando como base un registro o estudio de los costos previsto para el proyecto, para la obra analizada se usó el presupuesto de obra, se extraen las actividades con su respectivo valor, es decir se usa el dato de el valor unitario de la actividad multiplicada por la cantidad presupuestada de obra, estos datos son organizados de mayor a menor tomando como referencia el costo total de cada actividad, luego se acumula este valor sumando los costos de manera progresiva hasta llegar a la actividad que posee un menor costo y obteniendo así el valor total del proyecto, Luego se calcula el porcentaje del valor obtenido anteriormente con respecto al costo del proyecto, visualizando así las actividades mas representativas en cuanto a su porcentaje de afectación con respecto al costo total.

Siguiendo este procedimiento, se realizó el análisis para las actividades del proyecto usando como se menciona anteriormente los datos del presupuesto de obra. La tabla resumen con el análisis realizado se encuentra en la sección de anexos, **Anexo 10**.

3.4.2 Descripción del presupuesto de obra

La empresa organiza el presupuesto agrupando las actividades en actividades líderes y estas a su vez en subcapitulos, esto con el fin de realizar un seguimiento y control a los costos, en cuanto al flujo de la inversión a lo largo del proyecto y el pago secuencial de acuerdo a las actividades.

Toda información es controlada mediante un software diseñado especialmente para los requerimientos del manejo de la obra, desde los materiales, contratos, presupuesto y análisis de costos. El programa se denomina control de obra y es desarrollado por el departamento de sistemas de la empresa el cual se encarga de realizar actualizaciones de acuerdo a las exigencias del manejo de la obra.

3.4.3 Resultados del proceso de selección

En total el proyecto se divide según presupuesto en 129 actividades, las cuales reflejan simplemente ítems de pago, para cantidades de obra ejecutadas. Por subcapitulos el

proyecto se divide en 8 partes, las cuales agrupan estas actividades para un control más general por sub-capítulos. Al realizar el análisis por actividades se encontró que el 80% de los costos totales del proyecto se encuentran acumulados en 37 actividades que en porcentaje representan un 28 % con respecto al total de actividades en el presupuesto.

La actividad que mayor valor representa con respecto al costo total del proyecto según el análisis realizado es Pavimento rígido cuyo porcentaje con respecto al valor total es de aproximadamente 6%.

Observando los datos y teniendo en cuenta el avance de las actividades y las características que mas se ajustan a las condiciones necesarias para el estudio de rendimientos de la mano de obra en la construcción es claro que la actividad que debe medirse es la correspondiente a la instalación del pavimento rígido en la vías internas del proyecto, ya que según la evaluación hecha es la que mayor afectación sobre el costo total posee.

A continuación se presenta una tabla resumen con el resultado del análisis de costos realizado.

Tabla 2. Resumen de resultados obtenidos del estudio de costo de las actividades

N°	Nombre Actividad	Und	Cantid.	Precio Unitario	Vr parcial VP	Vr. Acum	% Vr acum/ Vr total
1	PAVIMENTO RIGIDO 12 cms	M2	4770	36.228,25	172.808.733,42	172.808.733,42	6,92
2	MURO ARMADO TIERRA	M2	875	167.834,16	146.854.890,00	319.663.623,42	12,81
3	SOBREACARREO MOVIMIENTO DE TIERRA	M3	75866	1.766,00	133.979.356,00	453.642.979,42	18,18
4	REDES ELECTR. BAJA TENSION	GB	1	131.705.563,00	131.705.563,00	585.348.542,42	23,45
5	APORTES A ENTIDADES	GB	1	120.737.041,00	120.737.041,00	706.085.583,42	28,29
6	EXCAVACIONES ROCA (MAS TIRO-COMPRESOR) P	M3	7719	14.768,75	114.000.000,01	820.085.583,43	32,86
7	MOVIMIENTO DE TIERRA A MAQ.(CORTE-CARGUE	M3	53896	1.900,00	102.402.400,00	922.487.983,43	36,96
8	EXCAVACIONES ROCA (MAS TIRO-COMPRESOR) P	M3	1480	51.000,00	75.480.000,00	997.967.983,43	39,99
9	RED COMUNICACION EXTERNAS	GB	1	69.990.728,00	69.990.728,00	1.067.958.711,43	42,79
10	ACOMETIDA ELECTR.GENERAL	UN	1	63.020.155,00	63.020.155,00	1.130.978.866,43	45,31
11	RELLENO A MAQUINA	M3	22528	2.711,63	61.087.553,49	1.192.066.419,92	47,76
12	PANTALLA CONC.REF.(MURO CONT. SOTANO)	M2	476	117.109,22	55.779.122,20	1.247.845.542,12	50,00
13	TUBERIA 8" NOVAFORT	ML	1580	34.906,42	55.152.149,13	1.302.997.691,25	52,21
14	SARDINEL ESPECIAL RUITOQUE(+ REPLANTEO)	ML	1590	33.125,38	52.669.359,77	1.355.667.051,01	54,32
15	MURO CONTENSION H=3 mts e=30 cms (+ CIMI	M2	225	222.951,10	50.163.996,51	1.405.831.047,52	56,33
16	ALUMBRADO PUBLICO	GB	1	47.200.126,00	47.200.126,00	1.453.031.173,52	58,22
17	TANQUE AGUA SUBTERRANEA	UN	1	39.283.435,97	39.283.435,97	1.492.314.609,49	59,79
18	SENDEROS PEATONALES	M2	405	94.246,93	38.170.007,95	1.530.484.617,44	61,32
19	SIEMBRA SAN AGUSTIN CON BAMBUI	M2	24786	1.485,00	36.807.210,00	1.567.291.827,44	62,80
20	MURO CONTENSION 2mts CONC.REF	ML	92	369.307,87	33.976.323,94	1.601.268.151,39	64,16
21	MURO CONTENCION 1.5 MTS	ML	109	308.006,62	33.572.721,25	1.634.840.872,64	65,50
22	KIOSCO	GB	1	32.929.681,22	32.929.681,22	1.667.770.553,85	66,82
23	ANDENES EN CONCRETO 1:2:4 e=0.07 MTS	M2	1475	21.695,06	32.000.213,50	1.699.770.767,35	68,10
24	ACOMETIDAS SERVICIOS COMUNALES	UN	1	27.444.205,00	27.444.205,00	1.727.214.972,35	69,20
25	MAMPOSTERIA EN LADRILLO PARA POZO	ML	111	242.239,81	26.888.618,85	1.754.103.591,20	70,28
26	MURO CONTENSION 3.5mts CONC.REF.	ML	34	790.568,83	26.879.340,22	1.780.982.931,42	71,36
27	MURO CONTENSION 2.5mts CONC.REF.	ML	47	541.940,35	25.471.196,45	1.806.454.127,87	72,38
28	SUMIDERSO SL-400	UN	13	1.938.373,50	25.198.855,50	1.831.652.983,37	73,39
29	PLAZOLETA(PLACA-MORTERO-ALFAGRES-GRVILL	M2	233	106.216,31	24.711.225,18	1.856.364.208,55	74,38
30	EQUIPO DE BOMBAS	GL	3	7.540.000,00	22.620.000,00	1.878.984.208,55	75,28
31	RELLENO TIERRA PLANCHA VIBRATORIA	M3	2800	7.880,00	22.064.000,00	1.901.048.208,55	76,17
32	CAMPAMENTO	UN	1	20.704.254,80	20.704.254,80	1.921.752.463,35	77,00
33	PORTERIA	GB	1	19.803.074,79	19.803.074,79	1.941.555.538,14	77,79
34	CANALETA(HASTA H=30CMS,BASE=30 CMS,ANCHO	ML	750	24.462,42	18.346.817,48	1.959.902.355,62	78,53
35	RELLENO GRANULAR	M3	378	45.875,00	17.340.750,00	1.977.243.105,62	79,22
36	RELLENO CON MATERIAL DEL SITIO	M3	5410	3.146,51	17.022.627,91	1.994.265.733,52	79,90
37	ANILLO RED DE GAS	UN	40	425.000,00	17.000.000,00	2.011.265.733,52	80,59

Es de gran importancia también mencionar que la actividad escogida cumple con las características necesarias para realizar la medición del consumo de la mano de obra, los criterios que se tuvieron en cuenta para realizar esta selección, fueron:

- La actividad es una actividad claramente definida es decir el desarrollo del procedimiento y el ámbito de ejecución se encuentra debidamente establecido.

- Es una actividad continua lo que permite hacer medible su rendimiento
- Tiene la característica de ser típica ya que es una actividad común en el sector y principalmente dentro de las obras que ejecuta la empresa ya que todo urbanismo requiere de esta tarea, por tanto aporta a la realización de la base de datos.
- Es cerrada, por lo tanto dentro del proceso observado el alcance es completo, es decir se ejecuta totalmente la obra, de manera que al término de esta se da paso a la iniciación de otra actividad sobre ella.
- Es una actividad representativa, el método de trabajo o pasos de ejecución son similares con lo hechos en otras obras de la empresa, estos no presentan variación notable, criterio importante para que los datos obtenidos puedan ser comparables con las distintas obras construidas.
- Cumple con criterios de normalidad, ya que los factores de afectación del rendimiento se encuentran lo mas cercano al punto neutro, esto quiere decir que la evaluación promedio de todos los factores se encuentra entre el 61% y el 80%.

Como se analizó la actividad de pavimento rígido cumple con los requisitos necesarios para nuestro estudio, es una actividad representativa, y comparable con más obras, además si conseguimos resultados óptimos y se logra plantear mejoras según los rendimientos obtenidos, tendremos grandes beneficios económicos y ahorros, ya que es la obra que mayor valor posee con respecto a las demás.

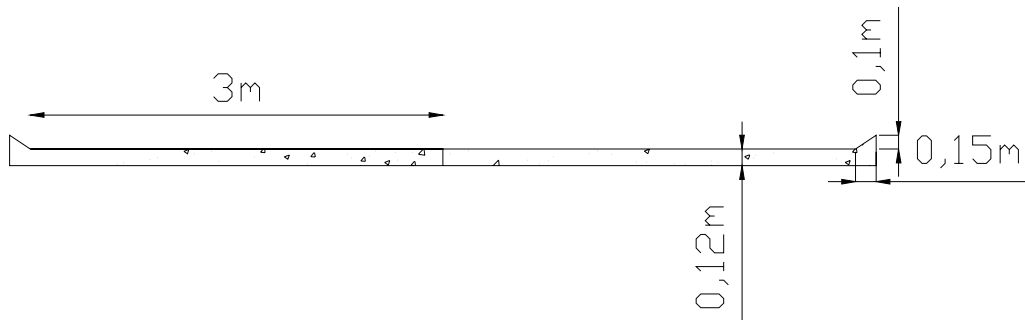
3.5 DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD A MEDIR

Descritas las razones por las cuales fue seleccionada la actividad de pavimento rígido para el estudio de consumo de mano de obra que es el objetivo del estudio realizado, el siguiente paso es realizar el levantamiento y la descripción de la actividad escogida, definiendo claramente el modo operativo de la cuadrilla en la ejecución de la labor.

3.5.1 Especificaciones de diseño y construcción

Según las especificaciones de venta las vías internas del conjunto son en pavimento rígido con sardinel fundido monólicamente junto a la losa de sección triangular. La sección típica de la vía puede ser apreciada en la figura 1

Figura 37. Dibujo sección típica vía interna Colina



Los diseños determinaron un espesor de la losa de 12 cm., construida con concreto de resistencia a la flexión MR 36 es decir con modulo de rotura de 36 kg/cm^2 , usando como refuerzo una malla de 15X15 de 5 mm. Las mallas se traslapan una longitud equivalente a dos cuadros de esta. El diseño no contempló el uso de pasadores transversales ni longitudinales en las juntas debido a que no se consideró necesario para los requisitos de tráfico. En el sellado de juntas se determino el uso de Sika rod y Sikaflex 15 LM-SL, el Sika rod es un rollo de espuma que sirve de apoyo o fondo de juntas para masillas sellantes en frío usado, es ideal para aplicaciones en múltiples tipos de juntas ya sea de expansión o contracción es instalado en las dilataciones antes de aplicar el sellante este no se adhiere a la masilla y se amolda a la junta, se uso Sika rod diámetro 3/8" (6mm) debido al ancho de junta de las losas. El Sikaflex 15 lm sl es un sellante elastomérico, con base en poliuretano, monocomponente, autonivelante y de bajo modulo de elasticidad, diseñado para sellar juntas de autopistas, carreteras, aeropuertos y bodegas industriales. Presenta buena adherencia a concreto y morteros sin utilizar imprimante, posee una capacidad de elongación del -50% al +100% en juntas en movimiento, baja tensión en los labios de la junta, el diseño de la junta debe ser tal que permita un a profundidad mínima de 6 mm y máxima de 12 mm en el sello.

Para la distribución de las juntas a lo largo de la vía no se realizó un diseño ni se contaba con un plano esquemático donde estuviera referenciado el modulamiento de las juntas. Por tanto a medida que se construía se realizaba la distribución de las juntas de manera que longitudinalmente el espaciamiento máximo fuera de 3 m, en cuanto al espaciamiento transversal siempre se fundió secciones de ancho de 3m o sea un carril, para un valor total de ancho de calzada de 6 m. Las coronas de pozos y los sumideros eran armadas y fundidas junto con la losa del pavimento.

3.5.2 Construcción de vías internas

La operación de la construcción de vías se compone de los siguientes procesos:

- Movimiento de tierras menor
- Replanteo y conformación de subrasante
- Armado formaleta
- Colocación del hierro
- Pavimento rígido
- Fundida sardiné
- Corte dilataciones
- Sellado de juntas

Límites de la operación:

- Límite inicial: construcción de sumideros
- Límite final: Aseo y limpieza urbanismo

Estos procesos se encuentran a su vez compuestos por tareas las cuales son el componente de trabajo básico de un proceso y que pueden o no contribuir en la transformación de los recursos.

Las tareas para cada proceso fueron clasificadas e identificadas de la siguiente manera:

- Movimiento de tierras menor:
 - Localización y niveles topográficos
 - Corte

- Relleno
- Cargue
- Transporte material

- Replanteo y conformación de subrasante:
 - Colocación niveles
 - Chequeo niveles
 - Cereada final
 - Control densidad subrasante

- Armado de formaleta
 - Colocación alineadores
 - Nivelación formaleta

- Colocación del hierro:
 - Medida
 - Corte
 - Fabricación panelas
 - Amarre refuerzo

- Pavimento rígido:
 - Vaciado del concreto
 - Corte y flotados
 - Acabado superficial

- Sardinel tipo Ruitoque
 - Colocación refuerzo
 - Colocación formaleta
 - Extendida de concreto
 - Acabado superficial
 - Aplicación compuesto curador

- Corte dilataciones

- Sellado juntas:
 - Limpieza de dilatación
 - Colocación Sika rod
 - Aplicación de sellante Sikaflex

A continuación se presenta una breve descripción de cada tarea con el fin de conocer en que consiste y tener claridad en el procedimiento operativo para su desarrollo.

3.5.2.1 Movimiento de tierras menor.

Esta actividad puede definirse como un adicional al movimiento de tierras de la fase inicial del urbanismo, ya que debido a distintos factores como por ejemplo cambios en los accesos a las viviendas que no fueron contemplados, retiro de material sobrante y escombros dejados en la vía de actividades de alcantarillado, excavación de cimientos de las casas, ajuste de niveles finales del perfil de las vías debido a cambio en diseño, material de arrastre y sedimentos dejado por las fuertes lluvias, etc. Este movimiento de tierra se realizo con maquinaria pesada, y liviana, se usó en el transcurso de la actividad: una retroexcavadora cargadora 428 B, un minicargador (BOBCAT), marca Caterpillar que contaba con vibro compactador pequeño, y un vibrocompactador marca Bitelli, de 7 toneladas, además se utilizaron planchas vibratorias, saltarines y compresores.

Lo ideal para las obras de urbanismo de la empresa, es que esta actividad no tuviera que realizarse, ya que en este caso fue un adicional de obra porque el contrato de movimiento de tierras incluía la conformación final de vías de manera que estas quedaran con el nivel definitivo de diseño y cumplieran con el grado de compactación adecuado, de manera pues, que la única actividad anterior a la fundida de vía, referente a la conformación de la subrasante sea la cereada, que en definición no debe tener una profundidad o altura mayor a 10 cm. Por tanto se observa que esta situación fue un retrabajo producto de una escasa planificación en las actividades a ejecutar a lo largo del proyecto, cabe anotar que para la realización de este movimiento las maquinarias usadas

fueron alquiladas por urbanas y las obras fueron realizadas y dirigidas por el personal administrativo de la empresa.

Figura 38. Movimiento tierras menor vía interna colina.



Localización y niveles topográficos

La actividad de localización y niveles topográficos la desarrolla la comisión permanente de topografía contratada para las actividades de las vías. Esta se encarga de realizar un levantamiento de los niveles actuales y los puntos de referencia de la vía, por ejemplo los sumideros pozos y los accesos a las viviendas construidas y a los lotes, de manera que cumpla con los requisitos de pendientes, bombeos, y localización en planta según los diseños. Además se encarga de plantear alternativas de mejoramiento para los niveles en el perfil de la vía, que son concertadas con el ingeniero residente para la toma de determinaciones. Luego se encarga de implementar estas acciones señalando los niveles de relleno o excavaciones de acuerdo a lo establecido y a los diseños en perfil. Realizando una supervisión en el transcurso de los movimientos de tierra para chequear los niveles finales.

Corte y relleno

Las actividades de corte y relleno en su mayoría se realizaban con maquinaria, se uso en una etapa una retroexcavadora 428 B, un bobcat, y en tramos que se presentaba roca se utilizaron compresores, donde la roca se encontraba muy dura se recurrió al uso de

explosivos para realizar las voladuras. En el desarrollo de esta actividad se contaba con una cuadrilla que acompañaba estas labores de corte y rellenos, esta hacia parte del mismo contrato de mano de obra de las vías.

Como se describió anteriormente la actividad límite de la operación de la construcción de vías son los sumideros. Estos fueron construidos simultáneamente con el avance de las vías, hecho que causó un alto porcentaje de demoras y retrasos, debido a que esta actividad representaba un cuello de botella, porque en sectores donde no se había construido el sumidero para continuar con el avance se debía trasladar el frente hacia otro sector de la obra, para no detener las actividades. Reflejo de esta situación fue el último tramo de vía fundido, este fue un sector en el cual se encontraba un sumidero, siendo este el que determinó el retraso para la finalización de la construcción de las vías.

Debido a que la ubicación de los sumideros es una factor importante para determinar la pendiente de la vía por razones del manejo de las aguas, esto influye determinadamente en los cortes a realizar en la subrasante que no se habían programado anteriormente ya que en la fase del movimiento de tierras no se contaba con la precisión necesaria para determinar el nivel y la ubicación de los sumideros.

La actividad de rellenos fue realizada inicialmente usando planchas vibratorias y saltarines equipos que no eran los adecuados para esta actividad por motivos prácticos, de rendimiento, avances, y resultados de uniformidad en la compactación, por tal razón se decidió introducir a la actividad un vibrocompactador que es la herramienta adecuada para este tipo de labores ya que genera una compactación uniforme en áreas amplias y en menor tiempo. Inicialmente se uso el vibro accesorio del bobcat pero debido a que no generaba resultados satisfactorios se introdujo una maquina vibro compactadota de 7 toneladas marca Viteri adecuada para las labores en los rellenos.

El uso del vibro compactador presentaba inconvenientes ya que debido al peso y tamaño de este equipo su acceso a los lugares donde se debía realizar la actividad era bastante complejo y riesgoso para la estabilidad de las obras ejecutadas.

En el desarrollo de la actividad de los rellenos también se contó con el acompañamiento de una cuadrilla, la misma para todas las actividades referentes al movimiento de tierras esta cuadrilla estaba compuesta por 1 oficial y 4 ayudantes.

Cargue y transporte:

En las tareas de cargue y transporte se trabajó con los equipos ya mencionados los cuales fueron la retroexcavadora 428 y el bobcat, estos cargaban el material en volquetas de capacidad 6 m³ estas en total eran 3 y se encargaban de transportar el material dependiendo de la calidad, a la escombrera del proyecto, sitio de disposición final de los escombros de construcción, si era un suelo óptimo, se llevaba a un stock dentro de la obra o se descargaban en los lugares donde se necesitara para realizar rellenos.

3.5.2.2 Replanteo y conformación de subrasante.

El replanteo comprende la nivelación final de la subrasante de manera que los cortes o rellenos realizados sean inferiores o iguales a 10 cm. Esta actividad es de gran importancia y requiere de mucho control y supervisión ya que es el nivelado final del suelo de manera que se garantice una superficie uniforme que cumpla con la altura o espesor de diseño de la losa al momento de colocar y armar la formaleta.

Por tanto se requiere de una inspección visual para encontrar las superficies desniveladas y las depresiones o protuberancias que puedan existir después del replanteo, por tal motivo es importante diferenciar el espesor teórico del espesor real de la losa fundida, ya que un sobre espesor genera altos desperdicios del concreto y un costo innecesario, mientras que un espesor menor genera un riesgo de fractura o falla en la losa, siendo esta actividad importante en el resultado del producto final obtenido, la construcción de vías.

Figura 39. Cuadrilla de replanteo de vías interna colina



Colocación de niveles

Este proceso inicia con la instalación de niveles trasladados de los niveles topográficos o mojones de referencia. Para esta actividad es usado el nivel de manguera, herramienta muy usada para desplazar los niveles partiendo de un nivel referencia, de esta manera son instalados los pines sobre los cuales se amarran los hilos, que servirán de referencia para el replanteo de la subrasante.

Chequeo Niveles

En este proceso, gran parte de los esfuerzos, o consumo de tiempo, es destinado al chequeo de los niveles por parte de la cuadrilla de trabajo, debido a que es el indicador de cuanto mas se debe recortar o llenar para llegar al nivel establecido. Los ayudantes usan comúnmente una marca en el cabo de su pica o su pala para rectificar el nivel final, convirtiéndose esta, en su herramienta para el control de los niveles.

La cereada es pagada en M^2 , ya que se estima que el espesor máximo es aproximadamente 10 cm. en todo caso, siempre que se funden las vías se paga la cereada es decir este ítem es igual al área de pavicrete fundida en los cortes de las actividades ejecutadas para el pago, cuando el espesor es mayor a 10 cm. se paga la actividad como corte o rellenos siendo para este ítem la unidad de medida el m^3 .

En el replanteo después de que se tiene nivelada la subrasante es importante dar compactación a la capa, de manera que cumpla con densidad de soporte de la losa, para realizar esta actividad fue usada inicialmente la plancha vibratoria y el saltarín pero por la baja de uniformidad y los bajos resultados de compactación se introdujo el vibrocompactador que requería de poco tiempo para obtener resultados óptimos, esta actividad es complementaria al movimiento de tierras ya que esta se realiza luego de que la vía se encuentra replanteada con los niveles ubicados por la cuadrilla del contratista constructor de vías.

Cuadrilla

Esta labor es realizada por una cuadrilla de 1 oficial y 5 ayudantes dentro de la cual el oficial era el encargado de colocar y supervisar los niveles, basándose en las referencias dejadas por la comisión de topografía, además coordinaba las actividades y el chequeo del cereado con referencia a los hilos instalados. Los ayudante se encargaban del corte y relleno, mediante el uso de herramientas como picas, palas, y pisones, también operaban los equipos menores de compactación como la plancha vibratoria.

Control densidades

Terminada la compactación final es ejecutada la tarea de la verificación de las densidades, actividad importante para el seguimiento y el control de calidad del producto final. Esta es realizada usando el densímetro nuclear, herramienta práctica que permite tomar las cantidades necesarias de ensayos en distintas zonas y a distintas profundidades, además ofrece la obtención de resultados instantáneos, de manera que el control no sea un motivo de retraso en el avance, posibilitando actuar inmediatamente si los resultados no son los esperados ya que son obtenidos en sitio. Para el manejo del equipo y el control sobre las densidades en los rellenos la empresa cuenta con un laboratorista calificado para estas labores, el cual debe prestar este servicio en todas las obras de urbanas por tanto las visitas deben programarse de manera que se realicen los ensayos sin que se generen demoras en el rendimiento de las actividades.

3.5.2.3 Armado formaleta

El proceso del armado de la formaleta consiste en la alineación y nivelación de esta. La formaleta usada para la fundida de vías en la obra Colina de Yerbabuena constaba de alineadores metálicos en su mayoría, para los tramos en curva se utilizaron láminas de acero, en algunas ocasiones y en otras se usaron láminas en madera triplex Pizano, las cuales no brindaban un acabado muy bueno ya que el desarrollo de la curva no quedaba bien definido y mostraba un ligero serpenteado. Las formaletas metálicas eran debidamente engrasadas para facilitar su extracción el día después de fundida la losa.

Tanto los alineadores como las láminas eran apropiadamente asegurados mediante la colocación de pines de 3/8 de pulgada de diámetro y de 20 cm. de longitud aproximadamente enterrados en ambas caras de la formaleta para asegurar que no fuera desplazada en el momento del vaciado y extendida del concreto.

La tarea de nivelación de la formaleta consistía en garantizar los 12 cm. de altura de esta sobre la subrasante, nivelada anteriormente, y en asegurar la separación o ancho de la losa en toda su longitud. Para realizar esta nivelación se tomaban como referencia los hilos levantados durante el proceso anterior.

Figura 40. Tramo instalado formaleta



En los tramos en curva la colocación de la formaleta demandaba de un mayor consumo en cuanto a esfuerzo y tiempo en la mano de obra, esto debido a que era necesario localizar la curva con la comisión de topografía y colocar la formaleta flexible de manera que se ajustara lo mas exacto posible al desarrollo de la curva, para lograr este cometido debía moldearse la formaleta y colocar mayor número de pines.

Debido a que los alineadores utilizados tenían una altura de 8 cm. en su sección transversal mayor, se instalaba un alineador acostado sobre otro parado. En los extremos transversales de las losas, se levantaba en la parte inferior el alineador con el fin de dejar paso a la malla electrosoldada, de manera que se pudiera garantizar el traslapeo con la malla de la siguiente losa, para levantar la formaleta eran instaladas cuñas debajo de esta.

Figura 41. Colocación formaleta



Cuadrilla

Para la realización de este proceso se utilizaba una cuadrilla de 1 x 3 donde el oficial era el mismo de la cuadrilla de trabajo en la labor del replanteo, esta actividad en la mayoría de los casos se traslapaba con la fase final del proceso del cereado de la subrasante ya que al tener instalado los alineadores es sumamente difícil realizar los trabajos de compactación en las cercanías a la formaleta.

Los trabajos en la desinstalación de la formaleta eran realizados al día siguiente de la fundida antes de realizar los cortes en las juntas, esta tarea era desarrollada por una cuadrilla de 2 ayudantes.

Mejoras planteadas

De lo observado en el proceso de la instalación de la formaleta se identifican varios factores susceptibles a mejoras con el fin de hacer el método más eficiente. Por ejemplo se observa que el suministro y manejo de la formaleta es un factor susceptible a mejorar. La formaleta es suministrada por una empresa de alquileres, en ocasiones a debido a la poca disponibilidad de los recursos y retrasos en su llegada a tiempo en obra se presentaban demoras en los frentes de trabajo y por tanto en el avance de obra.

De esta situación pueden analizarse las posibles causas con el fin de identificarlas y plantear posible mejoras, principalmente podemos observar 2 causas principales:

- Falta de planeación y programación para disponer de los recursos cuando sean requeridos de acuerdo al avance de las actividades.
- Manejo inadecuado de los recursos y herramientas para las actividades.
- Mal servicio de parte de la empresa proveedora.

Desde el punto de vista práctico y técnico la solución adecuada para esta situación es optimizar el proceso generando acciones como por ejemplo el análisis de la viabilidad de que se fabriquen formaletas para la fundida de vías.

Que el proyecto cuente con formaletas propias es una gran ventaja ya que permite realizar la labor de la manera adecuada sin necesidad de recurrir a procedimiento poco prácticos y artesanales para la actividad. Mencionando algunas de las ventajas tenemos por ejemplo:

- Facilidades en la instalación de la formaleta, lo cual aumenta el rendimiento disminuyendo el tiempo de armado de la formaleta.
- Genera ahorros a largo y mediano plazo debido a los costos del alquiler ya que puede ser utilizada en futuros proyectos.
- Permite el desarrollo del procedimiento correcto para la fundida de las vías ya que la formaleta construida se acomodaría a los requisitos de la actividad, por ejemplo se ajustaría al espesor de la losa, sería fija, con apoyos para su soporte y con piezas de ensamblaje entre ellas para facilitar su acople y desarmada.

El fin de nuestro estudio y el objetivo que persigue el departamento de construcciones de la empresa es la industrialización de sus procesos, por tanto es muy importante realizarlos

haciendo uso de las herramientas y los equipos idóneos, que generen y contribuyan a mejoras sustanciales en la eficiencia y la calidad.

Por tanto los costos y gastos que puedan generarse por estas ideas se encuentran bien justificados ya que sus ventajas analizadas adecuadamente son numerosas.

Colocación del hierro

Dentro de este proceso se encuentran las tareas referentes al manejo del acero del refuerzo en las losas, el cuál consistió en el uso de malla electrosoldada de 5 mm de diámetro y con espaciamientos de 0.30 x 0.30, y de dimensiones de 2.4 m de ancho x 6.0 m de largo.

Las actividades del proceso comprenden las tareas básicas del manejo y manipulación del hierro como por ejemplo la medición, el corte y amarre, realizados en el sitio de la fundida, debido a lo básico de las labores y a las características propias del refuerzo, ya que no era necesario el figurado de este. En el corte de las mallas la herramienta utilizada era una cizalla, para los tramos en curva o en la marcación de coronas de pozos o estructuras hidráulicas se debía darle forma al corte de manera que rodeara el elemento por tanto se necesitaba de mayor cuidado y más dedicación en estos casos.

Coronas Pozos

Debido a que el contratista encargado de la construcción del alcantarillado era el mismo encargado de la construcción de vías, la cuadrilla que designada para las actividades del armado del hierro en las vías era la misma que realizaba el figurado y armado de la corona para los pozos del alcantarillado. Por tanto la cantidad de mano de obra invertida en estas dos labores era la misma sin importar que se estuviera realizando, pero para el manejo de los pagos, se manejaban como dos ítems pertenecientes a distintas actividades.

El armado del hierro de los pozos es una actividad importante ya que en los lugares donde es necesario se convierte en la actividad o tarea que limita el avance del proceso y además que mayor consumo de mano de obra demanda.

Para el armado del hierro en las coronas de los pozos debía figurarse en el lugar destinado para esta actividad en la obra, donde se encontraban las herramientas y elementos utilizados en esta labor, estos consistían en el burro, cortadora y cizallas. El hierro era cortado con la ayuda de una cortadora de disco, por tanto las labores y actividades del figurado para la corona del pozo no eran realizadas en sitio.

Las tareas del figurado y colocación del refuerzo eran realizadas por una cuadrilla de 1 x 1 (1 oficial, 1 ayudante).

Fabricación de panelas

Vinculada a la colocación del hierro, se encuentra la fabricación de panelas. Las panelas son los soporte inferiores en los cuales descansa la malla en la losa con el fin de garantizar la altura adecuada del refuerzo y su respectivo cubrimiento. Estos elementos son fabricados en moldes cuadrados con mortero, cuando se presentaba desperdicio en la fundida, se aprovechaba este concreto para la fabricación de las panelas. Estas eran instaladas con el fin de garantizar una altura aproximada de 6 cm. del refuerzo sobre el nivel de la subrasante. Las panelas son aseguradas a las mallas con alambre negro, para evitar su desplazamiento en el momento de la fundida.

Figura 42. Detalle Hierro refuerzo vías.



3.5.2.4 Pavimento rígido

El proceso denominado pavimento rígido requiere de gran detalle en su descripción ya que es la actividad donde se desarrolla la medición de los consumos de mano de obra, por tanto a continuación se define y explica detalladamente las tareas que hacen parte de este proceso, con el fin de conocer las condiciones y los factores que influyen en los resultados obtenidos en el estudio realizado.

Debido al tamaño de la obra, la cantidad de vías a construir y el campo de acción limitado en el avance, causado por interferencias con otras actividades, se tenía destinado un solo frente de trabajo en el proceso de fundida de vías, aunque en ciertos casos en que las condiciones lo permitían se trabajó con dos frente cada uno en distinto lugares del proyecto.

El frente de trabajo en mención se encontraba conformado por una cuadrilla 2 x 4 (2 oficiales y 4 ayudantes), cada integrante ejecutaba tareas o apoyaba en el desarrollo de las labores específicas del proceso de forma que se garantizara la actividad continua de todos los integrantes.

Figura 43. Detalle sección de vía.



Límites del proceso

El proceso se encuentra definido por dos límites que permiten diferenciar y establecer el alcance del proceso analizado, el cuál es la fundida de la losa en sí. Nombrando estos límites se tiene:

- Límite inicial: Armado del Hierro
- Límite final: Retiro de la formaleta.

Se puede ver que cada límite indica cuando termina un proceso para que otro sea iniciado. A partir del límite inicial se da comienzo a las actividades que se miden en el estudio, los tiempos que se toman en las observaciones no corresponden precisamente al lapso real entre los límites del proceso. Es importante aclarar que la medición comprende desde el momento en que se empieza a descargar el concreto desde el Mixer en el sitio de la fundida y finaliza con la última labor del proceso que es el momento en el que se termina de aplicar el compuesto curador.

Tareas del proceso

El proceso del pavimento rígido se encuentra comprendido por 3 tareas, mencionadas anteriormente, estas tareas se encargan de la transformación de los recursos en el producto final. La mayoría de las actividades que conforman estas tareas contribuyen claramente a la transformación de la materia prima principal de la operación de construcción de vías que es el concreto. Todas las actividades tienen un orden secuencial y un procedimiento el cual se describe a continuación.

a) Vaciado del concreto

La primera tarea desarrollada en el procedimiento de construcción de pavimento rígido es el vaciado del concreto, esta tarea consiste en el descargue del concreto y su correspondiente distribución en el área de la losa. Las actividades que hacen parte de esta tarea según la metodología desarrollada en obra son:

- Descargue de concreto
- Distribución del concreto
- Compactación

Antes de iniciar el descargue del concreto se realiza una inspección de las formaletas, los hierros y una limpieza del sitio, luego se humedece la subrasante, actividad importante para evitar la pérdida rápida de agua en el concreto.

Descargue

El descargue del concreto incluye la maniobra de la canaleta para distribuir el concreto, el movimiento del mixer por la zona de fundida y los trabajos de control sobre la cantidad de concreto descargado en los tramos consecutivos. Simultáneo al desarrollo de estas actividades, se realiza la distribución del concreto desde los lugares en que se descarga, en esta actividad la cuadrilla se encarga de palear el concreto para distribuirlo uniformemente en el área de la losa. En el descargue, un oficial de la cuadrilla se encarga de instruir al operador del Mixer en cuanto a la cantidad de concreto a descargar y guiar el desplazamiento del camión en el área de trabajo, los restantes miembros de la cuadrilla se encargan del manejo de la canaleta del mixer y su movimiento, además esparcen los depósitos y controlaban el desperdicio del concreto verificando que no pase por encima de la formaleta. En el transcurso de la distribución, uno de los oficiales se encarga de realizar labores de dirección para que las capas sean uniformes y la cantidad nivelada, de manera que al cortarlo no se presenten problemas, también ayuda a los ayudantes a palear y a desarrollar todo el método operativo del proceso.

Mientras se realizaba la distribución y extensión del material por toda la losa, se realiza el compactado manualmente a partir del uso de las herramientas de extensión es decir con palas, teniendo cuidado especial en las zonas aledañas a los bordes de las formaletas lugares donde es más crítico el grado de compactación.

Figura 44. Descargue concreto vías



Mejoras del proceso

Observando y analizando el método de compactación puede concluirse que es insuficiente y podría asumirse que no hubo compactación en las losas, aunque debido al pequeño espesor de la placa puede decirse que no es tan importante realizarla; igualmente para la integridad de la losa es importante la extracción de los vacíos de aire que puedan quedar en el caso de una compactación pobre.

El objetivo en nuestra investigación es la medición de los tiempos, pero se considera importante realizar un análisis crítico de los métodos usados, los cuales, en este caso, son bastante artesanales y muy susceptibles a potenciales mejoras. Por ejemplo en el caso de la compactación del concreto de las losas, no era realizada con las herramientas propicias y adecuadas para esta labor, debido a que esta práctica no garantiza la uniformidad en el procedimiento, siendo poco confiable y un riesgo en la calidad del producto obtenido, por tanto es necesario prestar atención al método operativo y las herramientas usadas en esta actividad con el fin de realizar las mejoras pertinentes para garantizar y asegurar la calidad final del producto, objetivo perseguido por el Sistema De Gestión montado en la empresa.

Si bien puede asumirse que debido a las especificaciones de uso de la vía y a las bajas cargas de tráfico que puedan presentarse en las losas, ya que son vías internas de un conjunto, no es imperioso realizar una compactación rigurosa, hay que tener presente que la misión y el objetivo que persigue la empresa es la optimización de sus procesos mediante la mejora continua y el uso de las técnicas y herramientas adecuadas que respalden y acrediten la calidad en las construcciones. Por tanto debe prestarse atención en las actividades como la descrita anteriormente que son susceptibles a mejoras.

Se recomienda el uso de la regla vibratoria en las próximas obras de urbanismo realizadas por la empresa. Esta regla ayuda notablemente al aumento en los rendimientos y en la calidad final del extendido y compactado, genera una superficie lisa y uniforme, que no requiere de flotado posterior, ayuda a una fundida continua y en serie.

En el proyecto la montaña se implementó esta metodología gracias al suministro de las herramientas para la construcción, por parte de la empresa proveedora del concreto. Las ventajas y beneficios obtenidos fueron notables, disminuyendo los tiempos de trabajo y aumentando el rendimiento diario en los frentes. El uso de la regla vibratoria requiere de la fabricación de formaletas metálicas rígidas que soporten el peso de la regla.

b) Corte y flotado

Continuando con la descripción del proceso la siguiente tarea ejecutada es el corte y flotado del concreto.

Las actividades que hacen parte de esta tarea según la metodología desarrollada en obra son:

- Corte
- Nivelación

En la ejecución de este trabajo se hizo uso de una regla metálica maniobrada en la mayoría de los casos por los oficiales de la cuadrilla. Antes de realizar el corte del concreto con la regla era necesario retirar los pines internos de la formaleta ya que una

vez el concreto ocupaba el espacio no era necesario los pines para el soporte interno, esto con el fin de permitir el desplazamiento de la regla en los bordes de la losa. Esta labor era desempeñada por 2 ayudantes,

Figura 45. Corte y nivelación concreto



La actividad del corte incluye acciones de nivelación de la superficie, compensación de material, de manera que donde se presente exceso se retira y donde haga falta se aplica material, esto con el fin de que al paso de la regla quedara perfectamente nivelada la losa superficialmente, el movimiento del operador de la regla era de avance longitudinal de adelante hacia atrás abarcando en cada posición el ancho total de 3 m de la placa, este se ubica dentro de la losa recién fundida en contacto con el concreto fresco. En esta operación se realizan movimientos laterales para el corte del concreto transversalmente, esto ayuda a conseguir el flotado del concreto de manera que se abrieran los poros en el concreto fresco y sacar el agua de sangrado a la superficie, permitiendo un mejor acabado de esta, mejorando y facilitando la nivelación y una superficie lisa y uniforme.

c) Acabado superficial

Las actividades que hacen parte de esta tarea según la metodología desarrollada en obra son:

- Allanado
- Biselado
- Texturizado
- Aplicación curador

Allanado

Al finalizar el corte y nivelado se prosigue con los trabajos de allanado o pulimiento de la superficie, actividad perteneciente a la tarea del acabado superficial de la losa. En la etapa de medición de tiempos para determinar el consumo de la mano de obra, en esta actividad, se presentaron recesos o tiempo improductivos causados por el estado de endurecimiento del concreto. Esto debido a las condiciones de manejabilidad ya que en varias ocasiones presentaba un alto grado plástico, característica que dificulta las labores de allanado, ya que, como bien se sabe, el concreto debe cumplir con determinadas características para estar en el estado “a punto de llana”.

Herramientas y equipos

En el allanado de la superficie se utilizaba una llana común manual en madera, de agarradero corto, la misma que se usa en los pañetes de los muros. Debido a las características de la herramienta con el fin de abarcar toda el área y longitud de la losa fundida y nivelada, era necesario instalar y armar provisionalmente una estructura de soporte que no hiciera contacto con la superficie fundida y que suspendiera al obrero para que este pudiera realizar el allanado sin apoyarse en el concreto fresco.

Esta estructura consistía en un alineador metálico de 4 m de largo soportado lateralmente en ladrillos, estructura que por sus características era incomoda para el trabajo a desempeñar debido a que el obrero debía tener equilibrio y el maniobrar sobre este soporte era una tarea complicada. La posición del trabajador sobre la estructura era tendido sobre ella.

Figura 46. Allanado superficie losa



Mejora planteada

Al observar lo inadecuado del método de trabajo para el caso de allanado se percibe claramente que para evitar el uso de esta estructura de soporte debe cambiarse la herramienta del allanado que es inadecuada para la labor, debido a que no permite un alcance global en el área de la losa.

En la práctica de la construcción de pavimentos rígidos el instrumento utilizado para el desarrollo de esta actividad es conocido como la llana de mango largo articulado, que al rotarse acciona un mecanismo de elevación que le permite deslizarse planeando por la superficie del concreto. La superficie de contacto consiste en un plato de base, metálico, liso y delgado, que permite la obtención de un acabado uniforme en el concreto.

Como puede observarse la solución es simple y las ventajas son generosas, contribuyendo a la comodidad en las labores y a mejoras en los tiempos de ejecución en el desarrollo de esta tarea.

El uso de esta herramienta mejora notablemente los tiempos y rendimientos en la labor, al facilitar y agilizar el desarrollo de la actividad, por un costo considerablemente pequeño, en relación con el valor total de la construcción de vías y de la materia prima del proceso.

Debido a las condiciones del contrato, el contratista se encarga del suministro de la mano de obra y de algunas de las herramientas básicas para el desarrollo de la operación, en el caso de la actividad de allanado, es el que se encarga de proveer a su cuadrilla de la herramienta menor, se decir de las llanas tanto metálicas como en madera. Por tanto una solución puede ser incluir dentro de los pliegos de licitación, en un próximo contrato, la descripción del proceso y equipo a utilizar para el allanado en la operación de construcción de vías; de manera que se exija el uso de la llana de mango largo articulado para estas labores.

Solo si la empresa mantiene y aumenta su interés por contar con contratistas calificados y que cuenten con las herramienta adecuadas para el desarrollo de las operaciones, se alcanzará la optimización de los rendimientos y la mejora en la calidad de las construcciones; de manera que en el momento de seleccionar al contratista no sea el valor de la propuesta el factor determinante, sino tener presente también, las herramientas con las que cuenta para el desarrollo de las labores. Hay que adquirir conciencia en la asignación de los precios unitarios a las labores por contratar, ya que con precios bajos es posible que se ponga en riesgo la calidad de los procesos y herramientas usadas en la construcción, afectando la calidad final en las obras.

Modo operativo

Siguiendo con la descripción de las actividades desarrolladas, el allanado, al igual que el corte iniciaba en un extremo de la sección lineal fundida y se avanzaba a medida que se iba completando el allanado del ancho de la posición donde se encontraba instalada la estructura de soporte. En algunas ocasiones donde la cantidad de concreto y el avance en la actividad del cortado del concreto lo permitían, se trabajaba el allanado en dos frentes cada uno realizando una barrida desde los extremos, hasta encontrarse en la mitad de las secciones lineales fundidas.

El allanado se realiza en movimientos circulares, en lugares donde aparecían fisuras superficiales causadas por el rápido fraguado del concreto era indispensable pasar nuevamente la llana para cerrar las fisuras.

Medición de juntas

Al tiempo que se va realizando el allanado de la losa un oficial junto a un ayudante se encargan de la medición de las juntas y su respectiva marcación. El oficial coordina esta labor haciendo uso del flexometro y niveles levantados con hilos de referencia para guiarse al otro costado de la sección fundida, la marcación es realizada mediante la señalización en los alineadores longitudinales.

Si bien la marcación de las juntas no representa un alto porcentaje en el consumo de la mano de obra dentro del proceso, es una actividad que requiere de mucho cuidado y precisión.

Biselado de bordes

Con la marcación de las juntas se da espacio para el inicio de las tareas del acabado superficial de la losa, el cual inicia con la marcación de los bordes de las losas comúnmente conocido en el medio como el “ratoneado” o biselado. Este consiste básicamente en dibujar una superficie lisa en forma de marco de aproximadamente 6 cm. de sección alrededor de las juntas y bordes de cada placa, para realizar esta labor en las juntas, se utiliza nuevamente la estructura de soporte descrita anteriormente de manera que el obrero quede suspendido y realice la marcación. Las herramientas principales usadas en esta actividad es una llana metálica pequeña de 6 x 10 cm. con un dobléz en la esquina de 2 cm. que es utilizado como guía para demarcar y estampar la junta; esta tiene la cara lisa y se va deslizando por los bordes creando un acabado liso y adecuado para las especificaciones solicitadas. En las juntas transversales es usada una llana plana metálica más grande que la primera, de dimensiones 15 x 20 cm., esta consiste en una hoja lisa y plana de 8 mm de espesor y un mango para la manipulación. Con el fin de mantener la alineación de las juntas transversales se usa como guía de la llana grande una regla metálica, para las juntas longitudinales no es necesario ya que los alineadores de la formaleta realizan esta tarea. La junta es dibujada y ligeramente marcada en el momento del ratoneado con el borde de la llana que se introduce ligeramente en la superficie del concreto, esta marca se realiza para dividir el estampado liso de la junta en la mitad y sirve como referencia para el operador de la cortadora.

Figura 47. Biselado de los bordes de la losa



Texturizado superficial

La tarea siguiente al acabado de los bordes en las juntas es el texturizado superficial de la placa, de forma que esta cuente con el grado de aspereza adecuado, necesario para la adherencia del vehículo.

Esta actividad es realizada cuando el concreto se encuentra lo suficientemente plástico pero lo suficientemente seco para evitar el flujo del concreto hacia los surcos, esto quiere decir, que se realiza cuando el concreto se encuentre a “punto de llana” o estado en el cual no exista agua de exudación en la superficie, cuando esta pierde su brillo y se torne color mate.

La técnica usada en obra para realizar el labrado de la superficie de la losa es conocida como el macro texturizado, el acabado es proporcionado con el cepillo de una escoba plástica con una extensión en su mango para tener el alcance adecuado. El escobado es realizado transversalmente y con el fin de tener una marcación derecha y alineada se usa una regla metálica como guía. Verificando las recomendaciones de Asocreto para la construcción de vías en concreto, la herramienta adecuada para realizar esta actividad, es un cepillo de dientes metálicos en los peines con una ancho de cerda de $3 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ y una separación entre cerdas de $20 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$, la huella que se deja en el concreto

debe estar entre 3 y 6 mm de profundidad.¹ También se sugiere que los dientes se encuentren en una inclinación de 45° evitando con esta medida el arrastre de los agregados en la superficie fundida.

Figura 48. Texturizado realizado mediante el escobeadado.



Mejora planteada

Tomando como referencia estas recomendaciones, podemos concluir claramente, que la herramienta usada en el proyecto para esta tarea no es la adecuada, ya que la escoba no cumple con ninguno de los requisitos anteriormente descritos. Aunque el labrado se realiza con fines de funcionalidad y no compromete el elemento en cuanto a la durabilidad y resistencia a la rotura, es importante que se tenga en cuenta esta observación con fines de la seguridad y comodidad para el usuario de las vías, ya que estos surcos superficiales generan canales que también cumple la función de micro drenes, ideales para evacuar el agua debajo de las llantas del vehículo evitando así el hidroplaneo (deslizamiento superficial) cuando existe la presencia de agua superficial en el pavimento o durante los periodos lluviosos.

Cabe anotar en la descripción realizada, que a medida que un segmento de la cuadrilla se encuentra realizando el labrado de la losa, los otros integrantes desempeñan actividades de apoyo o complementarias, que si bien no contribuyen directamente al producto final

¹ Asocreto Practicas construcción de vías en concreto. Bogotá. 2000

son importantes en el desarrollo de las labores. Mencionando por ejemplo las labores de limpieza del concreto sobrante, el transporte de escombros y residuos, limpieza de las herramientas y equipos de trabajo, orden y aseo del lugar. De esta forma se puede afirmar que en los tiempos medidos, la cuadrilla completa se encuentra desempeñando labores.

Aplicación curador

Para cerrar este proceso de pavicreteo rígido, se encuentra la aplicación del compuesto curador. En la construcción de vías en concreto el curado del material es uno de los procedimientos de mayor cuidado y gran importancia en la calidad final de la losa, debido a las características de pérdida de agua en este por el fraguado y a las dimensiones de la losa, son susceptibles a la formación de fisuras y dilataciones. En esta actividad el principal objetivo es mantener el concreto a una humedad y régimen de temperatura adecuado con el fin de que se desarrolle la resistencia específica y se garantice su durabilidad.

Dadas las condiciones ambientales en nuestro proyecto, se debió tener especial cuidado en varios factores que influyen en la rápida pérdida de agua en el concreto. Estos son las altas temperaturas, alta velocidad del viento y alta humedad. Debido a la ubicación geográfica del sitio, se presentan altas corrientes de aire, que hacen de este lugar, un sitio propicio para la práctica de deportes como el parapentismo.

Si la evaporación es superior a $0.5 \text{ Kg/ m}^3/\text{ h}$, se debe tomar las medidas adecuadas para prevenir la pérdida excesiva de humedad de la superficie del concreto endurecido y evitar la presencia de grietas de retracción en el concreto en estado plástico y la consecuente disminución de la resistencia por la formación de micro fisuras debido a este fenómeno.

Existen gran variedad de sistemas y métodos para garantizar un óptimo contenido de humedad en el concreto. Para la obra analizada se utilizó el sistema de membrana curadora que consiste esencialmente en ceras, resinas naturales o sintéticas y solventes altamente volátiles a temperatura ambiente; la composición química de estas membranas

es tal que forma una película que retiene la humedad al poco tiempo de ser aplicado el compuesto y que no afecte la pasta de cemento.

En obra se selecciono el producto de Sika llamado Antisol Blanco, según especificaciones de aplicación del producto este debe ser aplicado de manera uniforme requiriéndose una proporción de 200 g/m² del compuesto curador. Las recomendaciones indican que la aplicación debe ser realizada con el uso de un atomizador manual, sin embargo el método de aplicación elegido para la obra en estudio fue mediante la imprimación con el uso de un rodillo de pintura, según el manual del fabricante del producto curador la única desventaja de esta práctica es el aumento en el consumo del material y por tanto la disminución en su rendimiento.

El momento de aplicación de este compuesto debe ser cuando desaparece el agua libre sobre la superficie del concreto y cuando este ha perdido su brillo superficial es decir cuando el concreto se encuentra en el estado a “Punto de llana”, como se describió anteriormente. La aplicación del curador se realiza a medida que se termina de ejecutar el texturizado superficial. En el desarrollo de esta actividad participaban 2 ayudantes y 1 oficial. La labor del oficial era guiar, instruir y supervisar, la aplicación del producto, esta aplicación se realiza en forma transversal y en una sola capa.

Losas dilatadas por retracciones en concreto

En el transcurso de la construcción de las vías internas de la obra seleccionada surgieron varios problemas con losas dilatadas en todo su ancho y todo su espesor. Este fenómeno podía ser observado momentos después de iniciado el fraguado del concreto, con la aparición de pequeñas fisuras, en las losas que se dilataron completamente, las dilataciones aparecían al día siguiente de la fundida de la losa.

Como medida correctiva y de control se realizó un seguimiento para encontrar las posibles causas de este fenómeno. Se programaron visitas junto al personal del laboratorio de la planta concretera, con el acompañamiento de un asesor técnico de la firma encargada del suministro del compuesto curador, ya que una posible causa podía ser el mal desempeño de este compuesto.

De esta visita se obtuvieron varias recomendaciones para prevenir nuevamente la aparición de las dilataciones. Una de ellas fue la instalación de pantallas o mamparas, ya que una posible causa podía atribuirse, como se explico con anterioridad, a la alta velocidad del viento en la zona donde se ubicaban las losas dilatadas. Otro indicio era la aparición de pequeñas fisuras que se formaban en el estado inicial del fraguado del material, originadas por el fenómeno de retracción del concreto debido a un rápido fraguado. A las fisuras se les realiza un tratamiento inmediato, consistente en un allanado superficial, que en ciertas ocasiones era efectivo, pero otras era imposible controlar las fisuras superficiales y la aparición de la dilatación al día siguiente.

Otra recomendación surgida en la visita, fue el uso de un compuesto o método de curado más efectivo para controlar los efectos del viento sobre la losa, se mencionó el uso de tejidos humedecidos de fique para cubrir la superficie.

A estas recomendaciones se les realizó el respectivo análisis y se determinó junto con los asesores de la planta de concreto el suministro de la mezcla con un retardante al fraguado del concreto y un plastificante, esto debido a que el producto utilizado en la construcción de las vías cuenta con características de bajo asentamiento lo que lo hace poco manejable, el asentamiento máximo según diseño debe ser de 4 ". El uso del plastificante le confiere a la mezcla asentamientos entre 5" y 6", el retardante es necesario también para el manejo de los tiempos en el concreto, esto debido a la ubicación del proyecto y a la gran distancia desde la planta. El tiempos promedio entre el cargue del material en la mixer y la llegada a la obra oscila en 60 ± 30 minutos. En consecuencia la planta se comprometió a enviar un producto con asentamiento entre 5" y 6 ", medida que mejoró notablemente la calidad final en las losas y la trabajabilidad del producto.

Por tanto se continuó con el mismo procedimiento y método de curado descrito anteriormente.

Con la finalización de esta actividad termina el proceso que se esta midiendo en el estudio de consumos de mano de obra, por tanto las medición del tiempo consumido termina al finalizar esta actividad.

Figura 49. Detalle fisuras aparecidas en las losas.



3.5.2.5 Construcción de sardineles

Siguiendo con la operación de construcción de vías internas del conjunto el siguiente proceso después de la fundida de la losa es la construcción del sardinel tipo Ruitoque. Cuando se construyen vías en concreto no es necesario la construcción de los sardineles antes de la construcción de las vías, procedimiento que si se realiza en la construcción de vías en pavimento asfáltico. En muchos proyectos los sardineles se construyen monolíticamente con la losa de concreto, esto favorece el rendimiento de la labor ya que de una sola vez se realizan estas dos actividades, también estos pueden ser construidos después de fundida la losa, procedimiento que se adopto al comienzo en nuestro proyecto, el anclaje de la losa con el sardinel consistía en ganchos de diámetro $\frac{1}{4}$ " con ganchos de 30 cm. espaciados aproximadamente cada 15 cm. longitudinalmente. Estos ganchos eran insertados luego de la extendida, distribución y corte de la superficie de la losa. Luego al día siguiente de la fundida de la losa se armaba con alineadores o con láminas de acero y pines el soporte de la espalda de los sardineles. Luego se fundía el sardinel con concreto de 3000 psi mezclado en obra o pedido de la planta según la cantidad lineal a fundir. El sardinel consiste en una sección triangular de 15 cm. de base con 10 cm. de altura apoyado en la losa de pavicreto.

Por razones técnicas y de comportamiento de la estructura del sardinel, se opto por cambiar esta metodología constructiva y se decidió fundir monolíticamente el sardinel junto a la losa de concreto. Por tanto después de realizado el corte de la superficie de la

losa y la instalación de los ganchos se procedía a armar la formaleta del sardinel como se describió anteriormente. Luego se fundía con el mismo material de las losas (pavicrete) y era cortado con el uso de una espátula, después que el concreto adquiría el estado adecuado se le daba el allanado y se le realizaba el texturizado final mediante el escobeadado descrito anteriormente, finalmente al igual que la losa se le aplicaba el compuesto curador (antisol blanco).

Figura 50. Detalle construcción de sardineles



Esta actividad era realizada por una cuadrilla de 2 ayudantes (0 x 2), supervisados por un oficial integrante de la cuadrilla de la fundida de la losa.

Comúnmente la construcción del sardinel finalizaba luego de que se terminaban las labores de construcción de la losa. El proceso de la construcción de sardineles no se tuvo en cuenta dentro de las mediciones del consumo de mano de obra para la actividad que se seleccionó.

3.5.2.6 Corte de juntas

Al día siguiente de fundida la losa en las primeras horas del día, se procedía a realizar el corte de las juntas dibujadas en el acabado superficial, esto con el fin de evitar la aparición o inducción de dilataciones en sitios diferentes a las juntas, debido al proceso de retracción natural del concreto. Este corte era realizado con una cortadora industrial

de concreto con disco de diamante guiada y controlada por un operador, Estos medios de trabajo hacían parte de la empresa.

Figura 51. Cortador utilizada en los cortes de las juntas.



Las dimensiones aproximadas del corte eran de 6mm de ancho aproximadamente y 4 cm. de profundidad, es decir $\frac{1}{3}$ del espesor de la losa, que es la medida que se recomienda en la práctica para la construcción de vías en concreto.

Todas las juntas marcadas en la fundida eran cortadas, aunque las únicas que en realidad se cortaban eran las transversales ya que las juntas longitudinales eran juntas frías debido a que primero se fundía un carril y luego se completaba el otro. Adicionalmente en curvas, alrededores de las estructuras hidráulicas y zonas de parqueo debía realizarse el corte adecuado para el buen funcionamiento de las losas y prevención de juntas inducidas no controladas.

3.5.2.7 Sellado de juntas

El proceso del sellado de las juntas es una actividad muy importante para el comportamiento de las losas en su vida útil, por tanto es recomendado realizar esta actividad tan pronto se realice el corte de las juntas esto con fines de garantizar el correcto comportamiento de las juntas y permitir el movimiento entre losas a causas de procesos de alabeo del concreto para este tipo de elementos, contracción (día) y dilatación (noche)

En la obra se presentaron demoras para dar inicio al desarrollo de esta labor por varios motivos, en primer lugar no se contrataron las labores debido a la falta de definición en el diseño del sistema de sellado de las juntas, segundo, por demoras en el suministro en obra del producto seleccionado por parte del proveedor. Debido a esto transcurrió aproximadamente 2 meses desde el corte de las juntas hasta que se iniciaron las labores de sello. Como consecuencia de esta demora comenzaron a observarse desportillamientos en los bordes de las losas, losas desboquilladas en las juntas, esquinas vecinas de losas con dilataciones diagonales debido al lavado de la subrasante por el ingreso de agua por las juntas, todo esto agravado por el tráfico continuo de camiones, mixers y maquinaria pesada para trabajos en los lotes. Para realizar estas reparaciones se utilizó un producto para el resane de los bordes llamado SikaTop, esta labor fue realizada por el contratista encargado del sello de las juntas.

Figura 52. Instalación Sikarod en juntas de vías.



Como se mencionó anteriormente para realizar el sello de juntas se decidió usar 2 productos los cuáles son los idóneos y adecuados para esta labor. El primer producto es una tirilla de espuma utilizada como respaldo para el sello la cuál debe quedar comprimida un 25 % dentro de la junta siendo presionada dentro de esta. El siguiente producto aplicado en la junta es el material sellante este es un producto elástico con propiedades adherentes al concreto que permite dilataciones y contracciones sin agrietarse o desprenderse, el producto usado es un poliuretano elastomérico monocomponente, autonivelante y de bajo módulo de elasticidad.

Debido a que las juntas se encontraban llenas de sedimentos y por requisitos procedimentales es necesario antes del sellado realizar la limpieza del interior de las juntas, para ejecutar esta tarea se uso un compresor de aire y una espátula para retirar el material introducido.

Al tener gran cantidad lineal de junta limpiada se tenía espacio para iniciar la inserción de la tirilla de respaldo, esta fue insertada mediante el uso de un rodillo especial herramienta que garantiza una profundidad adecuada de instalación. Igualmente cuando se contaba con una cantidad considerable de junta con tirilla se procedía a la aplicación del material sellante de la junta mediante el uso de un equipo de presión que forza el material hacia el fondo de la junta vaciada y llenandola sin derramar en la superficie, durante la aplicación del sellante se controló que este quedase aproximadamente 6 mm debajo de la rasante de la vía, medida necesaria para evitar la perdida y desprendimiento del material por el tránsito de los vehículos.

Figura 53. Aplicación del sellante. Sikaflex para juntas de vías



La actividad del sello de juntas se contrato con una empresa especialista en estas labores que cuenta con la experiencia, el personal y los equipos adecuados para la ejecución de esta tarea. La actividad era realizada por una cuadrilla de 1 oficial y 1 ayudante (1 x 1).

Figura 54. Detalle acabado final de vías internas Colina

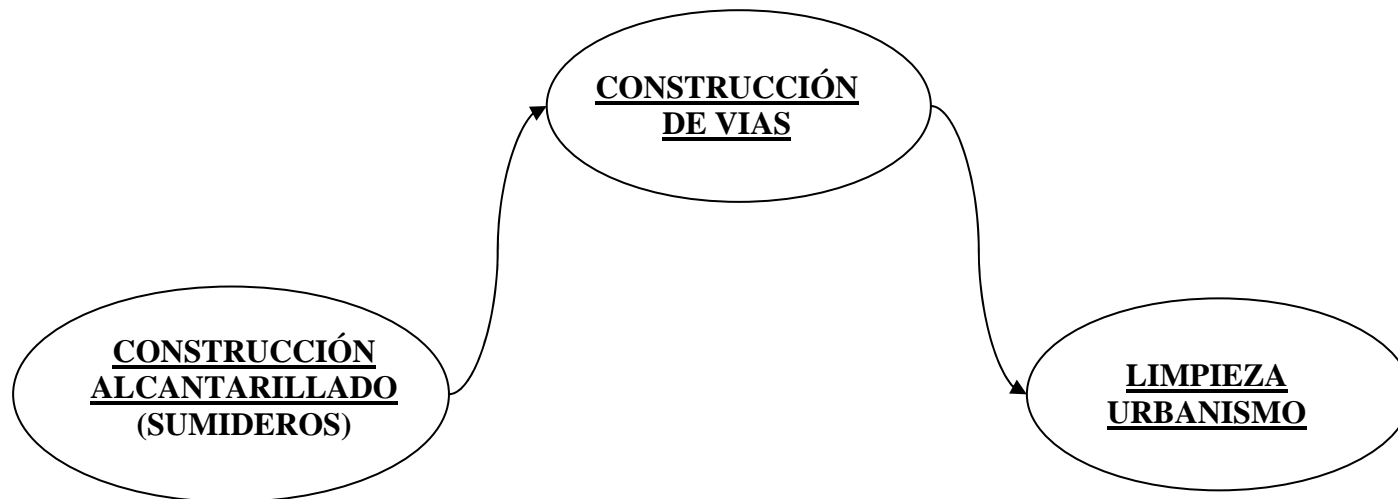


3.5.3 Modelos gráficos

Partiendo de la descripción e identificación de las tareas, actividades y procesos que hacen parte de la operación de construcción de las vías internas del proyecto COLINA DE YERBABUENA, se presenta a continuación el modelo gráfico de la operación, los procesos y las actividades que hacen parte de este, con el fin de tener un esquema visual que permita observar claramente la secuencia y relación existente entre las mismas.

3.5.3.1 Modelo gráfico secuencia de operaciones

Figura 55. Modelo gráfico secuencia de operaciones

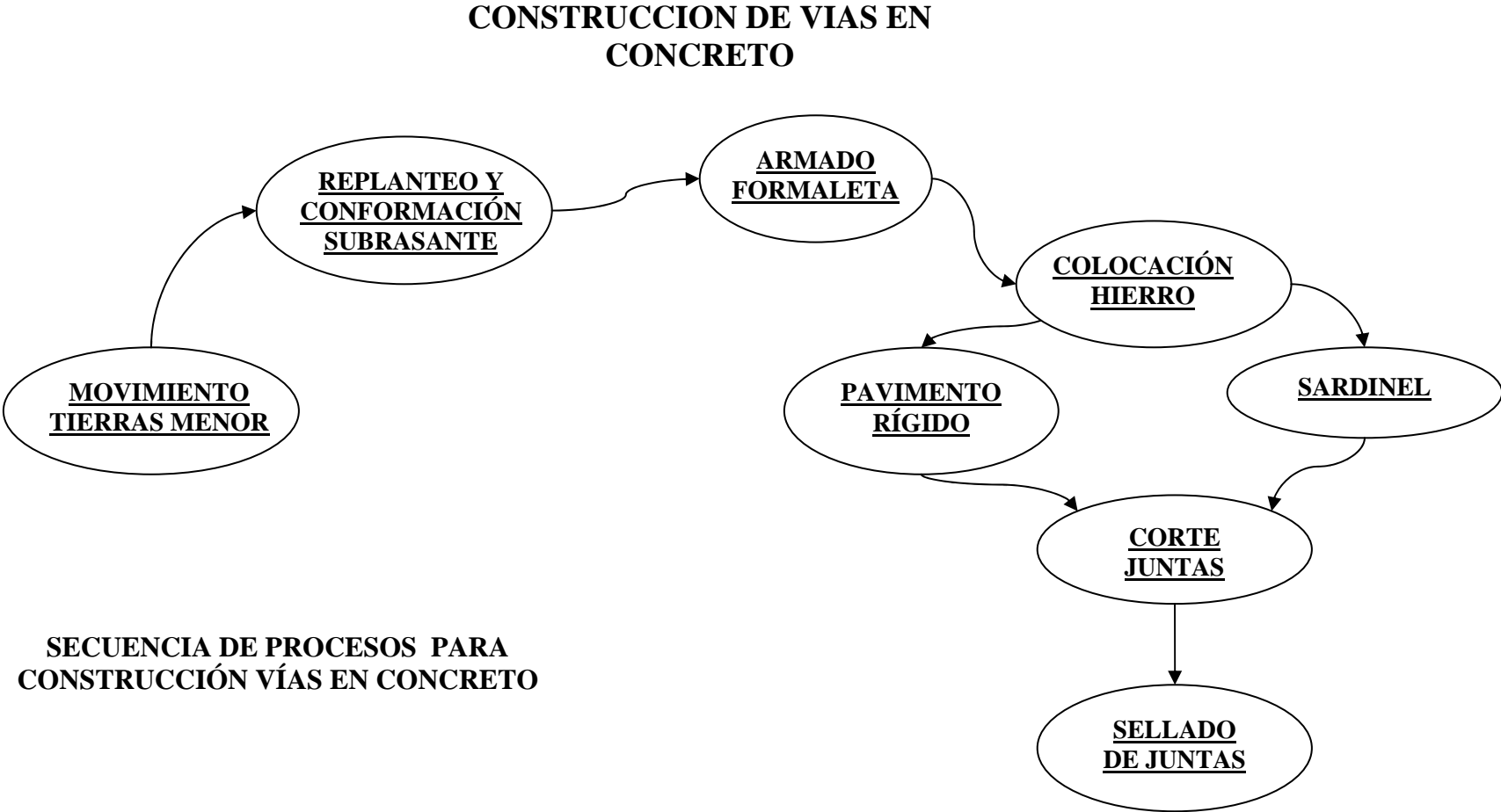


SECUENCIA DE OPERACIONES PARA CONSTRUCCIÓN DEL URBANISMO

Límites de la operación de construcción de vías
internas del conjunto.

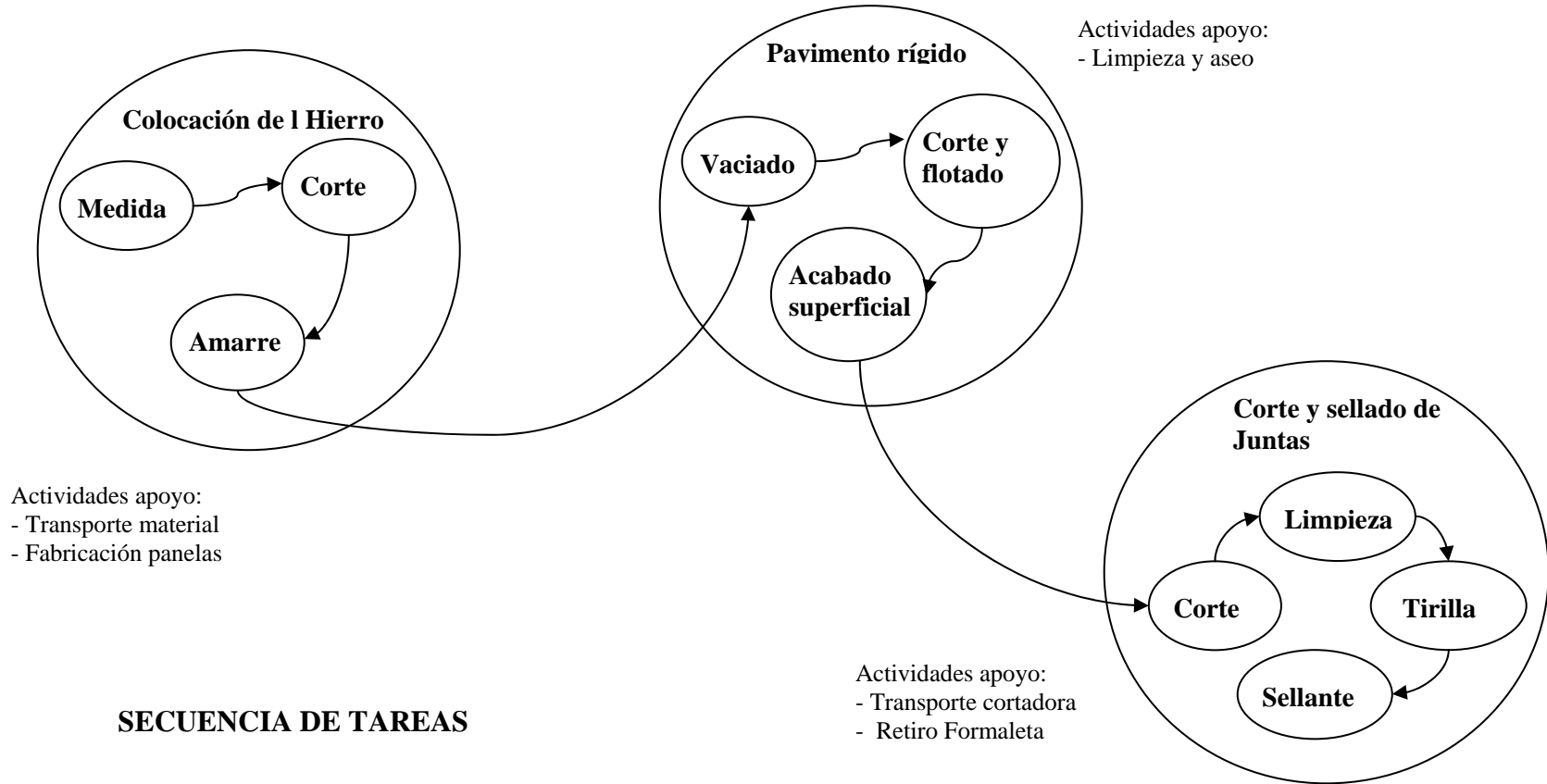
3.5.3.2 Modelo gráfico secuencia de procesos

Figura 56. Modelo gráfico secuencia de procesos



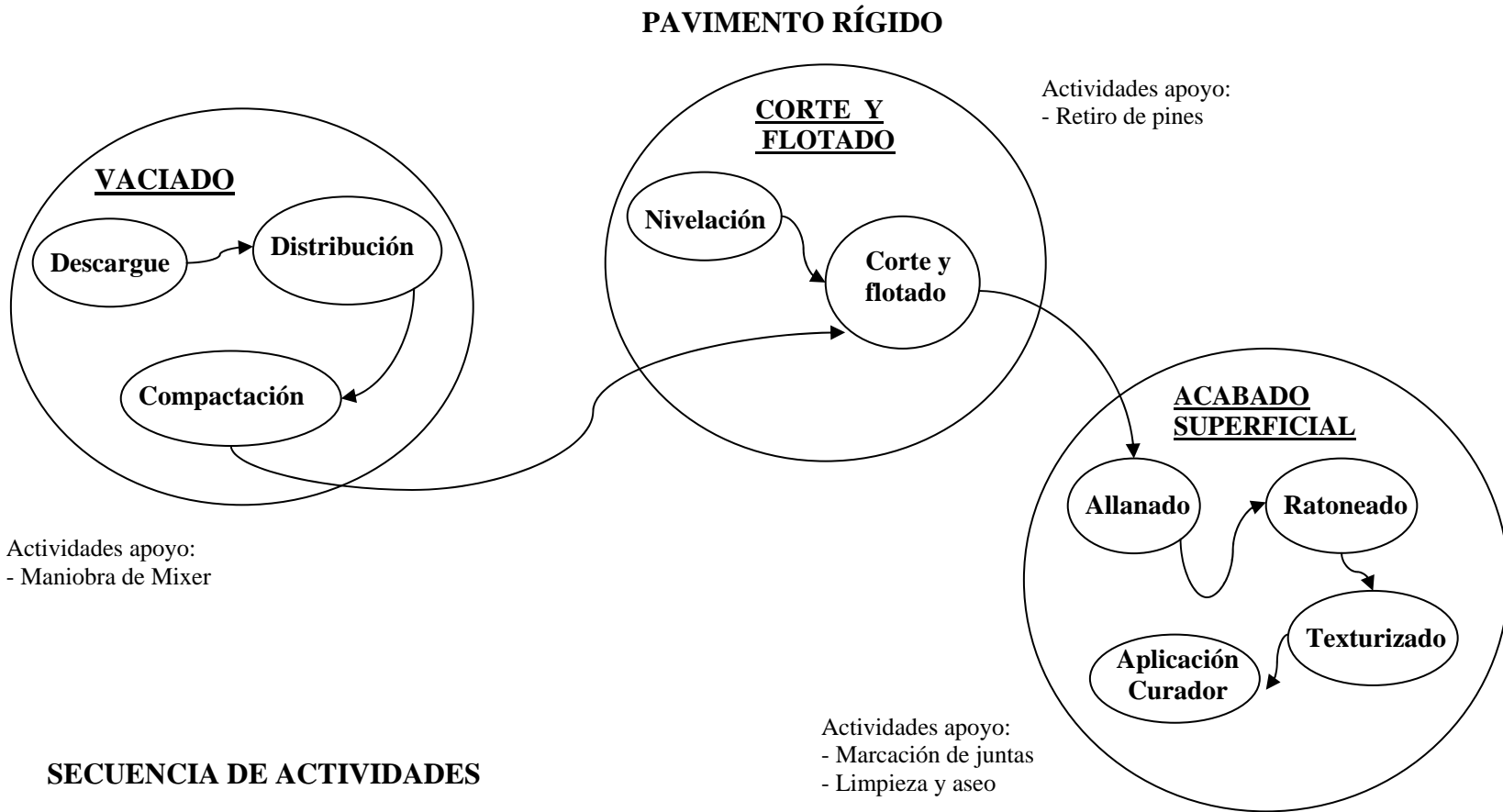
3.5.3.3 Modelo gráfico secuencia de tareas

Figura 57. Modelo gráfico secuencia de tareas



3.5.3.4 Modelo gráfico secuencia de actividades

Figura 58. Modelo gráfico secuencia de actividades



4. DESCRIPCIÓN DEL METODO UTILIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS CONSUMOS.

En esta sección se describe la metodología usada para la medición de rendimientos en obra, recopilada de la bibliografía estudiada y de investigaciones realizadas por el SENA y CAMACOL Medellín.

Se requiere recolectar datos de una muestra con el fin de obtener un valor normalizado para el rendimiento de la mano de obra en una actividad seleccionada. Existen diversas maneras de medir rendimientos o consumo de mano de obra, para el estudio, se optó por realizar un muestreo, que comprenda un número determinado de observaciones, de manera que cumplieran con los requisitos estadísticos para hacer válidos los datos obtenidos.

Para la captación de los datos observados se diseñó un formulario en el cual se registró toda la información necesaria en el análisis posterior de los datos anotados.

Los datos más relevantes en el desarrollo del estudio de medición de consumos de manos de obra son la duración de la actividad y la cantidad de obra ejecutada, indispensables para el cálculo de los consumos de la actividad analizada. En ciertos estudios el proceso de captación es diferente, en ellos miden el tiempo gastado en completar los trabajos para un área uniforme, medida y levantada con anticipación, en este caso se realizan mediciones sucesivas y no es necesario que el formulario cuente con el registro de la cantidad ejecutada, ya que esta, no varía en las observaciones; este procedimiento es útil cuando se desea realizar un control sobre la incidencia de los factores de afectación para estimar el grado de influencia en los datos obtenidos.

El interés en particular para la medición de los rendimientos en este estudio es registrar los rendimientos en condiciones habituales, por tanto no es necesario el control de los factores influyentes, ni del ambiente de trabajo. Para considerar estos factores en las

mediciones hechas, se estableció, realizar una evaluación lo más precisa posible y asignar una puntuación a cada factor de afectación.

Las cantidades ejecutadas en cada observación realizada varían debido a que no se cuenta con un área de trabajo establecida para cada medida, por tanto debía registrarse este dato en cada medida, para el cálculo del consumo.

Con miras a evitar datos excesivamente dispersos se intentó prever las características que generarían datos con alta desviación, por tanto las mediciones se realizaron para condiciones similares, las actividades que tenían cierto grado de dificultad mayor a otras eran calificadas con un puntaje bajo en cuanto a las características de la obra.

En la medición del tiempo consumido no se realizó un cronometraje por tarea desempeñada por cada integrante de la cuadrilla, práctica común en la medición de tiempos para los empleados de una fábrica, esto no se hizo por varias razones, una de ellas la dificultad de medir el trabajo desempeñado por 6 obreros realizando actividades simultáneas y variadas, además no se consideró necesario, ya que el tiempo representativo para el cálculo del consumo en la construcción es el consumido por la cuadrilla completa. Por tanto los datos anotados en el formulario son la hora de inicio de la actividad y la hora en que se terminan labores completamente, como se describió en el capítulo anterior. También se consideró necesario anotar el tiempo de receso de la cuadrilla, el cual puede ser causado por varios motivos, uno de ellos las demoras del concreto en adquirir el estado de trabajabilidad adecuado, otro motivo se puede relacionar con las demoras en despacho de mixers sucesivos, o en general, pausas causadas por distintos motivos, que son significativas y es necesario tener en cuenta.

4.1 BASE DE TRABAJO.

En la información existente se ha encontrado que un consumo normal de mano de obra en cualquier tipo de actividad está en un punto cercano al 70% dentro de un rango entre 0 y el 100% de eficiencia. Los factores que afectan positiva o negativamente estos consumos suben o bajan el desempeño dentro del rango descrito.

Se encontraron dos formas para la evaluación de los factores que afectan el rendimiento de la mano de obra en la bibliografía consultada. La primera de ella clasifica estos factores en seis categorías, dando unos lineamientos muy generales para evaluar su influencia, ya sea positiva o negativa.

En la segunda se encuentran consideraciones matemáticas para la evaluación de los distintos factores.

4.1.1 Procedimiento desarrollado.

Los datos obtenidos en la medición de consumos fueron transformados a un consumo básico o normalizado, evaluando la influencia de cada una de las categorías en que se clasificaron los factores de afectación a partir de una simple operación matemática.

Este proceso es necesario con el fin de estandarizar los datos de manera que sirvan de referencia en otras obras de distintas características para la conformación de una base de datos general.

4.1.2 Método de trabajo.

Después de tener seleccionada y descrita la actividad a medir como primera medida en nuestro estudio, se continuó con la documentación e investigación de la literatura existente e investigaciones, hechas anteriormente sobre estudios de métodos y tiempos, y medición de rendimientos y consumos de mano de obra. En esta etapa se encontraron y consultaron varios artículos publicados en la revista de la universidad Eafit de Antioquia, los cuáles fueron de gran importancia en nuestra documentación ya que en ellos se presentaban resultados de investigaciones realizadas en Antioquia para el mejoramiento de la productividad en el sector constructor. Basándonos en estos artículos encontramos un estudio realizado por el SENA y CAMACOL Antioquia titulado RENDIMIENTOS Y CONSUMO DE MANO DE OBRA, elaborado por Antonio Cano R y Gustavo Duque V y facilitado gracias a la colaboración de CAMACOL Santander. También se trabajo en base

a los libros “Control de Métodos y tiempos” del autor Francesc Castanyer Figueras y “Estimator’s General Construction Man-Hour Manual” escrito por John S. Page, de los cuales se extrajeron valiosos aportes y referencias para el desarrollo de la investigación.

Se recomienda antes de iniciar con la descripción del procedimiento desarrollado revisar la definición de la terminología utilizada, que se encuentra en el glosario ubicado en la parte inicial del presente informe.

En el presente estudio se toma como base la propuesta de John S. Page para la clasificación y evaluación de los factores que afectan un consumo de mano de obra en construcción.

Los factores que se tuvieron en cuenta para afectar los rendimientos se nombran y describen más adelante, estos fueron adaptados de manera que se ajustaran a las condiciones locales y tomando como base los descritos en la investigación realizada por el SENA y CAMACOL Antioquia.

De igual manera para la evaluación de estos factores, se parte de la metodología del grado de afectación propuesta por Castanyer Figueras, también adaptado a las condiciones de la obra. Se tendrá en cuenta la influencia de cada una de las distintas categorías, estableciendo una ponderación entre ellas de acuerdo al grado de intervención en el consumo, y se definirán los rangos de variabilidad para cada una, dentro del cual se considera válida la observación.

4.2 NORMALIZACIÓN DEL CONSUMO

4.2.1 Teoría del consumo de mano de obra

El rendimiento de la mano de obra, es decir la cantidad de obra que se ejecuta completamente en una unidad de tiempo puede variar dentro de un rango de 0 a 100%. El primer caso se presenta cuando no se hace nada, y el segundo cuando se presenta la máxima eficiencia teórica posible.

Ninguno de los dos extremos es indicativo de un rendimiento real. Solo son los límites teóricos dentro de los cuales se encuentran los rendimientos obtenibles en cualquier condición. Lo mismo ocurre con su inverso que son los consumos.

Después de analizar datos de consumos para muchas actividades, los autores mencionados como base de la investigación, han encontrado una alta dispersión. Ésta es normal por la intervención de los diferentes factores que afectan el consumo en la construcción. Lo que se hace necesario es tener en cuenta estos factores, identificándolos y cuantificando su intervención para lograr obtener consumos normalizados.

Los distintos autores que han profundizado en el tema de los consumos y rendimientos, ubican el rendimiento productividad normal de la mano de obra dentro de un rango que varía entre el 55 y el 70% dentro de la escala propuesta de 0 a 100. En el desarrollo de los análisis se escogió la cifra del 70% de productividad como la más apropiada para fijar el rendimiento normal. Éste será el rendimiento normalizado para cada serie de datos que se tomaron, para la actividad elegida.

Los rendimientos en condiciones de trabajo son afectados positiva o negativamente por distintos factores. Cuando la afectación es positiva, se presentan rendimientos en el rango de eficiencia de 71 a 100%, y cuando la afectación es negativa, los rendimientos oscilan en el rango de 0 a 69%.

En la siguiente tabla se observa el resumen de la escala de eficiencia en rendimientos tenida en cuenta para los análisis hechos:

Tabla 3. Escala de eficiencia de rendimientos.

Eficiencia en la productividad	Rango en porcentaje
Muy baja	10 a 40
Baja	41 a 60
Promedio o normal	61 a 80
Muy buena	81 a 90
Excelente	91 a 100

Rendimiento y consumos de Mano de Obra. SENA-CAMACOL

Esta tabla se usó como base para evaluar los rendimientos obtenidos en la toma de datos.

4.2.2 Factores que afectan un rendimiento o consumo.

A continuación se muestran los diferentes factores tenidos en cuenta en la afectación de los datos obtenidos en las mediciones del consumo de mano de obra, en la ejecución de la actividad de construcción de las vías internas, para el proyecto COLINA DE YERBABUENA.

Los factores se clasificaron en siete distintas categorías. Estas, a su vez, se agrupan en tres clases:

- Ambiente en el que se desarrolla la obra: Economía general y Clima.
- Características de la obra: Actividad, Equipamiento, Supervisión y Laborales.
- Propias del trabajador: Trabajador.

A continuación se resumen los factores que influyen en el rendimiento en la obra y se realiza una descripción de su intervención. Estos factores producen variaciones en un rango amplio en los porcentajes de productividad, por tanto se intentó evaluar cada uno de estos siete grupos en que los hemos clasificado, para obtener un valor de productividad muy cercano al real.¹

Economía general:

Este grupo de factores dependen del estado económico del país o del área en la cual se desarrollará el proyecto. Los asuntos que deben ser evaluados dentro de este grupo son:

- Tendencia de los negocios en general.
- Volumen de la construcción.
- La situación del empleo.

¹ SENA-CAMACOL. Rendimientos y Consumos de Mano de Obra.

Al evaluar este factor se debe tener presente que en el caso de tener una valoración muy buena no quiere decir que la productividad llegue a ser más alta, esto debido a que, cuando los negocios van bien, se hace más difícil encontrar supervisión competente y mano de obra de buena calidad, por lo que muy seguramente tendrá que disponer de personal inexperto. Por otra parte, si la economía está en un estado normalmente bueno, se encontrará que la eficiencia en la productividad tiende a subir. Esto se debe a que bajo condiciones normales hay disponibles, una cantidad suficiente de buenos supervisores y oficiales de construcción.

Las consideraciones que se tuvieron en cuenta para este grupo fueron:

- Disponibilidad de mano de obra: válido especialmente para los oficiales calificados.
- Disponibilidad de supervisión: es el caso de los maestros encargados, supervisores y residentes de obra.
- Disponibilidad de materiales: éstos también se afectan por este motivo.

En la evaluación de la afectación de la economía general de la zona, se le asignó un puntaje de 3 a todas nuestras observaciones, ya que se consideró que la disponibilidad de los recursos se encuentra en un estado normalizado.

Clima:

Dependiendo del estado del clima en el transcurso de las mediciones, se le asignó un puntaje de afectación a los rendimientos obtenidos por muestra realizada; como se había mencionado anteriormente, el clima es uno de los factores que causan gran dispersión de los datos medidos y que afectan los niveles de productividad en la construcción, debido al difícil o nulo control que sobre ellos pueda tenerse, caso contrario al de una fábrica donde se tiene un ambiente cerrado de trabajo con todas las condiciones controladas para el desarrollo óptimo de las labores.

Dentro de este grupo se tienen en cuenta los siguientes factores:

- Lluvia: en presencia de lluvia los rendimientos claramente son menores, por las interrupciones causadas, por la dificultad de manejar ciertos materiales mojados, o porque la actividad requiere procesos en seco.
- Temperatura: el exceso de calor afecta el desempeño del obrero.
- Cubierta: los factores dependientes del clima pueden ser atenuados si la labor se desarrolla bajo cubierta, en nuestro caso esto no se consideró ya que la actividad se desarrolla al aire libre en campo abierto.

Obra:

En este grupo se tuvo en cuenta las condiciones específicas del trabajo. En esta categoría se evalúa el alcance del proyecto y el tipo de trabajo involucrado. Si el programa de trabajo es apretado o amplio. Qué tan complicado es el lote, si es húmedo y pantanoso o difícil de drenar, o más bien alto y seco. Si su trabajo se verá afectado con otros trabajos o por ser un sitio con otras actividades en funcionamiento. Si el trabajo será mecanizado o manual.

Los asuntos más importantes tenidos en cuenta en esta categoría son:

- Alcance del trabajo.
- Condiciones del sitio.
- Suministro de materiales.
- Operaciones manuales o mecanizadas.

Los principales factores tenidos en cuenta para obtener el valor de la evaluación de este grupo, son:

- Dificultad del trabajo: el grado de dificultad afecta el rendimiento.
- Peligro: el riesgo personal del obrero disminuye el rendimiento.
- Continuidad de la labor: las interferencias e interrupciones disminuyen la productividad.
- Orden en el sitio: un frente organizado y limpio mejora los rendimientos.
- Base de trabajo: la calidad de la superficie sobre la cual se desarrollará una actividad afecta los rendimientos esperables.
- Tipicidad: la posibilidad de tener muchas repeticiones de una actividad en condiciones iguales mejora enormemente los rendimientos por dar posibilidad de desarrollar la curva de aprendizaje en el obrero.
- Tajo: el tener el campo de trabajo limitado a pequeños espacios disminuye el rendimiento.
- Urgencia: el conocimiento por parte del personal obrero de la urgente necesidad de tener cierta labor prontamente terminada mejora la disposición de este personal.

El puntaje asignado para la afectación de la productividad en los consumos obtenidos, se obtuvo valorando el nivel de dificultad, el espacio, el estado de la subrasante, la disponibilidad de materiales en el sitio de trabajo, el orden y las actividades simultaneas desarrolladas en el mismo sitio.

Para el factor de dificultad, se asigno el puntaje , teniendo en cuenta características propias del trabajo, que implicaban una reducción en lo rendimientos, como por ejemplo la pendiente del tramo fundido, si el tramo es en curva, si existían estructuras hidráulicas dentro del área fundida; estas son particularidades que implican un mayor consumo, y hacen que estas mediciones con respecto a otras, en condiciones normalizadas, presenten una dispersión alta, por tanto es necesario evaluar correctamente esta afectación para obtener resultados comparables.

En cuanto al espacio se evaluó la comodidad, accesibilidad y área de maniobras disponibles sobre todo para el descargue del concreto de la mixer, ya que existen lugares, en los cuales debido al desarrollo de otras actividades, por ejemplo la finalización de tramos de alcantarillado pendientes, el acceso al lugar es complicado, situación que en caso de fundidas consecutivas dificulta notablemente la continuidad en las labores. Por otra parte, el orden también influye en los rendimientos, para esto, se analizó el aseo y la organización en las labores, la accesibilidad de las herramientas y la distribución de los obreros para asignar un puntaje a este factor.

Equipamiento:

La disponibilidad de equipo apropiado para realizar un proyecto, su estado, su mantenimiento y reparación oportuna afectan el rendimiento esperable en un trabajo. En esta categoría se deben estudiar los siguientes elementos:

- Disponibilidad: ésta favorece la acción en la obra.
- Condición: el estado general del equipo afecta su desempeño.
- Mantenimiento y reparación: la agilidad con que se resuelvan los problemas que pueda presentar el equipo es de gran importancia en la productividad.

En el análisis de este grupo es necesario evaluar el tipo, clase y estado mecánico del equipo en el desarrollo de la actividad medida, de manera que se cuente con referencias en la asignación de un puntaje a la afectación de esta categoría, con respecto a rendimientos obtenidos en otros proyectos.

Los factores incluidos en este grupo son:

- Herramienta: la calidad, suficiencia y grado de adecuación de la herramienta afecta la labor de la mano de obra.
- Equipo: su disponibilidad y estado son de importancia capital en la ejecución de muchas actividades.

- Mantenimiento: su bondad y oportunidad en las reparaciones afectan la productividad.
- Elementos de protección: dentro del equipamiento se deben considerar los elementos de protección recomendados por la buena práctica de la seguridad industrial.

Como se detallo en la descripción de las actividades que forman parte del proceso medido denominado *PAVIMENTO RÍGIDO* ,a nivel general evaluando la metodología de trabajo empleada junto a los equipos empleados, es claro que no se cuenta con el equipo adecuado y recomendado en la práctica para la ejecución de los trabajos, por ejemplo, no se cuenta con el equipo de corte y compactación apropiado, en el proceso de allanado no se utiliza la herramienta propicia para esta labor, como se describió anteriormente, la herramienta correcta es la llana de mango largo; la formaleta también es un factor importante para tener en cuenta, debido a que esta no se ajusta a requerimientos de la actividad, presenta dificultades en la instalación y soporte, y no permite una optima circulación, lo que genera poca productividad en las actividades desempeñadas. La asignación que se realiza a la calificación de esto factores cobra importancia al momento de comparar los rendimientos obtenidos en nuestra obra con los que se midan para otros proyectos que cuente con los equipos y herramientas adecuados. Teniendo en cuenta las consideraciones expuestas, se asigno una puntuación baja para la evaluación del equipamiento en la productividad obtenida para la obra estudiada, debido a las características del equipo usado.

Supervisión:

La calidad y experiencia del personal de supervisión en el proyecto es de vital importancia en la productividad esperada en cualquier obra. Los asuntos a calificar en este punto son:

- Experiencia.
- Disponibilidad.

- Sueldos.

Como se mencionó anteriormente, si los negocios van normalmente bien, es posible conseguir buenos supervisores. Si, por el contrario, los negocios van muy bien, lo más probable es que tenga que seleccionarse supervisores de un conjunto muy deficiente o resignarse a pagar salarios más altos, compensando esta situación con menos supervisores. El resultado final será que tenga una supervisión muy pobre, incrementando los problemas durante la ejecución del trabajo. Los factores que se analizan en este grupo son:

- Dirección: una insuficiente dirección resulta en un bajo rendimiento.
- Seguimiento: el grado de supervisión está correlacionado con la eficiencia en el trabajo.
- Instrucciones: debe existir un nivel adecuado y suficiente de instrucción para que la labor se desarrolle eficientemente.
- Idoneidad del maestro: es un factor vital en el desempeño del obrero.

En el desarrollo de la actividad elegida, las labores de supervisión permanente por parte de la empresa constructora Urbanas era desempeñada por un oficial, el cuál cuenta con años de experiencia en el sector y además con la empresa, cabe anotar que como se explico anteriormente, la actividad fue desempeñada por un contratista, quien desempeñaba, igualmente, en ocasiones, supervisión en las fundidas, junto a los 2 oficiales integrantes de la cuadrilla, que ejercían también esta tarea. El contratista cuenta con experiencia aceptable en este tipo de actividades debido a trabajos hechos con anterioridad para la empresa. En cuanto al oficial de urbanas contaba con conceptos aprendidos en la práctica, pero en cuanto a los conocimientos técnicos existía cierta falencia. Por tanto en la asignación del puntaje se obtuvieron valores normalmente bajos.

Laborales:

Las condiciones laborales en las que se desarrolla la obra son muy importantes en la eficiencia del trabajo. El manejo adecuado de las relaciones laborales es de alta incidencia en el desempeño de la mano de obra. Es necesario el análisis de la disponibilidad de mano de obra bien capacitada en el sitio donde se desarrollará la obra. Los asuntos a tener en cuenta en este grupo son:

- Experiencia.
- Disponibilidad.
- Contratación
- Salarios.

Se debe conocer si en la zona de la obra se consigue personal capacitado, o hay necesidad de desplazar personal de otras partes, y si se pueden pagar los precios a destajo que prevalecen en la zona.

Los factores que se deben tener en cuenta en este grupo son:

- Tipo de contrato: el contrato a destajo influye favorablemente en el rendimiento, comparado con el contrato por día laborado. (Administración).
- Sindicato: el sindicalismo mal entendido, tan común en nuestro medio, afecta negativamente el rendimiento de la mano de obra.
- Incentivos: una clara y sana política de incentivos mejora notablemente el rendimiento de las cuadrillas. La utilización de las tareas o destajos o premios por el cumplimiento de metas preestablecidas, incrementan favorablemente la dedicación del obrero.
- Salario o Precio a destajo: una buena remuneración siempre será un incentivo para el obrero, pues lo lleva a cuidar su puesto.

- Ambiente de trabajo: un ambiente de trabajo agradable, con buenas relaciones entre compañeros de labor y con los patrones, un ambiente seguro, aseado, y en general que respete la condición humana, siempre redundará en un mejor desempeño de la mano de obra.
- Seguridad social: dentro del ambiente de trabajo es importante que el trabajador se sienta protegido de los riesgos de salud y de trabajo. La tranquilidad que da esta protección incentiva el rendimiento.
- Seguridad industrial: una buena política de seguridad industrial en la obra, atenúa la influencia del riesgo inherente al trabajo.

Para la evaluación del porcentaje de afectación, en cuanto a las condiciones laborales en el proyecto, se tuvo en cuenta varios factores; el tipo de contrato utilizado para el pago de los trabajos fue de pago a destajo, se realizan cortes de obra veintenales y de acuerdo a lo medido se paga según los precios establecidos en el contrato. Para establecer estos precios se utiliza la cartilla de precios realizada en la empresa, esta es una herramienta muy valiosa debido a que se recolectaron los precios de todos los proyectos y se unificaron de manera que fueran referencia para los valores unitarios de las actividades y contratos. Como se hablo el pago a destajo aumenta la productividad en las labores ya que el contratista gana más en la forma que ejecute mayor cantidad de trabajo en el menor tiempo posible. En cuanto a los valores unitarios pagados en el contrato son relativamente bajos, lo cual tiene un efecto negativo en la calidad del contratista que acepte trabajar con estos precios, esto también produce bajos rendimientos. Adicionalmente en la asignación del puntaje a la evaluación para la afectación se tuvo en cuenta que no existe sindicalismo, que en cuanto a seguridad social, es un requisito que todos los obrero se encuentren afiliados al sistema de riesgos y salud, ya sean de contrato a todo costo o solo mano de obra, que los niveles de seguridad industrial son normales para la labor ejecutada, y que el ambiente de trabajo también cumple condiciones de normalidad.

Trabajador:

Es de gran importancia considerar las condiciones personales del trabajador. Se deben tener en cuenta los siguientes asuntos:

- Estado de ánimo.
- Situación familiar.
- Habilidad.
- Conocimientos.
- Condición física.

Es recomendable investigar, posiblemente con la colaboración de un trabajador social, el estado físico y mental del obrero y su predisposición hacia el trabajo. Los factores a tener en cuenta son:

- Situación personal: la tranquilidad personal y familiar del obrero afecta en gran medida su actuación en el frente de trabajo. Una política acertada de apoyo y trabajo social, con seguridad tendrá un efecto favorable en la actuación de la mano de obra.
- Cansancio: el trabajo exigente y continuado puede llegar a producir fatiga natural en los seres humanos. Es necesario practicar políticas que garanticen el descanso, adecuado y suficiente, del trabajador para mantener su rendimiento normal.
- Salud: aunque exista un plan de seguridad social, es necesario vigilar el estado de salud del obrero para mantener los rendimientos.
- Conocimientos Técnicos: El nivel de capacitación alcanzado por el obrero, así como su posibilidad de mejorarlo, favorecen en alto grado la mayor eficiencia de su labor.

- Habilidad: es innegable que ciertos obreros desarrollan habilidades innatas o por entrenamiento propio, que los hacen más eficientes que otros, independientemente del grado de capacitación alcanzado. Se debe tener en cuenta esta situación al evaluar el desempeño.
- Buena fe: se debe contar con la buena fé del trabajador en el desempeño de sus funciones, partiendo de un adecuado proceso de selección del personal, y del mantenimiento de unas buenas relaciones laborales.
- Pereza: como en el punto anterior, existen personas que por naturaleza, no ponen todo de sí en el desempeño de sus funciones. Se debe controlar esta situación por medio de un adecuado proceso de selección.

Para la evaluación de estos factores, para cada obrero, en las observaciones realizadas, se le asigno un puntaje teniendo en cuenta la disposición que demostraba al trabajo, el desempeño de cada obrero, en comparación con el grupo en general, el nivel de actividad, y la habilidad de cada integrante en las operaciones y actividades medidas.

4.2.3 Evaluación de los factores de afectación

El proceso de evaluación de los factores que afectan el rendimiento fue realizado durante la toma de datos consignado los puntajes en las casillas destinadas para este fin en el formato de la recolección de datos.

Los datos medidos eran afectados con la evaluación global del desempeño de la cuadrilla para normalizar el resultado, y se ajustaban, para ser utilizados en la base de datos. La afectación de los datos obtenidos de acuerdo a la evaluación asignada fue realizada mediante una hoja electrónica de Excel, diseñada para realizar las operaciones de normalización de los datos de acuerdo a los porcentajes asignados para cada puntaje.

Porcentaje de afectación de cada categoría

En la afectación de los rendimientos se debe evaluar las siete categorías en que se han clasificado todos los factores, asignándoles un porcentaje entre 0 y 100, partiendo de que

lo normal es un rendimiento del 70%. Cuando un grupo de factores, después de evaluado, se encuentra que es favorable al desempeño de la cuadrilla se calificará con un porcentaje superior al 70%. Si es desfavorable, se calificará con un porcentaje inferior a dicho 70%. La evaluación global se obtiene tomando la media aritmética de los porcentajes para los siete grupos. La siguiente tabla es una guía general para conocer los porcentajes de acuerdo a la valoración de cada grupo.

Tabla 4. Valoración de los rendimientos

Rendimiento	Porcentaje
Muy bajo	10 a 40
Bajo	41 a 60
Promedio	61 a 80
Muy bueno	81 a 90
Excelente	91 a 100

Rendimiento y consumos de Mano de Obra. SENA-CAMACOL.

En investigaciones y estudios realizados anteriormente, se demostró, como era de esperarse, que cada grupo tiene la capacidad de afectar en mayor o menor medida el desempeño con respecto a otros, para la realización de las afectaciones se tomaron los rangos dados en la siguiente tabla extraída del estudio realizado por el SENA y CAMACOL de Antioquia. A continuación se aprecian estos rangos de porcentajes de afectación según el grupo.

Tabla 5. Porcentaje de afectación a la productividad según el grupo

Grupo	Rango (%)
Economía general	50 a 75
Clima	40 a 75
Obra	40 a 80
Equipamiento	55 a 75
Supervisión	50 a 75
Laborales	40 a 80
Trabajador	60 a 75

Rendimiento y consumos de Mano de Obra. SENA-CAMACOL

Con esta tabla de rangos sugeridos, la variación de la evaluación global está entre el 48 y el 76%, al tomar las medias aritméticas de los extremos inferiores y superiores de los rangos, el valor del rendimiento obtenido puede disminuir un 6% si la afectación esta en el limite superior y aumentar un 22% en el porcentaje inferior de la afectación, para llegar a un valor normal.

Con fines de simplificar la evaluación de los grupos de afectación en las mediciones se adoptó el uso de la siguiente tabla, expuesta en el estudio realizado por el SENA y CAMACOL Antioquia. En el diseño de esta tabla se tuvo en cuenta los rangos de variación expuestos en las dos tablas anteriores.

En este cuadro se definen criterios para calificar cada uno de los factores que pueden afectar los rendimientos o consumos de mano de obra, los cuales a su vez están agrupados en las siete categorías de factores descritas anteriormente. Para cada factor se define una escala de calificación de 0 a 5, siendo 0 la condición más desfavorable, y 5 la más favorable. En este puntaje se considera un valor de 3 para una condición normal.

La tabla utilizada se presenta a continuación, en ella se aprecian los porcentajes de afectación de la productividad, de acuerdo a cada puntaje.

Tabla 6. Cuadro para conversión de puntajes a porcentajes de afectación

Grupo	Rango (%)	0	1	2	3	4	5
Economía general	50 a 75	50	55	60	65	70	75
Clima	40 a 75	40	47	54	61	68	75
Obra	40 a 80	40	48	56	64	72	80
Equipamiento	55 a 75	55	59	63	67	71	75
Supervisión	50 a 75	50	55	60	65	70	75
Laborales	40 a 80	40	48	56	64	72	80
Trabajador	60 a 75	60	63	66	69	72	75

Rendimiento y consumos de Mano de Obra. SENA-CAMACOL

Para puntajes decimales se realiza la interpolación entre los valores límites.

En la toma de datos se asignó un puntaje a cada categoría de afectación, de 0 a 5, después en la etapa de análisis y procesamiento de datos estos puntajes fueron transformados a su equivalente en porcentaje basándonos en la tabla anterior para realizar la correspondiente afectación al rendimiento medido.

4.3 FORMULARIO PARA CAPTACIÓN DE DATOS

En el diseño del formulario necesario para el registro de los datos observados en las mediciones se incorpora básicamente la siguiente información, necesaria para cualquier investigación sobre los consumos de mano de obra en una actividad, esta consiste en:

- Obra: Se debe identificar claramente la obra donde se realiza la observación, incluyendo datos sobre ella, como ubicación, constructor, en nuestro caso no es necesario debido a que la medición se realizó dentro de la misma empresa, tipo de obra y breve descripción.
- Encuestador: Es necesario registrar el nombre de la persona que toma los datos.
- Actividad: Se debe describir claramente la actividad que se está midiendo y su unidad de medida. esto es necesario para las mediciones que se realicen en un futuro para distintas actividades, por lo pronto se trabaja solo en una actividad

- Descripción: Para mayor claridad sobre la actividad que se investiga, y para poder estudiar en detalle su desarrollo, se debe realizar una descripción precisa, como se hizo en el capítulo 3 donde se especificó las actividades realizadas en el proceso medido. Es aconsejable en un futuro realizar un estudio del método operativo estableciendo una descripción detallada del proceso paso a paso con el fin de optimizarlo.
- Cuadrilla: Para las observaciones iniciales que servirán de base en la implementación del estudio, es obligatorio registrar con precisión la cuadrilla que realiza la actividad, definiendo el número de operarios, nombres, cargos como complemento para mayor claridad es aconsejable registrar las funciones de cada integrante de la cuadrilla, con el fin de verificar la influencia del operario con sus características y condiciones propias, en el consumo obtenido, en nuestro formulario no se considero necesario este registro para los resultados deseados y se deja planteada esta posibilidad para implementarse en un futuro estudio que incluya en mas detalle el análisis del método operativo.
- Tiempo consumido: El formulario debe permitir el registro del tiempo trabajado en el desarrollo de la actividad. Este dato se puede obtener registrando los tiempos consumidos, o las horas de entrada y salida con los tiempos de interrupciones que se puedan presentar en la jornada de trabajo.
- Cantidad de obra: Debe quedar registrada la cantidad de obra ejecutada. Esto se puede hacer tomando el dato en cada uno de los ambientes de trabajo, o haciendo repetir ambientes iguales varias veces.
- Grado de influencia: Se debe medir la influencia positiva o negativa de cada uno de los factores descritos anteriormente que pueden afectar el rendimiento o consumo de la mano de obra.

4.3.1 Descripción del formulario

Para el registro de los datos medidos se planteo, diseño y utilizó un formato el cuál era diligenciado en cada observación realizada en el sitio de ejecución de la actividad.

El formato se encuentra organizado de la siguiente manera: La primera sección esta formada por un cuadro con los datos generales como la fecha y la descripción detallada de la obra: nombre de la obra, descripción de la obra, nombre del encuestador o tomador de datos, nombre de la actividad estudiada, unidad de medida, y breve descripción de la actividad.

El siguiente módulo consiste en un cuadro con la descripción de la cuadrilla, seguida de un listado de los obreros con su nombre, grado dentro de la cuadrilla, oficial o ayudante y puntaje de evaluación.

Las mediciones de consumos de la cuadrilla, para la actividad seleccionada, se realiza por día de observación, es decir para cada observación se genera un formato diligenciado, las observaciones se realizan en distintos sectores del proyecto dependiendo del avance y la ubicación de los trabajos. Los registros de tiempo consumido se toman para la cuadrilla en general y no por integrante.

Cada registro consta de los siguientes campos:

Hora inicio, Hora salida, y Tiempo de receso, como se mencionó estos eran para la cuadrilla en general. La evaluación de cada uno de los factores que pueden afectar la productividad se anota en el siguiente grupo de campos dentro del formato.

Para los factores que pueden variar diariamente se establecieron los siguientes campos con el fin de hacer su valoración con cada registro.

Los factores tenidos en cuenta fueron:

- Clima: lluvia, temperatura, lodo y cubierta.
- Obra: dificultad, peligro, continuidad, orden y aseo, base de trabajo, tipicidad y tajo.
- Equipamiento: herramienta, equipo, mantenimiento, suministro y elementos de protección.

- Supervisión: dirección, instrucción, seguimiento, calificación maestro y aseguramiento calidad.
- Trabajador: situación personal, cansancio, habilidad, conocimiento, capacitación, monotonía, pereza y buena fe.

4.3.2 Tabla referencia evaluación

Con el fin de tener en cuenta los criterios necesarios para la asignación de un puntaje a las distintas categorías que afectan los rendimientos, se utilizó una tabla extraída de la bibliografía consultada y usada en la investigación realizada por el SENA y CAMACOL Antioquia.

En esta tabla cada categoría se encuentra conformada por los distintos elementos que las comprenden, los cuales tienen para cada puntaje de 1 a 5 una descripción con el fin de elegir cual se ajusta mas a lo observado, y calificar objetiva y claramente la afectación de cada elemento

La tabla en mención se encuentra incorporada en la sección de anexos en el **ANEXO 4**, una copia de esta tabla era portada en la toma de datos para referenciar la calificación de las condiciones que pueden incidir en la productividad del consumo.

Con el fin de anotar las puntuaciones asignadas a cada factor se incluyo el cuadro que con el título de Evaluación de factores el cual contiene un espacio para asignar la calificación a cada uno de ellos según lo observado en campo.

4.3.3 Campos del formulario

A continuación se describen los campos incluidos en el formulario diseñado para el registro de la información en obra, con el fin de obtener los consumos de la cuadrilla estudiada:

- FECHA: En este espacio se registra el día en que se realiza la observación para tener un concepto temporal en los registros.

- **NOMBRE OBRA:** En este espacio se describe el nombre que identifica a la obra donde se hace la observación, pensando en implementar el formato en las distintas obras en un futuro para comparar los datos obtenidos y formar una completa base técnica de consumos.
- **DESCRIPCIÓN DE LA OBRA:** Se hace una rápida y corta descripción de la obra. Lo más importante es informar el tipo de obra, ya sea urbanismo o construcción de viviendas, añadiendo información del área total del proyecto con fines comparativos.
- **ENCUESTADOR:** Se registra la persona que toma los datos.
- **ACTIVIDAD:** Se anota la actividad que se está midiendo, de una manera general. La descripción detallada se realizó en el capítulo 3.
- **UNIDAD DE MEDIDA:** Se informa la unidad de medida de la cantidad de obra ejecutada de la actividad que se mide.
- **DESCRIPCIÓN CUADRILLA:** Se identifica el tipo de cuadrilla que realiza la actividad con el fin de comparar las medidas, con otras realizadas para diferente número de integrantes de la cuadrilla que ejecuta la misma actividad. Como aclaración, los datos se midieron para una misma cuadrilla, con el mismo número de integrantes, con el fin de hacer comparativos los datos de esta medición inicial, en situaciones donde el número de integrantes no era el mismo, se decidió no realizar la observación.
- **LISTA DE OBREROS:** Se identifica por medio del nombre y apellido, cargo y factor de evaluación de desempeño a cada obrero de la cuadrilla estudiada, la cuadrilla base de las mediciones, como se explico anteriormente, fue la misma, en ciertas ocasiones se presentaba rotación en los ayudantes, lo cuál no genero grandes diferencia en las mediciones
- **CANTIDAD EJECUTADA:** Se identifica la cantidad de actividad de trabajo realizado en el tiempo medido, es decir la cantidad completamente ejecutada, ya que las mediciones terminaban con la completa finalización de las labores. Esta medida se realizaba posterior a la ejecución de los trabajos.

- HORA INICIO: Se anota la hora de inicio de labores en el frente de trabajo, en el caso estudiado, inicia la medición, cuando se comienza la descarga de concreto del primer mixer.
- HORA FIN: Se anota la hora de finalización de las actividades de la cuadrilla, es decir cuando se finaliza la última actividad del proceso que es la aplicación del compuesto curador.
- TIEMPO DE RECESO: Se anota la duración de los descansos o interrupciones presentados en el intervalo de tiempo definido por la hora de inicio y fin de las actividades.
- EVALUACIÓN DE FACTORES: Se anota el puntaje asignado a 4 categorías de factores de evaluación, en este caso eran: Clima, Obra, Equipamiento y supervisión. Los factores de economía general y laborales eran los mismos en todas las mediciones por tanto no debían anotarse en cada observación realizada. Para la evaluación del trabajador se dejó un recuadro junto al nombre del integrante donde se anotó el puntaje asignado.
- OBSERVACIONES: Se deja este espacio destinado a describir situaciones anormales o información importante en el procesamiento y análisis de los datos medidos. Por ejemplo se utilizó para describir las razones de la ocurrencia de tiempos de recesos o las características particulares de las fundidas, con el fin de justificar calificaciones o puntajes asignados a los factores.

El formato diseñado y utilizado para la recolección de datos para el cálculo de consumos puede consultarse en la sección de anexos, en el **ANEXO 5**.

5. EJECUCIÓN Y RESULTADOS DEL ESTUDIO DE MEDICIÓN DE CONSUMOS DE MANO DE OBRA

5.1 ACTIVIDADES PRELIMINARES

5.1.1 Selección de la obra.

Inicialmente se eligió realizar las mediciones y estudio del consumo de mano de obra en el proyecto de Urbanismo La Montaña, proyecto que contaba con el mayor valor en presupuesto y en especificaciones de construcción con respecto a los demás que estaban desarrollando en ese entonces dentro de Ruitoque.

Desafortunadamente debido a ciertos atrasos ocasionados en las actividades del movimiento de tierra se desplazó la programación con respecto a la montada inicialmente por tanto la actividad seleccionada no iniciaría actividades para el lapso de tiempo establecido para las mediciones. Teniendo esta situación determinó realizar las mediciones en otra obra del proyecto de Ruitoque, para esto se eligió la obra Colina de Yerbabuena, la cual se ajustaba a los requerimientos de avance solicitados en el cronograma y cumplía con las características necesarias para la medición de datos de la actividad seleccionada. Las características en detalle del proyecto fueron explicadas y expuestas en el capítulo 3. Durante la etapa en que se desarrolló la captación de datos la actividad de construcción de vías se encontraba en un avance real de 40%.

5.1.2 Selección de la actividad.

Dentro de las muchas actividades que se adelantan en la obra seleccionada es necesario encontrar una que cumpla con las características deseables para hacer este tipo de mediciones y que además tenga un nivel de importancia en la afectación de los costos totales del presupuesto.

La actividad seleccionada para hacer la medición fue elegida siguiendo un procedimiento para determinar el porcentaje de afectación sobre el valor total del proyecto y además se

teniendo en cuenta que esta fuera una actividad de común ejecución en las obras desarrolladas por la empresa, con oficiales especializados en ella, con repeticiones en espacios similares en la misma obra, con grados de dificultad muy parejos en los distintos espacios, y con especificaciones iguales en todos los casos. Por tanto del análisis de costos se seleccionó del grupo de actividades que representan el 80% de los costos totales del proyecto la actividad de construcción de vías.

El procedimiento de elección y los criterios tenidos en cuenta son mostrados en detalle en el capítulo 3.

5.1.3 Levantamiento y descripción de la actividad a medir.

Antes de proceder a la captación de datos en la obra para evaluar los rendimientos, se realizó una muy detallada descripción de lo que se está midiendo, esta descripción y análisis del modelo del proceso se ilustra en el capítulo 3.

También se obtuvieron los planos del frente de trabajo que se mide, el cual puede ser observado en el **ANEXO 6**, esto con el fin de poder comparar las condiciones de la obra para mediciones realizadas en otros lugares.

También se cuenta con una descripción detallada de las especificaciones y condiciones de ejecución de la actividad, las cuáles son las establecidas en los pliegos de licitación para la contratación del suministro de la mano de obra.

5.1.4 Tomador de datos

Para adelantar la captación de datos en la obra se ejecuto esta labor personalmente, ya que se cuenta con el conocimiento adecuado de la metodología para la medición de consumos gracias a la información y preparación realizada en el tema, además se posee el criterio analítico necesario para aportar a la investigación.

5.1.5 Preparación de la captación de datos.

Partiendo de los formularios diseñados, se expusieron sometiéndolos a discusión con el personal a cargo de la obra y con el director de la práctica, como resultado se le hicieron algunos ajustes teniendo en cuenta el aporte del personal de la obra.

La labor se inició haciendo un levantamiento y modelamiento detallado de las actividades a ejecutar del proceso medido.

Luego se expuso brevemente la idea del proceso de medición a los integrantes de la cuadrilla y al contratista encargados de adelantaban la actividad en la obra, con el fin de obtener su colaboración con el estudio a realizar.

5.2 CAPTACIÓN DE DATOS.

Durante los meses de Junio y Julio del año 2005 se tomaron los datos utilizando el formulario especialmente diseñado para la medición de la actividad elegida y acompañando las actividades de la cuadrilla en los días escogidos para realizar las observaciones en los frentes de trabajo de la obra. Durante los dos meses siguientes se procesó y analizó la información recolectada.

5.2.1 Procedimiento usado para el cálculo del tamaño de la muestra

El proceso de medición de tiempos es análogo a un proceso de muestreo, por tanto es posible aplicar los conceptos estadísticos del muestreo para la obtención del número de observaciones necesarias.

El número de operaciones medidas para determinar su tiempo de ejecución afecta tanto a la fiabilidad como a la precisión de los valores obtenidos.¹ Un alto número de observaciones repercute en un mayor grado de fiabilidad, sin embargo un aumento

¹Figuera F. C. Control de métodos y tiempos, Boixareu editores p. 74

innecesario en la cantidad de lecturas implica un mayor desgaste y un tiempo perdido en la recolección de esta información.

La medida de fiabilidad de los datos recolectados es soportada por 2 parámetros fundamentales:

1. Porcentaje de desviación máxima admisible de los valores obtenidos respecto al valor real.
2. Probabilidad de no rebasar dicha desviación.¹

En los textos consultados se encontró que en medidas del trabajo es común adoptar una desviación de $\pm 5\%$, es decir un 95% de probabilidad. Lo que se traduce a que se determine el número de observaciones para obtener un 95% de probabilidad de que el valor medido no difiera en más del 5% del valor real. En casos donde no se requiera gran precisión en los resultados se recomienda adoptar un valor de $\pm 10\%$ en la desviación admitida, esto reduce a una cuarta parte el número de observaciones necesarias.

El procedimiento usado para la recolección de datos se extrajo del libro Control de Métodos y tiempos bibliografía mencionada anteriormente, este procedimiento fue desarrollado por Mundel y consiste básicamente en lo siguiente:

1. Medir una primera serie de 5 o 10 operaciones.
2. Extraer el dato más alto (A) y el más bajo medido (B).
3. Calcular los valores (A-B), (A+B) y $A-B/A+B$.
4. Con este último valor se entra a la tabla 7 y en la columna 5 ó 10 (según las observaciones realizadas) se lee el número de observaciones necesarias.

¹ Fiqueras F. C. Control de métodos y tiempos, Boixareu editores p. 74

Tabla 7. Tabla de Mundel para cálculo del número de mediciones.

$\frac{(A-B)}{(A+B)}$	Datos de una muestra de		$\frac{(A-B)}{(A+B)}$	Datos de una muestra de		$\frac{(A-B)}{(A+B)}$	Datos de una muestra de	
	5	10		5	10		5	10
0,05	3	1	0,21	52	30	0,37	162	93
0,06	4	2	0,22	57	33	0,38	171	98
0,07	6	3	0,23	63	36	0,39	180	103
0,08	8	4	0,24	68	39	0,40	190	108
0,09	10	5	0,25	74	42	0,41	200	114
0,10	12	7	0,26	80	46	0,42	210	120
0,11	14	8	0,27	86	49	0,43	220	126
0,12	17	10	0,28	93	53	0,44	230	132
0,13	20	11	0,29	100	57	0,45	240	138
0,14	23	13	0,30	107	61	0,46	250	144
0,15	27	15	0,31	114	65	0,47	262	150
0,16	30	17	0,32	121	69	0,48	273	156
0,17	34	20	0,33	129	74	0,49	285	163
0,18	38	22	0,34	137	78	0,50	296	170
0,19	43	24	0,35	145	83			
0,20	47	27	0,36	154	88			

Control de método y tiempos. Francesc Figueras

5.2.2 Determinación del tamaño de la muestra

Se decidió realizar 10 observaciones iniciales con el fin de calcular el valor $(A-B)/(A+B)$ y determinar, buscando en la tabla, el valor de mediciones a realizar para nuestra actividad.

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos en esta primera muestra, los formatos de medición diligenciados para la obtención de estos valores se encuentran en la sección de anexos en el **ANEXO 7**. El análisis realizado a los datos se encuentra en el **Anexo 11**.

Como se muestra en la tabla anterior, se realizaron 10 observaciones con el fin de obtener el valor para entrar en la tabla de Mundel y hallar el número adecuado de mediciones a ejecutar en nuestro estudio. Los valores de consumo medidos no fueron afectados por la valoración de los factores para normalizar la productividad, esto, con el propósito de realizar el análisis para obtener el tamaño de la muestra, ya que, al

normalizar los datos no se observará la dispersión real de las mediciones iniciales, que es finalmente lo que determina el tamaño de la muestra total del estudio.

Tabla 8. Resumen consumos medidos y obtención del número de observaciones

	Consumos medidos
	0.302
	0.381
	0.311
	0.339
	0.351
	0.361
	0.312
	0.323
	0.429
	0.316
Rango	0.429 - 0.302
Valor A	0.302
Valor B	0.429
A - B	0.127
A + B	0.731
(A - B) / (A + B)	0.17
N° de observaciones	20

Los valores extremos de los consumos medidos fueron 0.429 como el mayor consumo y 0.302 el menor, es importante recordar que a mayor consumo menor es el rendimiento debido a la relación inversa que existe entre uno y otro, por tanto valores bajos de consumos indican una mayor productividad.

Siendo entonces el valor referenciado como A igual a 0.302 y el valor B igual a 0.429, se calcula el valor (A-B) / (A+B) dando como resultado:

$$\frac{|0.302 - 0.429|}{0.429 + 0.302} = \frac{0.127}{0.731} = 0.17$$

Con el valor de 0.17 se consulta la Tabla 7, alineándose en la columna correspondiente al número de observaciones realizadas que es igual a 10, se lee el número total de mediciones requeridas para el muestreo, siendo este último valor igual a 20.

5.3 PROCESAMIENTO DE DATOS

Se realizaron 10 mediciones, adicionales a las realizadas inicialmente que fueron también 10 para completar un total de 20 observaciones que es el tamaño de la muestra obtenida. Los 20 formatos diligenciados de cada medición se encuentran adjuntos en la sección de anexos, en el **ANEXO 7**.

De la información recolectada se extrajeron los datos esenciales para el cálculo y determinación de los consumos observados, para la actividad PAVIMENTO RÍGIDO, descrita en el capítulo 3. Estos datos fueron procesados mediante una hoja electrónica de cálculo Excel diseñada para realizar las operaciones matemáticas pertinentes para trabajar los datos tomados y transformarlos en consumos, también fue de gran utilidad para realizar las operaciones para el cálculo del porcentaje de afectación de productividad a los consumos con el fin de normalizar estos valores para hacerlos comparables.

En la tabla N° 9 se resumen los datos de consumos obtenidos y el tratamiento de los datos para obtener el consumo normalizado de acuerdo a la afectación global obtenida.

Tabla 9. Consumos obtenidos en el muestreo.

Tiempo (h)	# Integrantes	Cantidad ejecutada	Consumo sin afectar	Afectación global	Consumo normalizado
3,4	6	67,5	0,302	66,92	0,289
3,8	6	59,8	0,381	67,24	0,366
4,15	6	80,1	0,311	66,83	0,297
4,37	6	77,3	0,339	66,46	0,322
3,35	6	57,3	0,351	65,93	0,330
3,67	6	61	0,361	65,96	0,340
3,8	6	73,1	0,312	67,21	0,299
4,42	6	82,1	0,323	66,95	0,309
4,7	6	65,7	0,429	65,29	0,400
4,05	6	76,9	0,316	67,67	0,305
4,3	6	63,8	0,404	66,81	0,386
3,55	6	61,2	0,348	67,34	0,335
4,56	6	77,4	0,353	66,58	0,336
4,05	6	70,9	0,343	66,58	0,326
3,8	6	68,5	0,333	66,23	0,315
4,22	6	73,4	0,345	66,30	0,327
3,72	6	58,3	0,383	66,35	0,363
5,1	6	67,33	0,454	66,64	0,433
4,87	6	65,7	0,445	66,74	0,424
3,92	6	74,5	0,316	67,18	0,303

Los datos recolectados en los formatos fueron digitalizados y trabajados en una tabla de Excel; tal como se describió anteriormente, de manera que introduciendo los datos la hoja calculara los consumos y su correspondiente afectación. La hoja utilizada para este cálculo puede ser revisada en la sección de anexos, en el **ANEXO 8**.

El primer cálculo realizado es la obtención del consumo sin afectar, es decir el calculado con los datos observados. Para obtener el consumo debe hallarse primero el tiempo total consumido, este es obtenido del intervalo de tiempo entre la hora de inicio y fin de las actividades, registrado en el formulario, y restando el valor correspondiente al tiempo de receso. Luego este valor es multiplicado por el número de integrantes de la cuadrilla obteniendo así el número total de horas hombre consumidas en la ejecución de la cantidad medida.

El valor de las horas hombres es dividido por la cantidad ejecutada para obtener así el consumo de horas-hombre por metro cuadrado fundido de losa para esa observación y sin afectación.

Por ejemplo, en la obtención del quinto consumo se realizó la siguiente operación:

Obtención total hora hombre $\rightarrow 3.35 \times 6 = 20.10$

$$\text{Consumo} = \frac{20.10}{57.3} = 0.351 \text{ h-H/m}^2$$

El siguiente paso en el tratamiento de los datos es la ponderación de los puntajes asignados y su respectiva conversión a porcentaje de productividad. El primer paso en este procedimiento es realizar el promedio aritmético de todos los factores de influencia por categoría de afectación, para esto se utilizó la función Promedio de la hoja de cálculo. Este valor obtenido, el cual es un número del 1 al 5, debe ser convertido a su vez, a un porcentaje de productividad, el cual dependiendo de cada categoría tiene un rango distinto, según se explicó en la sección de los factores de evaluación; esta conversión es realizada a partir de la tabla 6; Para realizar esto, se montó la tabla en la hoja de Excel de manera que utilizando la función buscar se pudiera comparar el valor del 1 al 5 obtenido en la ponderación y obtener su respectivo porcentaje de la tabla en mención. Debido a que todos los valores a convertir eran números decimales debía realizarse la interpolación

respectiva para obtener este porcentaje de afectación, lo cuál aumento la dificultad en los cálculos. La interpolación se realizo utilizando la función buscar para obtener el porcentaje respectivo al puntaje asignado, luego era necesario obtener el valor del próximo entero, para esto se le sumo 1 al valor del puntaje y la función buscar arrojaba el valor del entero, con la diferencia de estos dos valores y la diferencia decimal con el entero entre el valor y el entero inferior más próximos se realizo la interpolación obteniendo así el correspondiente porcentaje de afectación para el valor decimal. De forma que después de montada la fórmula la hoja de Excel se encargaba de calcular y realizar esta conversión para todos los datos.

Como ilustración se incluye el siguiente ejemplo de los cálculos realizados:

Se desea convertir la puntuación correspondiente a la categoría del clima para la segunda observación realizada, la puntuación después de ponderados todos los factores fue igual a 3.25, debido a que este es un valor decimal es necesario interpolar entre los dos valores del entero menor y mayor más próximo a 3.25, en este caso 3 y 4. Los porcentajes correspondientes para estos puntajes extraídos de la tabla XX son 61 y 68 respectivamente. Con la diferencia entre los porcentajes, $68 - 61 = 7$, entre los puntajes, $4 - 3 = 1$, y entre el decimal y el entero inferior más próximo, $3.25 - 3 = 0.25$, se realiza una regla de tres simple y se obtiene el porcentaje de afectación correspondiente al valor decimal, la operación realizada se resume a continuación:

$$\chi = \frac{7 \times 0.25}{1} = 1.75 \rightarrow 61 + 1.75 = 62.75 \rightarrow \text{Porcentaje de afectación para el valor de 3.25}$$

Como se mencionó anteriormente, estos cálculo se montaron en la hoja de Excel y gracias al uso de la funciones de Buscar y de Entero se pudo agilizar y automatizar el procedimiento.

Una vez hallado cada porcentaje de afectación de cada categoría se promedian los 7 valores y se obtiene el valor de afectación global, con este dato se procede a realizar la correspondiente normalización del consumo observado con el fin de obtener datos comparables en futuras observaciones, en distintas obras.

Como se expuso anteriormente, el rendimiento buscado para la conformación de la base de datos es el rendimiento de productividad normal el cuál fue escogido para una productividad del 70 %. Debido a que la productividad media de las observaciones es la representada por el porcentaje global de afectación, para cada una de ellas, es necesario llevarlas a una productividad del 70% para obtener los datos normalizados. Por tanto los consumos se afectan por la relación entre la productividad observada y la normalizada. Para mayor comodidad y hacer más directos los cálculos en la normalización de los consumos se trabajo con el rendimiento es decir se tomo el inverso de los consumos, a continuación se presenta un ejemplo de este procedimiento, para el 4 consumo de la lista:

Consumo sin afectar: 0.339 h-H / m²

Productividad evaluada para cada grupo de factores de afectación: 66.46%

Productividad Normal: 70%

Se halla el rendimiento que es el inverso del consumo:

$$\frac{1}{0.339} = 2.95 \text{ m}^2/\text{h-H}$$

El rendimiento se afecta por la relación entre las productividades, que sería igual a:

$$\frac{70}{66.46} = 1.053$$

Rendimiento normalizado

$$2.95 \times 1.053 = 3.107 \text{ m}^2/\text{h-H}$$

Convirtiendo el rendimiento en consumo normalizado:

$$\frac{1}{3.107} = 0.322 \text{ m}^2/\text{h-H}$$

Siendo este consumo el valor del consumo en condiciones normales de productividad.

5.4 ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS

El fin primordial de las bases de datos de consumos y rendimientos de mano de obra, es el de calcular los costos de la misma, en cualquier proyecto. Para hacer los cálculos en forma más directa, se deben tener las bases de datos de consumos, que son las horas-hombre consumidas, por una cuadrilla en la ejecución de una cantidad unitaria de cualquier actividad. Lo cual, a su vez, es el inverso del rendimiento. Como es fácil evaluar el costo horario de cada uno de los obreros que conforman la cuadrilla, la multiplicación directa del costo horario promedio de todos los obreros en la cuadrilla por el consumo tabulado, dará el costo unitario de la mano de obra para dicha actividad.

Así mismo, para calcular la duración de la ejecución de una actividad, bastará con aplicar el consumo a la cantidad de obra por ejecutar, obteniendo así el total de horas hombre requeridas, que a su vez al ser dividido por el número de integrantes de la cuadrilla dará la duración en horas de la actividad. O, para una duración predeterminada en horas permitirá calcular el tamaño de la cuadrilla.

Son estos los motivos por lo cuales se decidió trabajar la base de datos con la obtención consumos en lugar de rendimientos.

El costo unitario de mano de obra calculado en la forma ya descrita, debe ser afectado por la calificación global del rendimiento o productividad esperable. Es necesario recordar que la productividad media se ha estimado en el 70 %, y que la productividad global esperable o medida es la media aritmética de las productividades evaluadas para cada uno de los grupos de factores. Una calificación global de la productividad del 65% indica que el costo debe ser incrementado en un 5%, pues éste es el porcentaje por debajo del rendimiento promedio o normal que figura en la base de datos. Con este procedimiento se pueden hacer presupuestos de mano de obra bajo cualquier condición y en cualquier parte.

De manera inversa se deben hacer los cálculos cuando se toman lecturas en la obra para conformar una base de datos. Los datos que se toman para conformar la base deben ser leídos en una actividad en condiciones muy normales con el fin de tener alta probabilidad de obtener resultados altamente normalizados. Por ello se espera que la calificación global de la actividad tenga poca variación sobre el rendimiento normal del 70%.

Análisis de sensibilidad:

Tomando como base un rendimiento normal con una eficiencia en la productividad del 70%, y teniendo en cuenta que una actividad apta para ser medida tiene una eficiencia entre el 61 y el 80%, se tiene, que las medidas estarán con unos porcentajes de eficiencia respecto a la base aceptada así:

Tabla 10. Límites de eficiencia de una actividad apta a medir

Límite superior	80%	114.29%
Base	70%	100.00%
Límite inferior	61%	87.14%

Rendimiento y consumos de Mano de Obra. SENA-CAMACOL

La variabilidad de los datos tomados apropiadamente se reduce a un rango mucho más estrecho, lo cual proporciona un primer criterio de aceptabilidad en lo referente a la representatividad de una medición.

A partir de la variación entre el límite superior (80%) y el inferior (61%) se calcula la dispersión entre estos dos valores, hallando el cociente del mayor sobre el menor, menos uno, obteniendo un valor igual al 31 %. Por esto, se puede establecer como aceptables aquellos datos cuya dispersión sea inferior al 30 %.

En condiciones normales de trabajo, es posible que la variación de la afectación global o promedio de los siete grupos de factores que afectan el rendimiento de una actividad, se mueva entre el 60 y el 75%, lo cual implica que el rendimiento varía entre el 85 (60/70) y el 107% (75/70) del valor base.

Para el consumo de horas-hombre, que es el inverso del rendimiento, la variación será del 17% (10/70) de más en el punto bajo, y de menos el 7% (5/70) en el punto alto, respecto al consumo básico.

Considerando condiciones extremas, el rendimiento puede oscilar entre un 55 y un 85% de factor global o promedio de afectación, en estos casos se tienen rendimientos del 21.4% (15/70) de más y de menos respectivamente, obteniendo así, una dispersión entre el mínimo y el máximo del 55%.

Para los datos de consumo sin afectar obtenidos en las observaciones se determinó la dispersión de estos valores, el valor obtenido fue del 50.4%; si bien no cumple con el criterio de aceptabilidad establecido anteriormente del 30% se encuentra por dentro del rango para las condiciones extremas en el cuál se tiene una dispersión del 50%, por tanto los datos obtenidos tienen un grado de validez aceptable. Además comparando la dispersión obtenida en el estudio realizado, con las dispersiones que se encontraron en la investigación realizada por el SENA y CAMACOL Antioquia, los resultados son altamente satisfactorios, ya que en estos estudios se obtuvo dispersiones del 90%, 156%, e incluso del 1922%; lo cuál respalda y demuestra lo que ya se mencionó sobre el alto grado de dispersión que presentan los datos obtenidos en las distintas investigaciones realizadas en nuestro medio.

En la tabla 11 se puede apreciar el análisis y resultado del procesamiento de datos para los consumos sin normalizar.

Tabla 11. Análisis de consumos sin normalizar

Resultados	
Promedio	0,357
Valor máximo	0,454
Valor mínimo	0,302
Desviación	0,0453
% dispersión	50,38
Varianza	0,0021

En la tabla 12 se observan los análisis realizados a los datos normalizados.

Tabla 12. Análisis de consumos normalizados

Resultados	
Promedio	0,340
Valor máximo	0,433
Valor mínimo	0,289
Desviación	0,0421
% dispersión	49,74
Varianza	0,0018

Comparando los resultados obtenidos para los datos sin normalizar y normalizados puede observarse claramente el efecto de considerar las distintas categorías que afectan la productividad de los datos medidos en la normalización de los consumos, estas observaciones son:

- La normalización disminuye la varianza entre los datos medidos aproximadamente un 14 % lo que indica, que si bien este proceso ayuda a hacer los datos más uniformes no es altamente efectivo, ya que se esperaría alcanzar menor grado de varianza entre los datos.
- El efecto de la valoración de los factores de afectación no tuvo un efecto muy alto en el porcentaje de dispersión de los datos, aunque disminuyo el valor, lo hizo muy poco, lo cual indica que para los valores extremos el proceso de afectación o la evaluación hecha no fue la adecuada.
- Todos los porcentajes de afectación son menores al 70 %, lo que indica que la productividad estimada para la obra se encuentra por debajo de la productividad normal para el desarrollo de la actividad de fundida de vías en concreto, incluso en el valor mas eficiente de consumo, esto se debe a que según el análisis de los distintos factores para el proyecto analizado y a su respectiva evaluación los procedimientos y equipos usados no son los adecuados en el desarrollo de las actividades.

- El porcentaje de afectación mas alto obtenido fue del 7 %, correspondiente a un consumo observado de 0.429, que es el tercer consumo más alto de los observados. Esto demuestra que la valoración y calificación de los factores que influyeron en este consumo fue la adecuada y además que el procedimiento de normalización funciona de manera satisfactoria. Lo mismo puede observarse para el porcentaje de afectación mas bajo el cual fue del 3% y corresponde a un consumo observado de 0.316, valor que es uno de los consumos más eficientes de los obtenidos y por tanto la afectación presumida debía ser baja.

Se obtuvo un consumo promedio de 0.340 h-H/m^2 para la actividad que denominamos pavimento rígido y que comprende las actividades descritas y modeladas en la figura 58, este promedio fue evaluado por la afectación de distintos factores con el fin de compensar los bajos niveles de productividad observados en la cuadrilla y equipos utilizados en la obra. Después de compensado el consumo mejoró con respecto al valor promedio medido un 4,7 %, el valor inicial sin afectar correspondió a un consumo de $0,357 \text{ h-H/m}^2$. Transformando estos valores a cantidad de obra ejecutada para un tiempo uniforme de 4 horas y una cuadrilla de 6 integrantes, tendríamos que con el rendimiento normalizado se construirían 70.6 m^2 , mientras que para el consumo sin normalizar se construirían 67.2 m^2 ; observando la diferencia obtenida, entre el valor normalizado y sin normalizar es evidente que 3 m^2 , que corresponden a la tercera parte de una losa, no es un valor significativo que pueda representar las características de productividad de la cuadrilla, ya que se considera que la afectación puede llegar a ser mayor a causa de los equipos utilizados, por tanto es recomendable que este dato obtenido sea usado como referencia para evaluación del consumo en actividades en condiciones similares, de lo contrario este dato servirá como referencia en la comparación y análisis de las mejoras obtenidas con el uso de procedimiento y equipos mas productivos.

5.5 METODOLOGÍA PLANTEADA PARA MEDIR CONSUMOS EN OBRA

Como se estableció inicialmente el conocimiento de los rendimientos o consumos reales de la mano de obra para la empresa es importante por varios aspectos, uno de ellos, es el de formar una base de datos para varias actividades, principalmente las mas importantes en cuanto a costos y afectación en los avances de la obra.

Como aporte de este estudio se definió la medición del consumo de la mano de obra para una actividad elegida siguiendo un criterio definido, con este lineamiento se hizo necesario definir una metodología para realizar dicha medición, con el fin, de que los consumos que se midan en un futuro, sean realizados siguiendo la metodología propuesta en esta investigación.

Debido a que el grado de investigación y la información técnica existente concerniente a procedimientos para medir tiempos de mano de obra en ejecución de actividades de construcción es muy escasa en nuestro medio, adicionalmente tampoco se cuenta con una metodología que cumpla con las características de aceptabilidad y confiabilidad necesarias para hacerla efectiva y válida. Las bases para la medición de los tiempos están dictadas por las teorías y trabajos desarrollados en la ingeniería industrial, específicamente, por la rama dedicada al estudio de los métodos y tiempos, cabe anotar que todas estas teorías, metodologías y estudios han sido implementados y desarrollados en el campo de la industria manufacturera obteniendo grandes resultados en este proceso. Como se mencionó anteriormente hay una gran diferencia entre el sector productivo de la industria y la construcción, debido a todos los factores que influyen en este medio que hacen complicado trabajar con las metodologías desarrolladas para el sector de la industria manufacturera. Por tanto la metodología aplicada en la medición de los rendimientos para la construcción, debe ser desarrollada basándose en las metodologías desarrolladas en el sector productivo industrial, pero teniendo en cuenta consideraciones especiales que permitan obtener resultados exitosos en la implementación de estos métodos.

Dentro de la recolección de información en la estructuración de un método para la medición de datos se trabajó principalmente utilizando la metodología planteada en el estudio realizado por el SENA y CAMACOL Antioquia en el año 2000, la cuál fue diseñada tomando como base las teorías productivas del sector industrial y adaptándolas al sector de la construcción a nivel regional. A esta metodología se le hicieron ciertos cambios con el fin de ajustarla a las condiciones de la obra y características del proyecto.

La metodología planteada para la medición de rendimientos desarrollada y puesta a prueba para una actividad es la siguiente:

1. Seleccionar la actividad a medir teniendo como criterios la importancia en la afectación de los costos totales del proyecto de manera que la actividad elegida cumpla con las características necesarias para que pueda ser medida.
2. Describir la obra u obras donde se adelantará el estudio, las cuales deben permitir:
 - Alto número de repeticiones en ambientes similares.
 - Cuadrillas estables.
 - Obra con alto nivel de organización.
3. Revisar el formato para la toma de datos del **ANEXO 5** y realizar las modificaciones de acuerdo a las condiciones del proyecto.
4. Seleccionar, instruir y entrenar al personal que realizará la toma de datos.
5. Levantar, describir detallada y completamente las operaciones involucradas en la actividad a estudiar.
6. Realizar un muestreo inicial de 5 o 10 observaciones, según se elija, para determinar el tamaño total del muestreo.
7. A partir de los consumos obtenidos sin ser afectados se determina el valor solicitado en la tabla de mundel, **Tabla 7**, y se lee el número total de observaciones a realizar.
8. Se toman los datos utilizando el formato diseñado y mejorado, teniendo especial cuidado en la valoración de los factores de afectación, soportándose con el uso de la tabla del anexo 4, para este cometido. Si se observa la influencia de otros factores registrarlos en la casilla de observaciones del formato.

9. Transcribir los datos, utilizando la hoja de cálculo del anexo 8, diseñada para este propósito, obteniendo los consumos normalizados.
10. Realizar el análisis de dispersión de los consumos normalizados obtenidos y compararlo con los encontrados en las anteriores mediciones, determinando las posibles causas de estos resultados.
11. Plantear mejoras en el método de recolección de datos con el fin de optimizar progresivamente la valoración de los factores de influencia.
12. Conformar la base de los consumos normalizados a medida que se realizan mediciones en distintos proyectos y para distintas actividades.

6. CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES

- Se realizó la práctica empresarial cumpliendo los objetivos planteados, en cuanto al desarrollo de actividades de soporte en aspectos técnicos y administrativos para el aseguramiento del Sistema de Gestión de la Calidad de URBANAS S.A en la construcción de obras de urbanismo y viviendas en Ruitoque Condominio.
- Como resultado de las Auditorias internas realizadas para verificar el nivel de eficacia y conveniencia del Sistema de Gestión de Calidad para los proyectos construidos en Ruitoque, se encontró un sistema de gestión con un buen nivel de eficacia, con registros sistemáticos y satisfactoria cultura hacia la implementación y mantenimiento del sistema, con la existencia de mecanismos de aplicación del ciclo PHVA (Planificar Hacer Verificar Actuar); que brinda los resultados de mejoramiento organizacional y del producto que espera la alta gerencia de la empresa.
- Durante el proceso de medición se identificó el efecto de las posibles características que condicionan el rendimiento obtenido, estas fueron:
 - Equipo y herramientas utilizadas: no eran las adecuadas para la actividad, factor que genera improductividad en el método operativo.
 - Campo de trabajo limitado: Atraso en actividades predecesoras, como por ejemplo, la construcción del alcantarillado, limitaron la cantidad o tajo de trabajo en los frentes de la obra.
- El consumo obtenido en la actividad de fundida de vías para una muestra de 20 observaciones a una cuadrilla de 2x4 fue de 0.34 h-H/m^2 , como referencia, se encontró en la revista técnica de la construcción Construdata un consumo de 1.36 h-H/m^2 para fundida de losa maciza de 0.12 cm de espesor, siendo esta actividad la que mas se asemeja a la que se midió en obra; La razón de la gran variación entre los datos se atribuye, a que para el segundo caso se incluye el figurado y colocación del hierro. De esto se deduce la importancia de definir el alcance y las

características de la actividad medida para la formación de la base de datos, con fines prácticos y comparativos.

- El método planteado para la recolección de datos se presenta como un punto de partida para la medición y control de la productividad de la mano de obra, se observa que no es evidentemente satisfactoria la evaluación de los factores que inciden en los datos, como medida en la mejora de este proceso, se propone realizar mediciones donde se pueda tener un control sobre cada factor para evaluar contundentemente su porcentaje de incidencia no solo en la situación específica de cada obra sino para cualquier proyecto en general.
- Se recomienda medir para cada obrero de la cuadrilla el tiempo consumido en la actividad, anotando también para cada uno tiempos de descanso y receso, con el fin de obtener una representación más real y precisa de los consumos, ya que comúnmente el nivel de participación de los obreros varía a lo largo de la actividad, también se podría diferenciar tiempos consumidos según el cargo del obrero, dato importante en el manejo de los costos.
- Se propone una metodología para el desarrollo de la medición de recurso humano consumido al elaborar una cantidad unitaria de cualquier actividad de construcción, es necesario continuar evaluando y mejorando progresivamente esta metodología de manera que permita obtener una mejor valoración de los factores que afectan la productividad para así lograr cada vez más resultados confiables.
- Se obtiene el primer registro de la base de datos de rendimientos en la empresa, el cuál debe contar para todas las mediciones con la Descripción de la actividad, definiendo el alcance de la medición, unidad de medida, y el consumo obtenido después de ser normalizado.
- El estudio de los rendimientos reales de la mano de obra permite evaluar los costos pagados por la empresa a los subcontratistas, con el fin de estimar si el sistema tradicional de remuneración considera la productividad de las cuadrillas

que realizan el trabajo. La base de datos desarrollada debe utilizarse como punto de referencia para el sistema de pagos y para la evaluación del desempeño de la mano de obra en los distintos proyectos. Esta opción se deja planteada para que sea tenida en cuenta en futuras observaciones, ya que en el estudio realizado no se pudo desarrollar una comparación entre el valor unitario pagado por la actividad y el valor obtenido de acuerdo las observaciones del consumo realizadas debido a que el valor pagado del ítem incluye las actividades de instalación de la malla, armado y retiro de la formaleta, actividades que no fueron tenidas en cuenta dentro de los tiempos medidos.

- La práctica empresarial realizada en las obras de Ruitoque y en la empresa constructora Urbanas S.A., fue una experiencia muy enriquecedora dentro de la formación profesional como Ingeniero Civil en el campo de la ingeniería de la construcción gracias a que Ruitoque es un proyecto muy completo que maneja gran variedad de obras de infraestructura y construcción de viviendas, se pudo participar en la planeación y ejecución de obras tales como: construcción de redes de alcantarillado, construcción de redes de agua, gas, eléctricas y de telecomunicaciones, construcción de vías, desde su conformación hasta la aplicación del pavimento ya sea asfáltico o de concreto, movimientos de tierras, construcción de muros en tierra reforzada, obras de estabilización de taludes, obras para el manejo del impacto ambiental, construcción de edificios, de viviendas, construcción de tanques de agua potable y aguas negras, montaje de sistemas especiales, por ejemplo: sistemas de presión constante, y de bombeo de aguas negras. Adicionalmente gran parte de la experiencia adquirida fue gracias al conocimiento transmitido por las personas que forman parte del grupo de ingenieros y personal administrativo de la empresa, quienes durante su acompañamiento en la práctica, comites de obra, capacitaciones y reuniones del departamento de construcciones permitieron la formación de nuevos conocimientos en la administración y ejecución de proyectos.

BIBLIOGRAFÍA

ASOCRETO. Prácticas de construcción de pavimentos en concreto. Bogotá. 2000

BOTERO, Luis Fernando. Análisis de rendimientos y consumo de mano de obra en actividades de construcción. Revista Universidad EAFIT N° 128. Medellín. 2002

CANO, Antonio. DUQUE, Gustavo. Rendimientos y Consumos de mano de obra. SENA-CAMACOL. Medellín. 2000

FIGUERAS, Francesc Castanyer. Control de Métodos y Tiempos. Marcombo. Boixareu Editores. Barcelona. 1993

GOMÉZ, Milena. Tesis de Practica empresarial. Ejecución del control de calidad soportado en la norma NTC-ISO 9001:2000 en el proyecto Parque Central cañaveral. Editorial UIS. Bucaramanga. 2005

ICONTEC, Instituto Colombiano de Normas Técnicas. NTC – ISO 9000 Sistema de Gestión de la Calidad. Fundamentos y Vocabulario. Bogotá, D.C. 2000.

ICONTEC, Instituto Colombiano de Normas Técnicas. NTC – ISO 9001. Sistema de Gestión de la Calidad. Requisitos. Bogotá, D.C. 2000.

PAGE, John S. Estimator's general construction man-hour manual. Gulf Publishing Company. Segunda edición. Houston. 1997

URBANAS S.A., Manual de Calidad NTC-ISO 9001:2000. Bucaramanga. 2004.

ANEXOS

ANEXO 1. MEMORÍAS DE CÁLCULO DEL DISEÑO DE VIAS

A continuación se presenta el diseño realizado para las vías internas del conjunto la montaña.

CLASIFICACION DE LA SUB-RASANTE - Pag 84	
TIPO	DESCRIPCION
Susceptible	Suelos organicos y arcillas
Estable	Suelos de gravas arenosas bien compactadas
Normal	Suelos diferentes a los anteriores
SE DEFINE SUELO NORMAL	

CLASIFICACION DEL TRAFICO - Pag 85	
TIPO DE VIA	TRAFICO (VEHICULOS COMERCIALES / DIA)
Calles con más de 100 vehiculos públicos por dia	450-1500
Calles con 50-100 vehiculos públicos por dia	150-450
Calles con menos de 100 vehiculos públicos por dia	45-150
Calles sin tráfico de vehiculos públicos por dia	Hasta 45
SE DEFINE HASTA 45	

ESPESORES DE PAVIMENTOS DE CONCRETO - Pag 86			
TIPO DE SUB-RASANTE	TRAFICO	ESPESORES	
Susceptible			
Espesor losa		0.18 mts	
Espesor base		7.5 cms	
Estable			
Espesor losa		0.13 mts	
Espesor base		0 cms	
Normal		45 O MENOS	
Espesor losa		0.12 mts	
Espesor base		10 cms	

JUNTA LONGITUDINAL - Pag 100 y 103			
Ancho de un carril (mts)	b	3.0	
Coefficiente de fricción entre losa y suelo	f	1.5	
Peso de la losa por unidad de área (kg/m ²)	w	288.0	
Esfuerzo de trabajo del acero (kg/cm ²)	fs	2,814	
Acero de refuerzo por und de longitud de junta	As =	b.f.w. / fs = 0.46055	
		(1-3/8" L = 0.65mts c/1.50m)	

DISEÑO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO

e = 12 cms

JUNTA TRANSVERSAL - Pag 104 y 106

Espaciamento según el agregado	Grava silicea	4.5
L = (20-25) espesor de la losa		3.0

SE DEFINEN juntas cada 3.00 mts

Espesor Pavimento (cm)	Diámetro pasador (pulg)	Longitud Separación (cm) (cm)	
11 -- 13	5/8"	30	30

ESPECIFICACIONES DE MATERIALES

CONCRETO - Pag 85

PAVICRETO MR-36

BASE GRANULAR - pag 55

Tamaño máximo de agregados	1"
Porcentaje que pasa tamiz No 200	15
Índice de plasticidad	6
Límite líquido	25

BARRA DE ANCLAJE CORRUGADO PARA JUNTA LONGITUDINAL	Fy = 4200 kg/cm ² (PDR-60)
L = 0.65 mts	

BARRA DE PASADOR LISO PARA JUNTA TRANSVERSAL	Fy = 2400 kg/cm ² (A-37)
L = 0.30 mts	


PRESUPUESTO PAVIMENTOS RIGIDOS

PAVIMENTO RIGIDO ESPESOR 12 CMS			
MATERIALES			
PAVICRETO MR-36	0.12	194,880	23,386
BASE GRANULAR	0.1	68,800	6,880
ANCLAJE CORRUGADO 3/8"	0.18	1,750	319
PASADOR LISO 5/8"	0.69	1,750	1,208
ANTISOL	0.05	3,750	188
SIKAROAD	0.94	464	436
SIKAFLEX	0.043	24,535	1,055
FIBRATEX 3/4"	0.12	7,000	840
REGLAS	0.1	21,924	2,192
MANO DE OBRA			
PAVIMENTO CEPILLADO			2,350
CONFORMACION SUB RASANTE			520
JUNTA	0.94	1,200	1,128
EQUIPOS			
VIBRADOR			250
VALOR TOTAL M2			40,751

VALOR PAVIMENTO LA MONTAÑA	8,800	40,751	358,605,852
----------------------------	-------	--------	--------------------

SEGUN PRESUPUESTO	
PAVIMENTO RIGIDO	282,922,461
ADOQUIN VEHICULAR	9,844,630
EXCAVACION EN ROCA A MAQUINA	76,118,304
CONFORMACION SUBRASANTE	6,537,900
	375,423,295

ANEXO 2. FORMATO CONTROL INDICADOR DE CALIDAD

ANEXO 2. FORMATO INDICADOR DE CONTROL DE CALIDAD					
	INDICADORES DE CONTROL DE CALIDAD				
	HOYO 19				
	RESUMEN MENSUAL SEPTIEMBRE				
	EXIGENCIA NORMA	MUESTRAS EJECUTADO	MUESTRAS PROGRAMADAS	INDICADOR %CUMPLIMIENTO	OBSERVACIONES
CASAS					
CLINDROS PARA COMPRESION					
Placa boiler	C/40M3	1	1	100%	resultados óptimos a 7 días
Placa antepiso	C/40M3	1	1	100%	resultados óptimos a 7 días
Placa entrapiso tanque	C/40M3	1	1	100%	Puebas satisfactorias a 3 días acelerado
Muro y columnas zona cocina	C/40M3	1	1	100%	Pendiente resultados
Control redes internas gas casa 1 y casa 19		1	1	100%	Puebas satisfactorias
Mortero fiso casa 19	3 mob cada 200 m3	1	1	100%	OK
URBANISMO					
Granulometría triturado para concreto		1	1	100%	granulometría en los dentro de limites exigidos
Ensayo compactacion material lote 22		1	1	100%	OK
CLINDROS					
Columnas zona social y cimiento portería	C/40M3	1	1	100%	resultados óptimos a 7 días
Columnas portería	C/40M3	1	1	100%	resultados óptimos a 7 días
Vigas zona social	C/40M3	1	1	100%	Se funde con escalera y placa de C#2 y C# 21
DENSIDADES SUBRASANTE VIA Y ANDENES	2 POR CAPA DE RELLENO	41	36	114%	OK
DENSIDADES RELLENO RED ELECTRICA	2 POR CAPA DE RELLENO	17	13	131%	OK
DENSIDADES RELLENO ALCANTARILLADO	2 POR CAPA DE RELLENO	28	24	117%	OK
DENSIDADES MURO TIERRA ARMADA	2 POR CAPA DE RELLENO	18	13	138%	OK
DENSIDADES RELLENO LOTES	2 POR CAPA DE RELLENO	37	24	154%	OK
VIGUETAS PAVICRETO	C/30M3	3	3	100%	PENDIENTE RESULTADOS UPB
		176			

ANEXO 4. TABLA REFERNCIA PARA CALIFICACIÓN DE FACTORES

ANEXO 4. TABLA REFERENCIA PARA CALIFICACIÓN DE FACTORES

CRITERIOS PARA EVALUACIÓN DE FACTORES QUE AFECTAN EL RENDIMIENTO						
FACTORES		E=5	B=4	R=3	M=2	P=1
Clima	Lluvia	Seco	Nublado	Llovizna	Aguacero	Tormenta
	Temperatura	Acondicionada	Fresca	Normal	Alta o Baja	Extremas
	Lodo	Piso duro	Piso seco	Piso humedo	Charcos	Pantanero
	Cubierta	Sombra y seco	Sombra y Húmedo	Sombra o seco	Sol y Seco	Sol y lluvia
Actividad	Dificultad	Muy facil	Facil	Normal	Difícil	Muy difícil
	Peligro	Ningun riesgo	Normal	Moderado	Riesgosa	Peligrosa
	Interrupciones	Ninguna	De 0 a 5 min.	De 5 a 15 min	De 15 a 60 min	Mayor de 1 hora
	Orden y aseo	Aseo total	Piso sucio	Transitable	Algun escombro	Difícil acceso
	Actividades precedentes	Perfecta	Aceptable	Poco resane	Mucho resane	Repetir
	Tipicidad	+ 20 repeticiones	De 15 a 20	De 10 a 15	De 5 a 10	De 1 a 5
	Tajo	Más de 20 unid	De 10 a 20 unid.	De 5 a 10 unid.	De 2 a 5 unid.	Menos de 2 unid
Equipamento	Herramienta	Especial	Adecuada	Comun	Incomoda	Inadecuada
	Adecuado	Muy	Bastante	Adecuado	poco	Inadecuado
	Confiabilidad	Total	Alta	Buena	Baja	Nula
	Disponibilidad	Repuesto	Siempre	A tiempo	Casi siempre	No diponible
	Elementos protección	Todos	Casi todos	Básicos	Algunos	Ninguno
Supervisión	Criterios de aceptación	Escritos	Verbales previos	Verbales	A ojo	Ninguno
	Instrucción	Documento	Verbal previa	Requerida	Ocasional	Ninguna
	Seguimiento	Registro Total	Registro Parcial	Revisión siempre	Revisión eventual	Sin revisión
	Supervisor	Muy competente	Competente	Bueno	Regular	Malo
	Aseguramiento calidad	Sello Icontec	En proceso	Interventoria	Esfuerzos aislados	No importa
Trabajador	Situación personal	Satisfactoria	Buena	Con altibajos	Triste	Neurótico
	Cansancio	Veloz	Rápido	Normal	Lento	Agotado
	Habilidad	Experto	Habil	Normal	Torpe	Lerdo
	Conocimientos	Superiores	Buenos	Normales	Escasos	Ignorante
	Capacitación	Certificado	Experto	Normal	Aprendiz	Ninguna
	Pereza	Entusista	Animado	Dispuesto	Resignado	De mala gana
	Buena fé	Comprometido	Leal	Cumplido	A regañadientes	Resentido

ANEXO 5. FORMATO DISEÑADO PARA TOMA DE DATOS

FORMATO PARA MEDICIÓN DE TIEMPOS DE MANO DE OBRA					
Fecha:					
Nombre obra:					
Descripción de la obra :					
Elaborado por:					
Actividad:		Unidad			
Descripción Actividad:					
Descripción cuadrilla:					
N	Nombre	Cargo	Factor evaluación		
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
Cantidad ejecutada					
Hora inicio:		Hora fin:			
Tiempo de receso:					
EVALUACIÓN DE FACTORES					
Clima	Lluvia		Equipamiento	Herramienta	
	Temperatura			Adecuado	
	Lodo			Confiabilidad	
	Cubierta			Disponibilidad	
			Elementos protección		
Supervisión	Criterios de aceptación		Actividad	Dificultad	
	Instrucción			Peligro	
	Seguimiento			Interrupciones	
	Supervisor			Orden y aseo	
	Aseguramiento calidad			Actividades precedentes	
				Tipicidad	
				Tajo	
Observaciones					

ANEXO 7. FORMULARIOS DILIGENCIADOS EN EL MUESTREO

A continuación se presentan los formularios diligenciados en las observaciones realizadas a la cuadrilla para la obtención de los respectivos consumos de mano de obra.

ANEXO 8. HOJA DE CÁLCULO USADA EN EL PROCESAMIENTO DE DATOS

ANEXO 8. HOJA DE CÁLCULO USADA EN EL PROCESAMIENTO DE DATOS

N°	Tiempo (h)	# Integrales	Cantidad ejecutada	Consumo sin afectar	Economía	Laboral	Clima	Actividad	Equipamiento	Supervisión	Trabajador	Afectación global	Consumo normalizado
1	3,4	6	67,5	0,302	65,00	68,00	61,00	69,71	64,60	69,00	71,15	66,92	0,289
2	3,8	6	59,8	0,381	65,00	68,00	62,75	68,00	66,20	70,00	70,75	67,24	0,366
3	4,15	6	80,1	0,311	65,00	68,00	64,50	67,43	64,60	68,00	70,25	66,83	0,297
4	4,37	6	77,3	0,339	65,00	68,00	62,75	66,29	63,80	69,00	70,35	66,46	0,322
5	3,35	6	57,3	0,351	65,00	68,00	61,00	64,00	64,60	68,00	70,90	65,93	0,330
6	3,67	6	61	0,361	65,00	68,00	61,00	64,57	63,80	69,00	70,35	65,96	0,340
7	3,8	6	73,1	0,312	65,00	68,00	64,50	67,43	66,20	69,00	70,35	67,21	0,299
8	4,42	6	82,1	0,323	65,00	68,00	61,00	68,57	66,20	69,00	70,90	66,95	0,309
9	4,7	6	65,7	0,429	65,00	68,00	59,25	61,71	64,60	68,00	70,50	65,29	0,400
10	4,05	6	76,9	0,316	65,00	68,00	68,00	67,43	65,40	69,00	70,85	67,67	0,305
11	4,3	6	63,8	0,404	65,00	68,00	64,50	66,29	64,60	69,00	70,30	66,81	0,386
12	3,55	6	61,2	0,348	65,00	68,00	64,50	68,00	66,20	69,00	70,70	67,34	0,335
13	4,56	6	77,4	0,353	65,00	68,00	62,75	68,34	64,60	67,00	70,35	66,58	0,336
14	4,05	6	70,9	0,343	65,00	68,00	59,25	67,43	66,20	69,00	71,15	66,58	0,326
15	3,8	6	68,5	0,333	65,00	68,00	62,75	65,14	64,60	67,00	71,10	66,23	0,315
16	4,22	6	73,4	0,345	65,00	68,00	59,25	68,57	64,60	68,00	70,65	66,30	0,327
17	3,72	6	58,3	0,383	65,00	68,00	64,50	65,14	65,80	66,00	70,00	66,35	0,363
18	5,1	6	67,33	0,454	65,00	68,00	64,50	65,71	65,40	68,00	69,85	66,64	0,433
19	4,87	6	65,7	0,445	65,00	68,00	61,00	66,86	66,60	69,00	70,75	66,74	0,424
20	3,92	6	74,5	0,316	65,00	68,00	64,50	67,43	66,60	68,00	70,75	67,18	0,303

ANEXO 9. PROGRAMA DE OBRA MONTADO EN MICROSOFT PROJECT

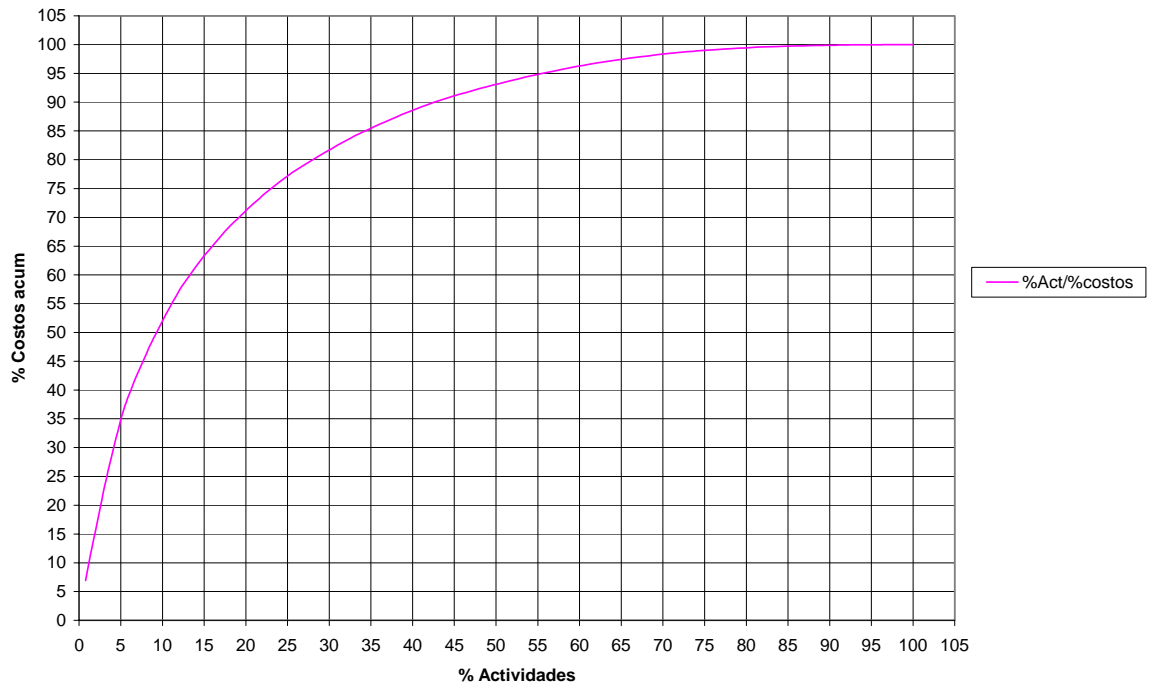
A continuación se presenta la programación de las obra Hoyo 19.

Id	Nombre de tarea	% Avance programado	Duración	Demora permisible	Predecesoras	Comienzo	Fin	
1	HOYO 19	89%	171 días	0 días		mié 27/04/05	mié 16/11/05	24/04
2	DEMOLICIONES	100%	10 días	0 días		mié 27/04/05	sáb 07/05/05	
3	RELOCALIZACION DE INSTALACIONES	100%	4 días	0 días	2FC+2 días	mié 11/05/05	lun 16/05/05	
4	RELOCALIZACION DE INSTALACIONES 2	100%	4 días	0 días	3	lun 13/06/05	jue 16/06/05	
5	DEMOLICIONES 2	100%	10 días	0 días	4	mié 22/06/05	sáb 02/07/05	
6	EXCAVACIONES EN TIERRA	100%	7 días	0 días	2	sáb 11/06/05	lun 20/06/05	
7	CONCRETO DE LIMPIEZA	100%	2 días	0 días	6	lun 20/06/05	mié 22/06/05	
8	CONCRETO CICLOPEO	100%	8 días	0 días	7	mié 22/06/05	jue 30/06/05	
9	RELLENO	100%	6 días	0 días	8	jue 30/06/05	vie 08/07/05	
10	ANCLAJES CIMENTACION Y JUNTA DE CONS	100%	1,5 días	0 días	8	jue 30/06/05	vie 01/07/05	
11	VIGA CIMIENTO 0.40*0.40	100%	2 días	0 días	10,8	sáb 02/07/05	mié 06/07/05	
12	CIMIENTO 0.30*.030	100%	6 días	0 días	8	jue 30/06/05	vie 08/07/05	
13	CIMIENTO CONCRETO REFORZADO	100%	5 días	0 días	8,9,12,11	vie 08/07/05	jue 14/07/05	
14	MURO DE CONTENSIÓN	100%	7 días	0 días	13	jue 14/07/05	vie 22/07/05	
15	DESAGUES SANITARIOS Y DE ALL	100%	10 días	0 días	13	jue 14/07/05	mié 27/07/05	
16	PLACA DE ENTREPISO PRIMER PISO	100%	4 días	0 días	13	jue 14/07/05	mar 19/07/05	
17	COLUMNAS 1 A 2	100%	3 días	0 días	16	mar 19/07/05	vie 22/07/05	
18	ANCLAJES DE ENTREPISO SEG PISO Y JUNT.	100%	1,5 días	0 días	17	sáb 23/07/05	lun 25/07/05	
19	PLACA ENTREPISO 2DO PISO	100%	4 días	0 días	18	lun 25/07/05	vie 29/07/05	
20	COLUMNAS 2 A 3	100%	3 días	0 días	19	vie 29/07/05	mar 02/08/05	
21	ANCLAJES DE ENTREPISO 3ER PISO Y JUNT/	100%	1,5 días	0 días	20	mar 02/08/05	mié 03/08/05	
22	PLACAN ENTREPISO 3ER PISO	100%	4 días	0 días	21	mié 03/08/05	lun 08/08/05	
23	COLUMNAS 3 A 4	100%	3 días	0 días	22	lun 08/08/05	jue 11/08/05	
24	ANCLAJES DE ENTREPISO 4TO PISO Y JUNT/	100%	1,5 días	0 días	23	jue 11/08/05	vie 12/08/05	
25	PLACA DE ENTREPISO 4TO PISO	100%	4 días	0 días	24	vie 12/08/05	jue 18/08/05	
26	OBRAS CIVILES ASCENSOR Y MONTACARGA	100%	15 días	0 días	16	mar 19/07/05	vie 05/08/05	
27	PLACA DE ANTEPISO	100%	5 días	0 días	14FC+3 días,1	mié 27/07/05	lun 01/08/05	
28	MAMPOSTERIA EN LIMPIO	100%	15 días	0 días	22FC+7 días,2	jue 18/08/05	lun 05/09/05	
29	MAMPOSTERIA INTERNA	100%	20 días	0 días	2CC+3 días	vie 29/04/05	mar 24/05/05	
30	MAMPOSTERIA INTERNA 2	100%	15 días	0 días	22FC+7 días,1	mié 17/08/05	vie 02/09/05	
31	INSTALACIONES HIDROSANITARIAS Y GAS	100%	10 días	0 días	30CC+2 días	vie 19/08/05	mar 30/08/05	
32	INSTALACIONES ELECTRICAS	100%	8 días	0 días	30CC+2 días	vie 19/08/05	lun 29/08/05	
33	INSTALACIONES MECANICAS	100%	15 días	0 días	26	vie 05/08/05	mié 24/08/05	
34	FRISOS 2DO PISO	100%	15 días	0 días	3+1 día,29,28,	lun 05/09/05	mié 21/09/05	
35	FRISOS 3ER PISO	100%	15 días	0 días	3+1 día,29,30,	lun 05/09/05	mié 21/09/05	
36	DEMOLICIONES DE ACABADOS DE FACH	100%	8 días	0 días	3	mar 07/06/05	mié 15/06/05	
37	FRISO DE FACHADA	100%	8 días	0 días	30CC+2 días,3	vie 19/08/05	lun 29/08/05	
38	ESTUCO + 1A. MANO	100%	3 días	0 días	35FC+3 días,1	sáb 24/09/05	mié 28/09/05	
39	ENCHAPES DE MUROS	100%	10 días	0 días	35FC+2 días,1	vie 23/09/05	mié 05/10/05	
40	ENCHAPES DE PISOS	60%	15 días	0 días	35FC+5 días,1	mar 27/09/05	jue 13/10/05	
41	CARPINTERIA METÁLICA	100%	8 días	0 días	34,35	mié 21/09/05	vie 30/09/05	
42	VENTANERÍA DE ALUMINIO	100%	8 días	0 días	34,35	mié 21/09/05	vie 30/09/05	
43	CIELO RASO	75%	8 días	11 días	42,41,38	vie 30/09/05	lun 10/10/05	
44	SAUNAS Y TURCOS	0%	8 días	14 días	39,40	jue 13/10/05	lun 24/10/05	
45	CUARTOS FRIOS	0%	5 días	17 días	39,40	jue 13/10/05	jue 20/10/05	
46	COCINA INDUSTRIAL	0%	5 días	17 días	39,40	jue 13/10/05	jue 20/10/05	
47	CARPINTERIA DE MADERA	0%	15 días	0 días	40FC+7 días,4	sáb 22/10/05	jue 10/11/05	
48	ASCENSOR	100%	30 días	0 días	33	mié 24/08/05	mar 27/09/05	
49	PARQUEADERO DE CARRITOS Y CARPATH	100%	10 días	0 días	27	mar 02/08/05	vie 12/08/05	
50	ACCESO ZONA HOYO 10	100%	10 días	0 días	27	mar 02/08/05	vie 12/08/05	
51	ASEO FINAL	0%	4 días	0 días	50,49,47,46,45	jue 10/11/05	mié 16/11/05	

ANEXO 10. ANALISIS DE COSTOS POR ACTIVIDAD URBANISMO COLINA DE YERBABUENA.

A continuación se presentan los resultados del estudio de costos realizados para la elección de la actividad a observar.

ANALISIS SISTEMA CLASIFICACION ABC



ANEXO 11. ANALISIS DE DATOS MEDIDOS PARA EL CÁLCULO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA

Obtención de consumos sin afectar

Nº	Tiempo (h)	# Integrantes	Cantidad ejecutada	Consumo sin afectar
1	3,4	6	67,5	0,302
2	3,8	6	59,8	0,381
3	4,15	6	80,1	0,311
4	4,37	6	77,3	0,339
5	3,35	6	57,3	0,351
6	3,67	6	61	0,361
7	3,8	6	73,1	0,312
8	4,42	6	82,1	0,323
9	4,7	6	65,7	0,429
10	4,05	6	76,9	0,316

Resumen de resultados

	Consumos medidos
	0,302
	0,381
	0,311
	0,339
	0,351
	0,361
	0,312
	0,323
	0,429
	0,316
Rango	0.429 - 0.302
Valor A	0,302
Valor B	0,429
A - B	0,127
A +B	0,731
(A - B) / (A + B)	0,17
Nº de observaciones	20

