

# Herramienta para la estimación de costos en la construcción de viviendas para la empresa Fomento Urbano S.A.



# Abstract

This work was undertaken with the objective of developing a cost estimation tool in dwellings construction for the company Fomento Urbano S.A.

To achieve this, a database was created, integrating information about human resources, materials and construction processes; which requires a lot of research work, field observation and statistical analysis.

For human resources, manpower performances were measured associated with each item of work in 55 different activities, giving results of low uncertainty and high reliability, Norman a logical and acceptable range of them.

The program development was implemented with satisfaction by using programming tools in MS Excel and Visual Basic macros; it has the capacity to perform parametric estimates, evaluate cost per item, estimate durations of production and easily manage the database

Once finished the computer program, budgets were made quickly and efficiently, allowing to obtain a very useful document.

Keywords: Cost, Estimate, Budget, Manpower, Performance, Construction, Dwelling.

# Resumen

Este trabajo fue realizado con el objetivo de desarrollar una herramienta de estimación de costos en la construcción de viviendas para la empresa Fomento Urbano S.A.

Para lograr esto, se creó una base de datos, integrando información sobre recursos humanos, materiales, y procesos constructivos; lo que demanda mucho trabajo de investigación, observación de campo y análisis estadístico.

Para el recurso humano, se midieron los rendimientos de mano de obra, asociados a cada partida de trabajo en 55 actividades distintas, dando resultados de incertidumbre baja y confiabilidad alta, normando un rango lógico y aceptable de los mismos.

El desarrollo de la herramienta se logró implementar con satisfacción utilizando sistemas de programación en MS Excel y macros en Visual Basic; tiene la capacidad de realizar estimaciones detalladas y paramétricas, estimar duraciones de producción y administrar con facilidad la base de datos. Una vez terminada la hoja de cálculo se realizaron presupuestos de manera rápida y eficiente permitiendo obtener un documento de gran utilidad.

Palabras Clave: Costo, Estimación, Presupuesto, Mano de Obra, Rendimiento, Construcción, Vivienda.

# **Herramienta para la estimación de costos en la construcción de viviendas para la empresa Fomento Urbano S.A.**

# **Herramienta para la estimación de costos en la construcción de viviendas para la empresa Fomento Urbano S.A.**

EDDY ALONSO ÁLVAREZ PARAJELES

Proyecto final de graduación para optar por el grado de  
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Diciembre del 2011

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

# Contenido

Prefacio .....	1
Dedicatoria.....	2
Resumen Ejecutivo.....	3
Introducción .....	5
Marco Teórico.....	8
Metodología .....	19
Resultados .....	23
Análisis de los resultados .....	40
Conclusiones .....	43
Recomendaciones .....	44
Referencias.....	45
Apéndices .....	47

# Prefacio

La estimación de los costos de construcción en las etapas tempranas de un proyecto es una actividad indispensable; sin embargo, dada la dificultad de estimar con rapidez, el valor de una vivienda y ante la carencia de una herramienta sencilla para tal fin, el presente trabajo, plantea el desarrollo de una hoja de cálculo en Excel, que permita evaluar presupuestos de manera formal, sintética y sistemática, dando resultados precisos y efectivos.

Para lograr esto, fue necesario integrar información del proyecto en un amplio grado de detalle, procurando conseguir una mejor precisión en los resultados; por lo que se creó una base de datos, mediante estudios e investigación de campo, de todo lo referente a los recursos de mano de obra, materiales y procesos constructivos.

Por tal motivo el presente trabajo abarca diferentes temas relacionados a la estimación de costos, desde las diferentes técnicas y herramientas que se utilizan en la actualidad, así como las metodologías de almacenamiento de data histórica, las clasificaciones existentes, el estudio de los procesos constructivos, recursos y rendimientos de mano de obra en la construcción de viviendas. Con el propósito de contribuir en el mejoramiento de la gestión de costos de la empresa Fomento Urbano S.A.

# Dedicatoria

*A Dios que me regalo la vida, salud y la oportunidad de estudiar; sin Él jamás hubiera alcanzado mis metas.*

*A mi madre por todo el apoyo y la paciencia que me ha tenido a lo largo de mi vida, sé que no ha sido fácil, y que trabajaste mucho para sacar adelante a mis hermanos y a mí, muchas gracias por ser como eres, y por todo ese cariño y amor que nos tienes. Eres la mejor mamá del mundo y lo que soy hoy día te lo debo a ti.*

*A Maylith por estar ahí estos últimos años de mi vida dándome su apoyo y cariño.*

*Al profesor Juan Carlos Coghi por su apoyo y consejo en la realización de este trabajo.*

*Y a la empresa Fomento Urbano S.A. por abrirme las puertas de su compañía y permitirme realizar la práctica profesional en uno de sus proyectos, dándome la oportunidad de aprender y conocer personas tan amables e inteligentes como sus trabajadores.*

# Resumen Ejecutivo

El presente trabajo final de graduación se llevó a cabo en la empresa Fomento Urbano S.A. Fundada en 1972, es una compañía costarricense dedicada al desarrollo de residenciales en la Gran Área Metropolitana. Esta empresa ha presentado un auge importante a lo largo de su funcionamiento e inclusive ha sido galardonada con premios a la excelencia en la categoría de satisfacción al cliente, otorgado por la cámara de industrias de Costa Rica.

Actualmente esta sociedad tiene varios proyectos urbanísticos y residenciales, en donde se encarga exclusivamente de la administración de cada uno, de la inspección y supervisión de la calidad, y del diseño topográfico y arquitectónico de cada vivienda, entre otras; pero no se dedica a construir, aunque años atrás si lo hacía, ahora trabaja con otras constructoras por medio de contratos llave en mano. Bajo esta modalidad, el contratista puede disponer de sus propios recursos o recurrir a la subcontratación de especialistas.

Fomento Urbano debe establecer y negociar el precio de cada residencia pero no dispone de la información apropiada, referente a los recursos de mano de obra, materiales y subcontratos para realizar valoraciones de precisión alta; además, para los directores de proyecto elaborar presupuestos demanda mucho tiempo, del cual no pueden disponer. Por tal motivo, este trabajo pretende desarrollar una aplicación que permita realizar estimaciones de costo de una forma rápida y sencilla, con resultados efectivos que satisfagan las necesidades de la empresa.

Para lograr esto, fue necesario crear una base de datos completa, lo que exige mucho trabajo de investigación, observación de campo y análisis estadístico; ya que se debe integrar el recurso material, humano, y los sistemas constructivos.

El estudio se realizó en el Residencial Verolís, ubicado en Heredia, en época de invierno, específicamente entre julio y septiembre. Este es un proyecto de construcción de viviendas con áreas entre 70 y 100 m<sup>2</sup>, de una o dos plantas, y con cuadrillas especializadas para cada actividad

Para el recurso humano, se midieron los rendimientos de mano de obra, para ello, primero se plantearon cuales actividades estaban involucradas en el proceso constructivo, lo que conlleva a crear una estructura detallada de trabajo o EDT. Luego con un cronometro se midió el tiempo necesario para llevar a cabo una tarea determinada, partiendo de un número de observaciones, anotadas en un formulario, que se analizan estadísticamente para evaluar la calidad de los resultados e interpretar el estudio, siendo el coeficiente de variación y el nivel de confianza los puntos más importantes de este.

En total se midieron 55 rendimientos promedio, en su gran mayoría con un coeficiente de variación inferior a un 20% lo que señala que la incertidumbre para utilizar esos valores es muy poca, por otro lado el nivel de confianza también en su gran mayoría, son mayores al 70% y esto es la probabilidad a priori de que el resultado contenga el verdadero valor del rendimiento, por lo que es alta.

Para el recurso material, es necesario observar y anotar el tipo de producto que se utiliza, ya que esto influye en los costos y en el rendimiento del mismo. Los procesos constructivos es importante estudiarlos para conocer qué se debe evaluar en las estimaciones.

El desarrollo de la herramienta se logró implementar con satisfacción mediante la utilización de sistemas de programación en MS Excel y macros en Visual Basic, tomando los planos de las viviendas del residencial para evaluar los resultados. Una vez terminado el programa se realizaron presupuestos de manera rápida y eficiente permitiendo obtener una herramienta de gran utilidad. Como parte de lo propuesto la aplicación permite realizar estimaciones detalladas, paramétricas, evaluar costos por elemento, estimar duraciones de producción y administrar la base de datos.

Es importante recalcar que la estimación de costos no es una ciencia exacta al contrario, es un proceso predictivo que busca reducir la incertidumbre involucrada en su desarrollo, a través del uso de técnicas y

herramientas adecuadas, el empleo de una base de datos precisa constituye un aporte importante para el contratista, ya que la estimación es más confiable. De igual forma los rendimientos buscan normar un rango lógico de los mismos, es responsabilidad del ingeniero vincular su experiencia y sus facultades para establecer contingencias si creyera necesario.

Por último se muestran las conclusiones a las que se llegó con base en el presente trabajo, así como las recomendaciones.

# Introducción

Durante la etapa de planeamiento de cualquier proyecto de construcción, la evaluación económica y la programación de la obra juegan un papel fundamental, ya que son los factores que establecen anticipadamente el monto de los recursos económicos, necesario para determinar la viabilidad y utilidad del trabajo.

Es por esto, que uno de los principales objetivos de la administración es el de no sobrepasar el presupuesto aprobado y para lograrlo es necesario contar con una metodología de estimación apropiada, que se encuentre respaldada por una base de datos confiable, a fin de que permita realizar valoraciones de manera ordenada y con un alto grado de precisión.

Por tal motivo, el presente trabajo abarca diferentes temas relacionados a la estimación de costos, desde las diferentes técnicas y herramientas que se utilizan en la actualidad, así como las metodologías de almacenamiento de data histórica, las clasificaciones existentes, el estudio de los procesos constructivos, recursos y rendimientos de mano de obra en la construcción de viviendas. Con el objetivo de desarrollar una aplicación para la empresa Fomento Urbano S.A. que permita realizar presupuestos de una manera rápida y efectiva.

En la práctica actual se utilizan varias metodologías para evaluar presupuestos; la estimación paramétrica y la estimación detallada o por componentes son de las más conocidas. El primer método parte del principio de que cada obra comparte algunas características clave, que están fuertemente correlacionadas con el costo de la estructura, lo cual permite proyectar el precio de construcciones similares; el segundo método es la técnica mejor definida y utiliza la información hasta el último nivel de detalle disponible, evaluando el costo de cada componente de la construcción.

La clasificación en uno de estos tipos depende básicamente; de la información útil, el grado de esfuerzo empleado, el tiempo, el uso y el nivel de confianza.

Aunque el segundo método es mejor, es común que en las etapas preliminares del proyecto, no se cuente con la información o con el tiempo necesario para realizar una estimación muy detallada, demandando solamente un valor aproximado de la obra, en cuyo caso es mejor utilizar parámetros.

Si se diseña adecuadamente una herramienta que permita la rápida estimación de costos para una vivienda, con un margen de error aceptable. Entonces se optimizará el tiempo para hallar el valor final de la construcción.

## Objetivos

### Objetivo General

Diseñar una herramienta de estimación de costos en la construcción de viviendas para la empresa Fomento Urbano S.A. que le dará al equipo del proyecto la información, y las técnicas necesarias para realizar presupuestos rápidos, precisos y consistentes.

### Objetivos Específicos

1. Desarrollar las perspectivas teóricas relacionadas a las bases, técnicas y herramientas de la gerencia de proyectos, principalmente enfocadas a la gerencia del diseño, para la estimación de costos y tiempos en la construcción de obras.
2. Recopilar información relevante sobre los distintos procesos constructivos observados en el campo, tales como: materiales, recurso humano, maquinaria, subcontratos y costos de proveedores.

3. Medir rendimientos de mano de obra de estimación paramétrica.
4. Determinar los parámetros de costos de construcción para el cálculo de estimaciones paramétricas.
5. Elaborar una aplicación en Excel para el cálculo de presupuestos y duraciones de obra, con los principios estudiados, que presente de manera formal, sintética y sistemática resultados efectivos y satisfaga las necesidades de la empresa.

## Justificación

Este trabajo es un aporte para la empresa Fomento Urbano S.A., la cual es una compañía costarricense dedicada al desarrollo de residenciales, con más de 39 años de existencia, ha sido galardonada con premios a la excelencia en la categoría de satisfacción al cliente, otorgado por la cámara de industrias de Costa Rica.

Actualmente esta sociedad tiene varios proyectos urbanísticos y residenciales, en donde se encarga exclusivamente de la administración de cada uno, de la inspección y supervisión de la calidad, y del diseño topográfico y arquitectónico de cada vivienda, entre otras; pero no se dedica a construir, aunque años atrás si lo hacía.

La organización trabaja junto con otras constructoras por medio de contratos llave en mano; bajo esta modalidad, el propietario (Fomento Urbano), contrata y deposita su confianza absoluta en otra empresa constructora, quien coordina la construcción y administración total del proyecto. (Ramírez, 2011).

En la etapa de construcción el contratista puede ejecutar la obra disponiendo de sus propios recursos o recurriendo a la contratación de subcontratistas especializados (Ramírez, 2011). Fomento Urbano, debe establecer y negociar el precio de cada vivienda, pero no dispone del estudio apropiado para realizar valoraciones con precisión alta, sobre los materiales, los recursos de mano de obra y subcontratos, ya que ellos no lo manejan.

La estimación de costos y de tiempos en las etapas tempranas de un proyecto es una actividad indispensable. Sin embargo, es común que en estas etapas no se cuente con toda la información necesaria para elaborarlos. Esto

demanda mucho trabajo de investigación, observación de campo y análisis, mediciones de mano de obra y el estudio de los procesos constructivos.

Para los directores de proyecto elaborar estimaciones por el método tradicional exige mucho tiempo, de manera que es preciso recurrir algunas veces a métodos conceptuales. Para esto se utiliza la estimación paramétrica de costos, la cual, basándose en unas pocas características distintivas de la obra permite calcular un costo aproximado de la misma, pero es necesario contar con una buena base de información estadística de proyectos similares, lo que se aplica muy bien al proyecto, por el parecido de las construcciones. Aunque se reconoce que dicha información no se puede obtener fácilmente. Primero se deben evaluar presupuestos muy detallados de las obras.

Con el fin de cubrir esta necesidad nace este trabajo en el que se describe el diseño y la aplicación de una metodología para la recolección y análisis de datos de proyectos de construcción de viviendas; en él se plantean los parámetros de costo y tiempo que permiten evaluar las construcciones de los proyectos durante sus etapas iniciales, y además el desarrollo de una aplicación en Excel que facilita los procesos de estimación detallada o paramétrica.

## Alcances y limitaciones

### Alcance

El presente trabajo busca obtener una aplicación para la estimación de costos que presente de manera sintética y sistemática el cálculo de presupuestos en la construcción de viviendas, a partir de la creación de una base de datos, que pretenda no solo almacenar información, sino servir como una herramienta del sistema de gestión de proyectos en sí, de tal forma que retroalimente este proceso y cumpla los requerimientos de la empresa Fomento Urbano S.A.

## Limitaciones

- La etapa de diseño preliminar es la única etapa del ciclo de vida del proyecto que será tratada en este trabajo.
- La cantidad de recurso humano y material para cada actividad se ajusta a la forma en que la empresa ejecuta los procesos constructivos.
- Esta investigación no incluye costos ni rendimientos de maquinaria, equipo e instrumentos, se estima únicamente como un porcentaje del presupuesto base y se define según el criterio del estimador.
- La lista del costo de cada material se deberá actualizar por la persona que utiliza el programa.
- La estimación de rendimientos de cada actividad se limita a la medición de tiempos de los trabajadores de la empresa, en la cual laboran en cuadrillas especializadas, para cada proceso.

## Delimitación

El estudio se realizó en San Francisco de Heredia, Costa Rica, en el Residencial Verolís, el cual es un proyecto de construcción de viviendas, con áreas entre los 70 y los 100 m<sup>2</sup>, de una y dos plantas.

# Marco Teórico

A continuación se exponen los conceptos y perspectivas teóricas de la estimación de costos y la programación de proyectos que se utilizan para formular y desarrollar los argumentos. Comprende el verdadero sustento teórico del estudio y permite centrar el trabajo evitando desviaciones; además provee un marco de referencia para interpretar posteriormente los resultados del estudio.

## Estimación de costos en la construcción

La estimación de costos representa una de las funciones más importantes realizadas en cualquier empresa. En la industria de la construcción, la calidad de desempeño de esta función es fundamental para el éxito de las partes involucradas en la gestión global de los gastos de capital de un proyecto.

El Project Management Institute (2008) define la estimación de costos como “el proceso que consiste en desarrollar una aproximación de los recursos necesarios (humanos y materiales) para completar las actividades de un proyecto”, dicho de otra forma, es la valoración económica que determina anticipadamente el costo de una obra; necesario para evaluar la viabilidad y los beneficios que producirá. Usualmente se conoce como estimado, presupuesto o presupuesto de obra.

Al respecto, Chen y Richard (2003), indican que la estimación es un proceso complejo, que implica la recopilación de información disponible y pertinente en relación con el alcance, la constructibilidad y riesgo del proyecto. El estimador debe recopilar y revisar todos los planos detallados, las especificaciones, datos del sitio, mano de obra, materiales o equipo, cartel, regulaciones del gobierno y los requisitos del propietario; este es un proceso

continuo, debido a la singularidad de cada estructura y los constantes cambios en el entorno de la industria.

En general la calidad de un presupuesto depende de las calificaciones y habilidades del estimador demostrado en un amplio conocimiento de la construcción, experiencia, observaciones, razonamiento y consultas.

## Objetivos de la estimación de costos

Las valoraciones económicas de una obra tienden a tener los siguientes objetivos:

- Servir de base para fijar los precios de venta por las obras o servicio.
- Evaluación conceptual y estudios de viabilidad.
- Ayudar al equipo de trabajo a evaluar y seleccionar soluciones alternativas.
- Control de costos.
- Establecer rangos de costo y calendario durante las fases del proyecto.
- Aprobación para la adquisición de suministros, servicios y contratos.
- Proporcionar datos de estudios de ingeniería de valor, análisis independientes y de referencia para cambios.
- Controlar la eficiencia de las operaciones.
- Analizar el rendimiento del proyecto y de los recursos.
- Tomar acciones correctivas.

## Características y clasificaciones de la estimación de costos

Existen diversas entidades internacionales (entre ellas la ANSI) que se han ocupado de clasificar los presupuestos, dependiendo de su propósito y del grado de precisión esperado, y quizá la que mejor describe el asunto, es la ACCE (Association for the Advancement of Cost Engineering). (Arboleda, 2007, p. 23).

Esta organización indica en los documentos 17R-97 y 18R-97, cinco clases distintas de estimación de costos, definidos por una característica primaria, que es el grado de definición del proyecto, y tres características secundarias: el uso, la metodología y el grado de precisión esperado.

La designación de cada una de estas clases se nombra como Clase 1, 2, 3, 4 y 5. Una estimación de clase 5 se basa en el nivel más bajo de definición del proyecto y una estimación de clase 1 es la más cercana a la definición completa del proyecto. (U.S. Department of Energy, 2011, p. 131).

Cuadro 1. Características de la estimación de costos					
Características		Primaria	Secundarias		
Clase	Nombre	Nivel de definición del proyecto	Propósito para el cual se utiliza	Metodología para presupuestar	Grado de precisión esperado
5	Orden de magnitud	0% a 2%	Revisión conceptual, Pre inversión, Viabilidad	Capacidad factorizada, modelos paramétricos, analogías, juicio de expertos	-20% a -50% +30% a +100%
4	Estimado	1% a 15%	Evaluación conceptual, Estudios de factibilidad, Aprobación preliminar	Equipos factorizados, modelos paramétricos	-15% a -30% +20% a +50%
3	Preliminar	10% a 40%	Estimativo para licitar. Iniciar ingeniería básica, Anteproyectos	Costos unitarios mayores, estudio por capítulos	-10% a -20% +10% a +30%
2	Definitivo	30% a 70%	Cotización y licitación. Presupuesto básico	Estudios detallados de precios, Estudio por actividades	-5% a -15% +5% a +20%
1	Ejecución	50% a 100%	Detallado para compras y ejecución	Estudios finales, Cotizaciones definitivas, Listas de compras	-3% a -10% +3% a +15%

Fuente: Arboleda, 2007.

## Metodologías de Estimación de Costos

Son muchos los métodos o técnicas de estimación de costos disponibles para facilitar este proceso. Dependiendo del alcance del proyecto, el propósito de la estimación, el avance de obra y la disponibilidad de recursos; el estimador podría utilizar una o la combinación de estas técnicas. Como se muestra en el Cuadro 1 cuando el nivel de definición del proyecto aumenta, la metodología de estimación tiende a progresar a partir de técnicas conceptuales a las técnicas deterministas o definitivas (U.S. Department of Energy, 2011, p. 18).

Las estimaciones conceptuales se utilizan al inicio de un proyecto, cuando el alcance y la definición están en las primeras etapas de desarrollo, y hay poca información disponible. Se utiliza comúnmente por la necesidad de evaluar los costos potenciales de las obras. El propietario debe tener un valor aproximado de los costos del proyecto a efectos de determinar la conveniencia económica de proceder con el diseño y por ende con la construcción. Estas técnicas especiales son empleadas habitualmente, utilizando la mínima información disponible. Se requiere de poco esfuerzo para preparar este tipo de estimación, que comúnmente utiliza solo un parámetro del proyecto, como metro cuadrados de superficie, longitud de tramo de un puente o barriles por día de producción. Este tipo de estimaciones son valiosas para determinar las magnitudes del costo con comparaciones y análisis muy áspersos, pero no son apropiados para la toma de decisiones críticas y de compromiso. (Chen y Richard, 2003, p. 25).

Las estimaciones que se clasifican como deterministas se basa en actividades, detallados o unidades. Suelen ser las técnicas de estimación mejor definidas ya que utiliza la información hasta el último nivel de detalle disponible. Es además la técnica de estimación más común, entendible y utilizada de todas (U.S. Department of Energy, 2011, p. 24).

## Estimación Detallada o por Componentes

Son estimaciones de costo que se preparan después de que la definición y el alcance del proyecto estén prácticamente completados. Para preparar un presupuesto detallado se requiere de un gran esfuerzo para recopilar información sistemática y previsión de costos. Se utilizan por lo general para fines prácticos o para ofertas de presupuestos definitivos. Debido a la información disponible y al esfuerzo realizado, las estimaciones detalladas son generalmente proyecciones bastante exactas de los costos de construcción (Chen y Richard, 2003, p. 34).

Esta técnica es más apropiada para las clases 2 y 1 del Cuadro 1. Dependiendo de la calidad de la información disponible, se pueden obtener valores de precisión de hasta  $\pm 5\%$ .

## Ventajas y desventajas de la estimación detallada

El U.S. Department of Energy (2011), menciona las siguientes ventajas de las estimaciones detalladas:

- Mayor nivel de confianza.
- Mayor detalle que se puede utilizar para mejorar el seguimiento, control de cambios, etc.
- Mejor alcance y definición individual de las actividades.
- Cantidades detalladas para establecer indicadores más precisos.
- Mejores recursos base para la programación.

De igual forma, menciona algunas desventajas, tales como:

- Se requiere de mucho tiempo para desarrollar la estimación.
- Son más costosos de desarrollar que las estimaciones de relación.

Existen muchas situaciones que no garantizan o permiten el consumo de tiempo y esfuerzo necesario para producir un presupuesto detallado. Estudios de viabilidad implican la eliminación de muchas alternativas antes de cualquier trabajo de diseño. Obviamente, si este diseño se llevó a cabo antes de estimar el costo, el estudio de viabilidad podría ser enorme. La falta de tiempo también puede limitar el nivel de detalle. Si se requiere una respuesta en unos pocos minutos o unas pocas horas, entonces se debe utilizar un método conceptual, incluso si se dispone de la información para realizar una estimación detallada. (Chen et al., 2003, p. 25).

## Norma ASTM E1557

Comúnmente al elaborar una estimación por componentes, la división de actividades, recursos y costos en general, se hacen por criterio del estimador, difiriendo de un profesional a otro. Sin embargo, hay algunas instituciones que normalizan este proceso.

La ASTM International es una de las organizaciones en el desarrollo de normas más grande del mundo, y ha aportado un medio para la planificación elemental de costos, el control y la estimación de los proyectos de construcción, en la norma E1557, "Clasificación para elementos de edificios y trabajo relacionado en el sitio - UNIFORMAT II".

Según el alcance de esta norma se prevén los elementos como componentes físicos permanentes importantes comunes dentro de una entidad construida que desempeñan funciones particulares más allá de su diseño y especificación. La clasificación es un hilo común que vincula las actividades y participantes en cualquier proyecto de construcción desde la planificación e implementación inicial a través de las operaciones, el mantenimiento y la eliminación.

Los elementos que se definen suelen realizar una función determinada, independientemente de las especificaciones de diseño, métodos de construcción o los materiales utilizados. Utilizando UNIFORMAT II se asegura la consistencia en la evaluación económica de proyectos de construcción a través del tiempo y de proyecto a proyecto; mejora la gestión de proyectos y la elaboración de informes en todas las etapas del ciclo de la construcción:

planificación, programación, diseño, construcción, operaciones y disposición (ASTM Standards, 2005, p. 1).

La norma presenta 3 niveles jerárquicos de definición, descritos como Nivel 1, 2 y 3, y un Nivel 4 detallado de sub-elementos. La clasificación sirve de referencia coherente para el análisis, evaluación y monitoreo durante las etapas de viabilidad, planeación y diseño de edificios. Se realiza por ejemplo, de la siguiente forma:

<b>Cuadro 2. Ejemplo de clasificación de elementos de la norma ASTM E1557</b>				
Nivel	Nivel	Nivel	Nivel	Definición
1	2	3	4	
A SUB ESTRUCTURA				
A10 FUNDACIONES				
A1010 FUNDACIONES ESTANDAR				
A101001 Fundación Paredes				
A101002 Fundación Columna				

Fuente: ASTM Standard E1557, 2005.

La norma establece una lista amplia para la clasificación de elementos, dividida en siete grupos de nivel 1: subestructura, soporte, interiores, servicios, equipo y mobiliario, y sitio de trabajo; y expresa de forma muy detallada que consideraciones se tiene en cada elemento.

## Estimación Paramétrica

Un modelo paramétrico es una herramienta útil para preparar estimaciones conceptuales anticipadas cuando se dispone de poca información técnica (U.S. Department of Energy, 2011, p. 18).

El principio de este tipo de estimado parte de que los proyectos tienen algunas características clave, conocidas como parámetros, que están fuertemente correlacionados con el costo del proyecto. El método toma en cuenta esta correlación para obtener un estimado del costo final (Sánchez y Pech, 2008, p. 3).

De acuerdo con el Project Management Institute (2008), el uso de estos parámetros implica desarrollar modelos matemáticos. Estos modelos pueden ser simples (p.ej., la construcción de una vivienda residencial costará una cierta cantidad por metro cuadrado de espacio útil) o complejas (p.ej., un modelo de costo de desarrollo de software utiliza varios factores de ajuste separados, donde cada uno de estos factores comporta numerosos criterios).

El PMI<sup>1</sup> señala además, que se pueden obtener resultados más confiables cuando:

- La información histórica utilizada para desarrollar el modelo es exacta
- Los parámetros utilizados en el modelo son fácilmente cuantificables
- Los modelos son escalables, de modo que funcionan tanto para un proyecto grande como para uno pequeño, y para las fases de un proyecto

Un requisito importante para utilizar el método paramétrico en la estimación de costos es contar con información estadística amplia, obtenida del análisis cuidadoso de una buena cantidad de proyectos realizados en el pasado bajo condiciones económicas y de ubicación geográfica muy similares entre sí (Sánchez y Pech, 2008, p. 3).

Esta técnica es más apropiada para las clases 5, 4 y 3 del Cuadro 1. Si se realiza un análisis estadístico riguroso se esperan valores de precisión en un rango de  $\pm 15\%$ .

## Relación de Estimación de Costo

Las relaciones de estimación de costo (CERs, por sus siglas en inglés), también conocidas como modelos de costo, componentes o conjuntos/subconjuntos se desarrollan a partir de los datos históricos de los sistemas y subsistemas similares. Un CER es utilizado para estimar un costo determinado o precio mediante el uso de una relación establecida con una variable independiente. Por ejemplo, un CER de horas de diseño por dibujo puede ser aplicado a la estimación del número de dibujos para determinar el total de horas de diseño. (U.S. Department of Energy, 2011, p. 25).

---

<sup>1</sup> Project Management Institute. Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos.

La identificación de una variable independiente que demuestre una relación mensurable con costos del contrato o precio desarrolla una CER. Las relaciones de estimación costo pueden ser matemáticamente simples en naturaleza (por ejemplo, un simple ratio) o puede implicar una ecuación compleja. (U.S. Department of Energy, 2011, p. 25).

## Ventajas y desventajas de la estimación paramétrica

El U.S. Department of Energy (2011), menciona las siguientes ventajas de la estimación paramétrica:

- Versatilidad: Si se tiene la información suficiente, las relaciones paramétricas se pueden derivar a cualquier nivel. Al haber cambios en el diseño, las relaciones de estimación de costos, pueden ser rápidamente modificadas y utilizadas para responder a la pregunta “¿qué pasaría si?” sobre las alternativas de diseño.
- Sensibilidad: Simplemente modificando los datos de entrada y registrando los cambios en los resultados de los costos se puede realizar un análisis de sensibilidad.
- Estadística de salida: las relaciones paramétricas derivadas de análisis estadísticos, va a tener en general dos medidas objetivas de validez (significancia estadística de cada coeficiente de estimación y del modelo en conjunto), y un error de cálculo estándar que se puede utilizar en el análisis de riesgos.

De igual forma, menciona algunas desventajas:

- Requisitos: La base de datos subyacente deber ser consistente y confiable. Además puede tomar mucho tiempo normalizar los datos o asegurar que sean correctos. Sin la comprensión de como se normalizaron los datos, el estimador debe dar fe en

la base de datos e incrementar el riesgo estimado.

- Divisas: la relación de costos deberá ser actualizado periódicamente para capturar el costo más reciente, técnicas y datos de programación
- Relevancia: Utilizando información fuera de los rangos de las relaciones de costo puede provocar errores debido a que se pierde la capacidad de predicción para los datos fuera del rango de desarrollo.

Otra desventaja importante de la estimación paramétrica es que se dificulta, el poder realizar un seguimiento ordenado y sistemático de los costos, durante las etapas de diseño, contratación y en especial durante la etapa de construcción. (Lozano y Montoya, 2009, p. 8).

## Métodos de estimación paramétrica

Existen distintas formas para definir los parámetros o CERs que identifican el cálculo de costo de una obra. El U.S. Department of Energy (2011) expone los siguientes:

### 1. Método por unidad de producto final:

Este método se utiliza cuando se dispone de un número suficiente de datos históricos a partir de un trabajo similar sobre la base de la capacidad de ese trabajo. Esta técnica no toma ninguna economía de escala, ni la ubicación o tiempo del trabajo.

Consideremos por ejemplo el costo estimado de un parqueo. El costo total de un proyecto anterior resulto ser de \$150 mil para 100 puestos de estacionamiento o de \$1500/estacionamiento. De un nuevo parqueo de 225 puestos de estacionamiento, el costo estimado sería \$1500/estacionamiento \* 225 puestos de estacionamientos para un total de \$337 500.

### 2. Método por dimensión física:

Este método se utiliza cuando se dispone de un número suficiente de datos históricos a partir de

trabajos similares basado en el área o volumen de esa obra. Se utiliza la dimensión física en relación de los datos de trabajo existente. Esta técnica no toma ninguna economía de escala, ni la ubicación o tiempo del trabajo.

Considerando el ejemplo del método anterior, el costo total era de \$150 mil para un parqueo de 3000 ft<sup>2</sup>. El nuevo parqueo será de 7000 ft<sup>2</sup>, por lo tanto, \$150,000/3000ft<sup>2</sup> es igual a \$50/pies cuadrado; por lo que el costo estimado del proyecto es de \$50/ft<sup>2</sup> \* 7000 ft<sup>2</sup> siendo así \$350,000.

### 3. Método por factor de capacidad:

Este método se utiliza cuando se dispone de un número suficiente de datos históricos a partir de un trabajo similar sobre la base de la capacidad de ese trabajo. Da cuenta de la economía de escala, pero no la ubicación o tiempo del trabajo.

Por ejemplo, considere una planta de energía conocida que produce 250 MW/hora y que costó \$150 millones construirla. Una nueva planta producirá 300 MW/hora. A partir de datos históricos 0.75 es el factor de capacidad adecuada. Utilizando la ecuación:

$$\text{Costo Nuevo} = \text{Costo Conoc.} * \frac{\text{Capac. (nueva)}}{\text{Capac. (conoc)}} * e$$

Donde "e" es el factor de capacidad derivada de los datos históricos.

- Costo Nuevo = \$150 millones \* 300/250 \* 0.75
- Costo Nuevo = \$172 millones

### 4. Método por ratios o por factores:

Este método se utiliza cuando se dispone de información histórica de la construcción por componentes a partir de trabajos similares. Las relaciones de escala del costo de los componentes existentes se utilizan para predecir el costo de los nuevos trabajos similares. Este método también se conoce como "factor equipo" de estimación. No considera la economía de escala, ni la ubicación o tiempo del trabajo.

Para ilustrar, si una planta que costó \$1 millón construirla, y cuenta con equipos que costaron \$300 mil, entonces un factor de 3.33 representa el costo de la planta a costo del equipo "factor". Si una nueva planta propuesta tendrá \$600 mil en equipo, entonces el método por ratios va a predecir que la nueva planta se estima en un costo de \$600 mil \* 3.33 = \$2 millones.

## Riesgos del proyecto

La gestión de los riesgos en un proyecto tiene su origen en la incertidumbre y trata sobre la cuantificación de los riesgos relacionados al proyecto como monto adicional al costo directo de construcción, reconociendo la importancia de la identificación de este sobrecosto (Lozano y Montoya, 2009, p. 11). Incluye los procesos relacionados con llevar a cabo la planificación de la gestión, la identificación, el análisis, la planificación de respuesta, monitoreo y control (Project Management Institute, 2008, p. 234).

Los riesgos de un proyecto se ubican siempre en el futuro. Un riesgo es un evento o condición incierta que, si sucede, tiene un efecto en por lo menos uno de los objetivos del proyecto. Los objetivos pueden incluir el alcance, el cronograma, el costo y la calidad. Un riesgo puede tener una o más causas y, si sucede, uno o más impactos. Una causa puede ser un requisito, un supuesto, una restricción o una condición que crea la posibilidad de consecuencias tanto negativas como positivas. Por ejemplo, las causas podrían ser el requisito de obtener un permiso ambiental para realizar el trabajo, o contar con una cantidad limitada de personal asignado para el diseño del proyecto. El evento de riesgo es que la agencia que otorga el permiso puede tardar más de lo previsto en emitir el permiso o, en el caso de una oportunidad, que la cantidad limitada de personal disponible asignado al proyecto pueda terminar el trabajo a tiempo y, por consiguiente, realizar el trabajo con una menor utilización de recursos. Si alguno de estos eventos inciertos se produce puede haber un impacto en el costo, el cronograma o el desempeño del proyecto. (Project Management Institute, 2008, p. 235).

## Estudio Estratégico

Se debe definir la forma como se ejecutará los trabajos, el grado de incertidumbre que cree tener para planearlos, ejecutarlos y finalmente, la utilidad que espera recibir por su trabajo.

## Contingencia

Presupuestar una obra es un complejo proceso de planeación, en el cual es imposible garantizar

que están previstas todas las situaciones que la afectarán económicamente. La experiencia y el criterio del constructor, reunidas en una correcta técnica presupuestal, pueden minimizar las desviaciones, desde luego, pero a sus propios errores de juicio, es necesario agregar posibles fallas del personal auxiliar; inadecuado conocimiento de las condiciones locales en el sitio de la obra, deficiencia de los planos o especificaciones, etc. Que terminando produciendo presupuestos inferiores. (Arboleda, 2006, p. 71).

Estos factores de incertidumbre, han sido reconocidos desde siempre por los constructores y se incluye dentro de un presupuesto bajo el título de Imprevistos, con un valor expresado como porcentaje del costo directo. No existen reglas para determinar ese porcentaje y será criterio del constructor que tan alto es su grado de incertidumbre por los planos y especificaciones que recibió. Oscila entre el 3% y el 5% del valor de la obra. (Arboleda, 2007, p.71).

## Utilidad

Tal como sucede con cualquier producto, la construcción de una obra produce, para el constructor, una Utilidad, cuando logra venderla por un valor superior al que invirtió. La utilidad es el resultado de la habilidad comercial y administrativa, y se produce cuando el constructor se compromete con un tercero a ejecutar una obra (Arboleda, 2007, p. 72).

## Administración

Fabricar un producto requiere no sólo materiales, mano de obra y equipo, sino también una infraestructura de apoyo y sistemas de supervisión que no son aparentes en el producto final y pueden variar de una organización a otra, dependiendo de la tecnología y estrategias administrativas que cada una emplee (Arboleda, 2007, p. 73). En el presupuesto se identifica como costos indirectos y el porcentaje asignado para su valoración es criterio de la empresa.

# Proceso para elaborar una estimación de costos

De acuerdo con la GAO<sup>2</sup> (2009), hay 12 pasos claves que son esenciales para producir valoraciones de alta calidad, que se resumen a continuación:

## 1. Definir el propósito de la estimación:

El propósito de una estimación de costos se determina por el uso previsto que se le vaya a dar, que establece el alcance y nivel de detalle. Las estimaciones de costo tienen dos propósitos generales: (1) ayudar a los gerentes a evaluar la asequibilidad y el desempeño de los planos así como la selección de sistemas y soluciones alternativas, y (2) para apoyar el proceso presupuestario, proporcionando estimaciones de los fondos necesarios para ejecutar de manera eficiente un programa.

Para determinar el alcance de una estimación, los analistas de costos deben identificar las necesidades del cliente. Es decir, el estimador de costos debe identificar si la estimación es necesitada por ley, política o solicitada.

## 2. Desarrollar un plan de estimación:

- Determinar el equipo de estimación y definir un plan maestro.
- Resumir el enfoque de la estimación de costos.
- Desarrollar la línea de tiempo estimado.

Los programas de oficina para la estimación de costos son normalmente elaborados por un equipo multidisciplinario cuyos miembros tienen habilidades funcionales en administración financiera, ingeniería, adquisición y logística, programación, matemáticas; y comunicación.

Un enfoque analítico de estimación de costos por lo general implica un plan de estudios por escrito que detalla una estructura detallada de tareas específicas, responsables y fechas de vencimiento.

Cuando se definen los elementos que se calculan y al desarrollar el plan, el equipo de estimación debe tener en cuenta sus limitaciones de tiempo en relación con el personal. Sin el tiempo apropiado para desarrollar una estimación competente, el equipo podría no ser capaz de entregar un producto de calidad lo suficientemente alta.

## 3. Definir las características del programa.

- En un documento de referencia con la descripción técnica, identificar el propósito del programa y las características del sistema y del desempeño.
- Implicaciones tecnológicas.
- La estrategia y programa de compras.
- La relación con otros sistemas o legados similares.
- Apoyo (recursos humanos, formación, etc.) y las necesidades de seguridad y riesgo.
- Cantidades del sistema por desarrollar, pruebas y producción.

## 4. Determinar la estructura de la estimación.

- Definir la estructura detallada del trabajo (EDT) y describir cada elemento.
- Elegir el mejor método de estimación para cada elemento de la EDT.
- Identificar los posibles controles cruzados de los costos probables y un programa guía.
- Desarrollar una lista de verificación de la estimación de costos

## 5. Identificar las reglas básicas y suposiciones.

- Definir claramente que excluye e incluye el estimado.
- Identificar las suposiciones generales y específicas del programa de obras.
- Identificar la información del calendario del programa por fases, y la estrategia de adquisición.
- Identificar cualquier restricción en el calendario o presupuesto, suposiciones de inflación y gastos de viaje.

<sup>2</sup> U.S. Government Accountability Office, GAO-09-3SP

- Identificar contratista principal y subcontratos.
6. Obtener información
    - Crear un plan de recolección de información de aspectos técnicos, datos de programación, costo y riesgo.
    - Investigar posibles fuentes de datos.
    - Recopilar datos y normalizar los de contabilidad de costos, inflación, aprendizaje y ajustes de cantidad.
    - Analizar los datos guía, las tendencias y los valores atípicos y comparar los resultados.
    - Almacenar datos para estimaciones futuras.
  7. Desarrollar una valoración puntual y compararlo con una estimación de costos independiente.
    - Desarrollar el modelo de costos, estimar cada elemento del EDT, utilizar la mejor tecnología de la información almacenada, e incluir las suposiciones.
    - Expresar los costos en colones y dólares.
    - Sumar los elementos de la EDT para desarrollar la estimación puntual en general.
    - Validar la información mediante la búsqueda de errores, como la omisión de costos, hacer doble contabilidad.
    - Comparar la estimación con la estimación de costos independientes y examinar donde y porque hay diferencias.
    - Actualizar el modelo.
  8. Realizar un análisis de sensibilidad.
    - Probar la sensibilidad a los cambios de los elementos de costo en los valores de entrada de la estimación y supuestos fundamentales.
    - Identificar los efectos de la estimación general al cambiar el calendario del programa o cantidades.
    - Determinar cuáles suposiciones y factores principales de los costos son los más afectados al realizar cambios.
  9. Realizar un análisis de riesgos e incertidumbre.
    - Determinar y analizar a nivel de costo, calendario, el riesgo técnico asociado a cada elemento de la EDT.
    - Analizar cada riesgo por su gravedad y probabilidad.
    - Determine el tipo de distribución de riesgos y la razón de su empleo.
    - Use un método aceptable de análisis estadístico para desarrollar un intervalo de confianza alrededor del punto de estimación.
    - Determinar el nivel de confianza de la estimación puntual.
    - Desarrollar un plan de seguimiento y mitigación de riesgos.
  10. Documentar la estimación.
    - Documentar todo el proceso utilizado para desarrollar el estimado.
    - Documentar el propósito de la estimación, el equipo que lo preparo, quien lo aprueba y en que fecha.
    - Describir el programa, el calendario y la base técnica para crearlo.
    - Presentar el costo de las fases y del ciclo de vida.
    - Discutir las reglas generales y las suposiciones.
    - Describir con detalle la metodología de estimación.
    - Describir los resultados del análisis de riesgos, incertidumbre y sensibilidad.
    - Presentar el estimado a la administración para ser aprobado.
    - Solicitar la aprobación del estimado
  11. Actualizar la estimación para reflejar los costos actuales y los cambios.
    - Actualizar la estimación para reflejar los cambios técnicos.
    - Documentar los cambios en el programa y como afectan el costo.

# Rendimientos de Mano de Obra

Urías (2005) define el rendimiento como “la cantidad de trabajo realizado por una persona, en determinado tiempo”. La medida más empleada por lo que se refiere al tiempo es la jornada de trabajo, aunque también se mide en horas, minutos y segundos.

De gran utilidad en la obtención de los rendimientos, es el estudio de tiempos, cuya definición es la siguiente: “El estudio de tiempos es una técnica para determinar con la mayor exactitud posible, partiendo de un número limitado de observaciones, el tiempo necesario para llevar a cabo una tarea determinada, con arreglo a una norma de rendimiento preestablecida”. (Urías, 2005, p. 15)

## Importancia de los rendimientos de mano de obra

El conocer los rendimientos que los obreros de la construcción pueden realizar, nos permite evaluar el costo real de nuestra mano de obra va a tener en el desarrollo de la ejecución de la misma. Esto nos da los elementos, para al mismo tiempo negociar el pago que por unidad de trabajo debemos pagar a los subcontratistas e inclusive, en caso de tener la mano de obra por salario o “por día”, poder exigir sus tareas en función del rendimiento correspondiente al concepto a ejecutar. (Urías, 2005, p.23).

## Factores que afectan los rendimientos

Henríquez (2008) anota, que los rendimientos no son del todo confiables, puesto que incide directamente en el concepto, por ejemplo:

- Factor climático: Condiciones favorables del estado del tiempo en el momento de realizar las actividades, influyen positivamente en la obtención de mejores rendimientos, pero aspectos como el exceso de calor o las lluvias afectan negativamente el desempeño del obrero.

- Trabajador: Los aspectos personales del operario deben considerarse, ya que afectan su desempeño. En esta categoría se incluyen factores como: la situación personal, ya que, la tranquilidad del trabajador y de su grupo familiar generan un clima propicio para la realización de las actividades; el ritmo de trabajo, debido a que el trabajo exigente y continuado agota naturalmente a los seres humanos, por esto, se requiere definir políticas sobre descansos que garanticen un normal rendimiento del trabajador en sus actividades; habilidad, algunos obreros poseen o desarrollan habilidades independientes del grado de capacitación alcanzado, favoreciendo la ejecución de las actividades y consecuentemente aumentando su productividad; actitud, se debe buscar tener trabajadores con actitudes positivas hacia la labor a realizar, para que dicha situación se refleje en un adecuado desempeño.
- Aspectos laborales: La disponibilidad de personal experto y capacitado en la zona donde se realizan los trabajos o la necesidad de desplazar personal de otros sitios con condiciones de pago algunas veces diferentes a las de la zona, son aspectos muy importantes a tener en cuenta; se debe considerar el tipo de contrato, incentivos, salario o pago por labores, ambiente de trabajo y seguridad social.
- Equipamiento: El disponer del equipo apropiado para la realización de las diferentes actividades, su estado general, su mantenimiento y la reparación oportuna, afectan el rendimiento de la mano de obra. Se debe considerar la calidad y estado de las herramientas y equipo; suministro, disponer oportunamente del equipo y herramienta; y elementos de protección, los cuales son de suma importancia.

- **Economía General:** Este factor se refiere al estado económico de la nación o el área específica en donde se desarrolla el proyecto, considerando las tendencias y resultados de los negocios en general, volumen de la construcción y situación del empleo.

Es importante establecer, que estos rendimientos tienen como fin nombrar un rango lógico de los mismos, para que en cada caso particular el usuario de los datos, los investigue en forma exhaustiva, consistente y estadística para integrar sus propios rendimientos, producto de su experiencia, sus políticas de empresa, sus motivadores, sus facultades de director, sus relaciones humanas, su estudio de tiempos y movimientos, su condición competitiva, el clima, etcétera. (Urías, 2005, p.23).

## Base de datos

Un sistema de información es un conjunto de componentes interrelacionados para recolectar, manipular y diseminar datos e información y para disponer de un mecanismo de retroalimentación útil en el cumplimiento de un objetivo. (Stair et al, 1999, p.4).

El valor de la información está directamente relacionado con la utilidad que represente para los responsables de decisiones en el cumplimiento de las metas de la organización; puede medirse, por ejemplo, con base en el tiempo necesario para tomar una decisión o en el aumento de las utilidades de la compañía. (Stair et al, 1999, p.7).

Un sistema de base de datos es básicamente un sistema computarizado para guardar registros; es decir, es un sistema computarizado cuya finalidad general es almacenar información y permitir a los usuarios recuperar y analizar esa información con base en peticiones. La información en cuestión puede ser cualquier cosa que sea de importancia para el individuo u organización; en otras palabras todo lo que sea necesario para auxiliarle en el proceso general de su administración. (Date, 2001, p.5).

El diseño de bases de datos se sitúa en una perspectiva adecuada al considerarlo dentro del ciclo de vida de los sistemas de información. El diseño de un sistema de información es una actividad complicada, que incluye la planificación,

especificación y desarrollo de cada componente del sistema. (Batini, 1992, p. 5).

El objetivo principal de una base de datos es gestionar datos relativos a un tema determinado, como recursos humanos o materiales, todo ello en un único archivo, donde los datos son almacenados en diferentes tablas que pueden estar relacionadas mediante un campo común con el fin de crear formularios con un determinado propósito.

## Diseño de bases de datos

El diseño de una base de datos es un proceso complejo que abarca varias decisiones a muy distintos niveles. La complejidad se controla mejor si se descompone el problema en sub-problemas y se resuelve cada uno de éstos independientemente, usando métodos y técnicas específicas. El diseño de bases de datos se descompone en diseño conceptual, diseño lógico y diseño físico. Con un enfoque orientado a los datos, primero se diseña la base de datos, luego las aplicaciones que la usan. (Batini, 1992, p. 7).

El propósito del diseño conceptual es describir el contenido de información de la base de datos, más que las estructuras de almacenamientos que se necesitarán para manejar la información. El diseño lógico parte del esquema conceptual y da como resultados un esquema lógico, el cual es una descripción de la estructura de la base de datos, más que las estructuras de almacenamiento que se necesitarán para manejar esta información. (Batini, 1992, p. 7). El diseño físico determina las estructuras de almacenamiento y los métodos de consulta requeridos para un acceso eficaz a los contenidos.

## Importancia

Los sistemas de base de datos, es un aspecto fundamental dentro de la Estimación de Costos, ya que la precisión de ésta depende de la calidad y organización de la información disponible. Con lo que se pretende no sólo almacenar información, sino servir como una herramienta del sistema de gestión de proyectos en sí, de tal forma que retroalimente, no sólo al proceso de estimar los costos, sino al planeamiento y administración del mismo.

# Metodología

El marco metodológico del trabajo se divide en tres etapas principales: el estudio bibliográfico, la investigación de campo y la programación.

## Estudio bibliográfico

Este estudio inicia con la revisión de la literatura relacionada a las bases, técnicas y herramientas de la gerencia de proyectos, centrándose en la gestión de costos y tiempos; con el propósito de establecer las perspectivas teóricas y prácticas que se utilizan para formular y desarrollar los argumentos.

Las fuentes de información utilizadas son las investigaciones de diferentes organizaciones internacionales, principalmente Estados Unidos, encontradas en libros, páginas web, artículos, guías y normas.

## Investigación de campo

Para realizar estimaciones de costo y tiempo con precisiones altas, es fundamental contar con un estudio apropiado de los materiales, los recursos de mano de obra y los métodos constructivos, que se obtienen mediante una investigación de campo, para recopilarlos dentro de una base de datos. Esta investigación es descriptiva y tiene como característica fundamental la observación, su propósito es obtener nuevos conocimientos de la realidad del estudio en particular para ser analizados y controlar los datos con mayor seguridad.

## Lugar del estudio

El estudio se realizó en el Residencial Verolís, ubicado en Heredia, en época de invierno, específicamente entre julio y septiembre; este es

un proyecto de construcción de viviendas con áreas entre 70 y 100 m<sup>2</sup>, de una o dos plantas, y con cuadrillas especializadas para cada actividad. Algunas características de las construcciones son las siguientes:

1. El sistema constructivo sigue los lineamientos estructurales para diseño simplificado de la sección 17.3 del Código Sísmico de Costa Rica 2002.
2. En el estudio geotécnico, se encontró presencia de suelo orgánico de color café y limo plástico de baja calidad, y debajo de esta superficie suelo cohesivo natural de consistencia blanda a media dura.
3. Los recursos de mano de obra varían con personal de mucha experiencia, en su mayoría con más de 1 o 2 años de trabajar en el proyecto, y algunos muy pocos empezando.

## Población, muestra y eventos

Se denomina población al conjunto de todos los casos, medidas u observaciones que constituyen el objeto de interés de estudio (Walpole, 1999). En el caso de los recursos humanos son los rendimientos.

Para obtener estos datos, se debe partir de un estudio de tiempos, la cual es una técnica que se utiliza para determinar con la mayor exactitud posible, el tiempo necesario para llevar a cabo una tarea determinada, partiendo de un número limitado de observaciones.

Para esto, primero se debe plantear cuales actividades están involucradas en el proceso constructivo, analizando el tipo de obra, lo que conlleva a crear una estructura detallada de trabajo o EDT, que consiste en subdividir los entregables y el trabajo del proyecto en

componentes más pequeños, y más fáciles de entender.

Para un estudio de tiempos más profundo, se debe contar con material especializado. Es indispensable tener:

1. Un cronometro
2. Un tablero de observaciones
3. Instrumentos para medir distancias (cinta métrica) o planos constructivos para definir áreas.

También se requiere la elaboración de plantillas, como se muestra en el cuadro 3, para anotar en ella toda la información esencial relativa al estudio y los primeros ciclos del mismo.

Los rendimientos horas hombre se calculan utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Rendimiento HH} = \frac{\text{Horas trabajadas}}{\text{Magnitud de trabajo}}$$

Y se expresan como hora hombre entre unidad de medida, por ejemplo: HH/m<sup>3</sup>, HH/unidad, etc. Ya que se pretende obtener la duración de una actividad en particular, se utilizan las horas como numerador.

La cantidad de trabajo se puede medir de varias formas, una de las más comunes es anotar cuanto trabajo se efectuó en un lapso de tiempo medido con un cronometro; otra forma es medir por jornada diaria el avance de trabajo ejecutado; y por último, evaluando la producción por hora, llevando un seguimiento. En este trabajo se utiliza el primer método. Los datos se pueden observar en el anexo.

Cuadro 3. Medición de Rendimientos								
Actividad:	Nombre de la actividad						Fecha:	
Muestra	Casa	Cantidad de trabajo	Unidad	Cuadrilla			Horas totales	Rendimiento
				Operario	Ayudante	Peón		HH
R <sub>1</sub>								
R <sub>2</sub>								
...								
R <sub>n</sub>								

Fuente: El autor, 2011.

## Análisis estadístico

Los análisis estadísticos son necesarios para evaluar la calidad de los resultados y las características que no son típicas de un solo elemento si no de la población en conjunto.

El principal objetivo es facilitar la interpretación del estudio que se está realizando, con el fin de evaluar el nivel de confianza.

Una vez que se miden los distintos rendimientos se valora cada dato mediante una aplicación en el programa Microsoft Excel y se analizan los resultados, para determinar si hay una variación importante, o si se deben volver a medir. El cuadro 4 muestra como se generó este análisis.

### Cuadro 4. Análisis Estadístico

Actividad:	Nombre de la actividad						
Muestra	Rendimientos	Unidad	Rendimiento Promedio ( $\bar{R}$ )	Varianza Muestral ( $s^2$ )	Desviación Estándar (s)	Coeficiente de variación ( $C_v$ )	Nivel de Confianza ( $R^2$ )
$R_1$							
$R_2$							
...							
$R_n$							

Fuente: El autor, 2011.

El rendimiento promedio de las actividades, es la sumatoria de todos los rendimientos dividido entre el número total de muestras (n) como se presenta en la ecuación 2:

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{n} \quad \text{Ec. 2}$$

La varianza muestral, es el cuadrado de la desviación estándar, y es una medida de dispersión con la media elevada al cuadrado, su fórmula es:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2}{n - 1} \quad \text{Ec. 3}$$

La desviación estándar es la dispersión utilizada en la estadística que nos indica cuanto distan las observaciones de una variable con respecto al promedio, y es la raíz de la varianza muestral:

$$s = \sqrt{s^2} \quad \text{Ec. 4}$$

El coeficiente de variación es la medida de la dispersión en términos porcentuales y permite comprender mejor cuanta incertidumbre hay en los resultados obtenidos, su fórmula expresa la desviación estándar como porcentaje de la media aritmética:

$$C_v = \frac{s}{\bar{R}} * 100\% \quad \text{Ec. 5}$$

El coeficiente de determinación o nivel de confianza es el parámetro que indica la probabilidad a priori de que el resultado contenga el verdadero valor del rendimiento estudiado, se espera que de resultados superiores al 80%. Se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{R}_i - \bar{R})^2}{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2} \quad \text{Ec. 6}$$

Los valores al lado derecho de la ecuación representan los rendimientos. Este dato también se puede obtener de los gráficos de dispersión, en la línea de tendencia, para evitar errores.

Por último, se revisa que los resultados obtenidos cumplan los requisitos esperados y se realiza una lista resumen, donde se indique la actividad, la unidad, cantidad de operarios, ayudantes y peones, y el rendimiento horas hombre y se crea una aplicación en Excel.

Para el recurso material, es de suma importancia observar y anotar el tipo de producto que se utiliza, ya que esto influye en los costos y en el rendimiento del mismo. Los procesos constructivos es importante estudiarlos para conocer qué se debe evaluar en las estimaciones.

# Programación

Se pusieron en práctica diferentes técnicas de programación con el fin de elaborar una herramienta que permita estimar costos de una forma sencilla y efectiva, creando una interfaz confiable y amigable con el usuario.

Como parte de lo propuesto el programa deberá ser capaz de realizar estimaciones detalladas, paramétricas, y evaluar costos por elemento, estimar duraciones de producción y administrar con facilidad la base de datos.

Para esto se partió de un estudio del sitio observando procesos constructivos y los materiales que se utilizan. La metodología consistió en elaborar el presupuesto detallado de siete viviendas distintas, las casas 55-A, 91-C, 93-C, 3-E, 5-E, 1-G, y la 3-G, todas con áreas entre 70 y 110 m<sup>2</sup>. Elaborando en el proceso hojas auto-programadas en MS Excel y macros en VB.

Para los datos de la estimación paramétrica se analiza la composición de las partidas en que fueron agrupados los elementos que integran cada uno de los entregables. Para esto se utiliza la estructura detallada de trabajo y se eligen aquellas partidas que pueden ser utilizadas como parámetros de costos, que sean fácilmente identificadas en los planos y cuantificables. Es preferible que sean varias partidas para que a la hora de revisarlas o corregirlas el trabajo sea más sencillo.

Luego se divide el costo total de cada partida entre la magnitud de la unidad de obra, para todas las viviendas y se calcula un promedio simple. El promedio del costo de cada partida entre la unidad son los parámetros de estimación.

La mano de obra se expresa como un porcentaje del costo total de la obra para luego estimar un promedio.

# Resultados

En el presente capítulo se presenta los resultados obtenidos durante el proceso de investigación y desarrollo del trabajo.

## Rendimientos de mano de obra

A continuación se detallan los resultados del estudio de los rendimientos de mano de obra:

Cuadro 3. Rendimientos de mano de obra						
N°	Actividad	Unidad	Cuadrilla			Rendimiento Promedio (HH)
			Operario	Ayudante	Peón	
	<b>Preliminares</b>					
1	Limpieza y trazado	m <sup>2</sup>	1		1	0.0267
	<b>Subestructura</b>					
2	Excavación	m <sup>3</sup>			5	1.2364
3	Preparación y colado de concreto pobre	m <sup>3</sup>			5	2.6909
4	Colocación de armadura y acero vertical	kg	1	1	1	0.0448
5	Preparación y colado de concreto 210 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>			5	2.8
	<b>Paredes</b>					
6	Maestreado	m <sup>2</sup>	1			0.0464
7	Pega de bloques	ud	1		1	0.0644
8	Maestreado para repellos	m <sup>2</sup>			1	0.0493
9	Repello quemado	m <sup>2</sup>			1	0.231
	<b>Contrapiso</b>					
10	Relleno y compactación de lastre	m <sup>3</sup>	1		3	1.2155
11	Colocación de malla electrosoldada	m <sup>2</sup>	1	1		0.087
12	Preparación y colado de concreto 210 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>			6	1.1786
13	Maestreado para repello y afinado	m <sup>2</sup>			2	0.0512
14	Repello y afinado	m <sup>2</sup>			2	0.0982

Fuente: El autor, 2011.

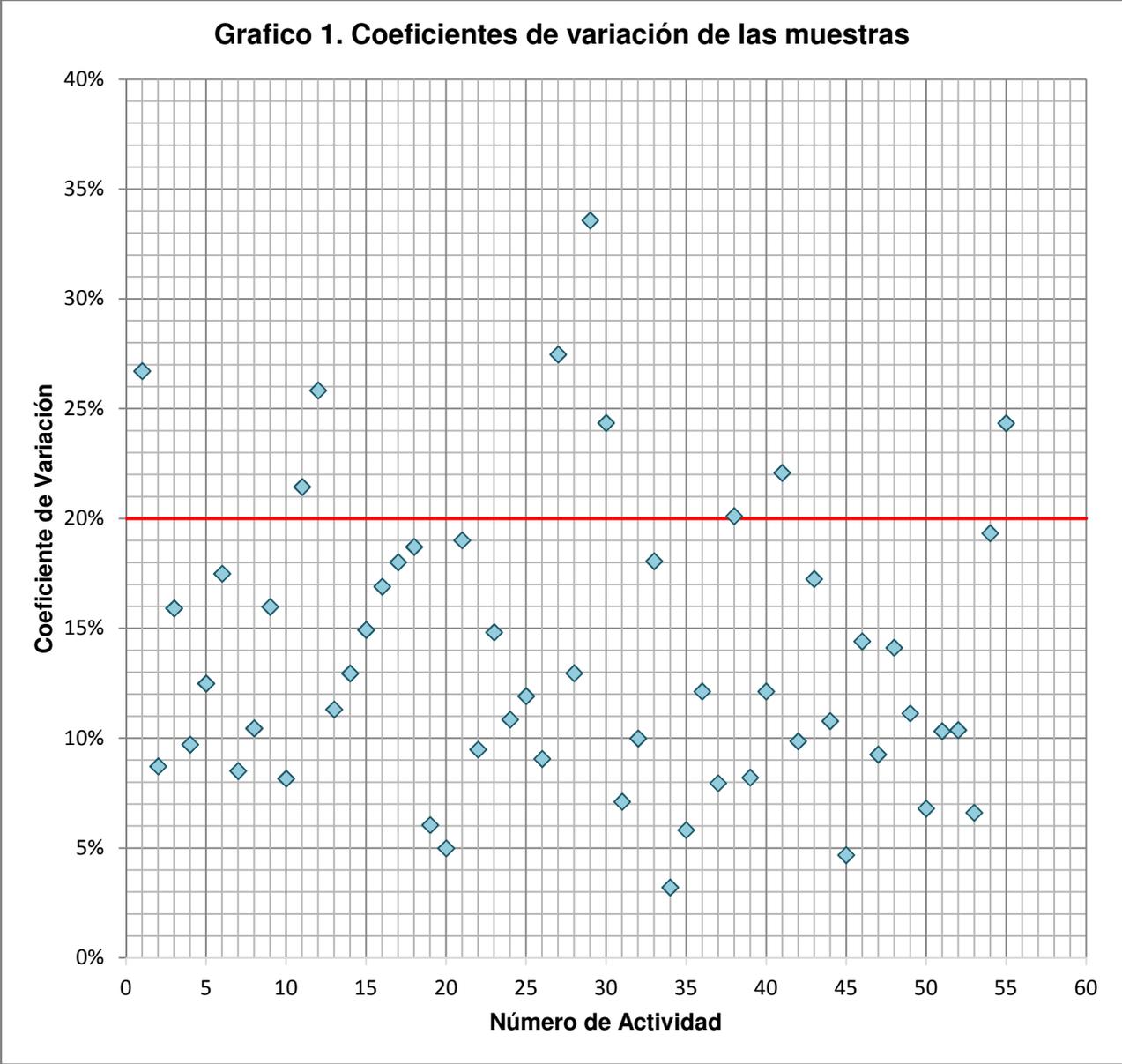
<b>Cuadro 6. Rendimientos de mano de obra</b>						
N°	Actividad	Unidad	Cuadrilla			Rendimiento Promedio (HH)
			Operario	Ayudante	Peón	
<b>Vigas</b>						
15	Colocación de armadura	kg	1			0.0982
16	Confección y colocación de formaletas	m <sup>2</sup>	1		1	2.8183
17	Preparación y colado de concreto 210 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>			3	2.6518
18	Desencofrado	m <sup>2</sup>			1	0.6846
<b>Columnas</b>						
19	Confección y colocación de formaletas	m <sup>2</sup>	1		1	2.9869
20	Preparación y colado de concreto 210 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>			3	5.8355
21	Desencofrado	m <sup>2</sup>			1	0.5325
<b>Entrepiso</b>						
22	Colocación de viguetas	m <sup>2</sup>	1		2	0.112
23	Colocación de bloques de entrepiso	m <sup>2</sup>	1		3	0.111
24	Colocación de malla electrosoldada	m <sup>2</sup>	1	1		0.082
25	Colado de concreto 210 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	1	1		0.05
<b>Tapichel</b>						
26	Pega de bloques	ud	1		1	0.0862
27	Repello quemado	m <sup>2</sup>			1	0.0961
<b>Viga Tapichel</b>						
28	Preparación y colocación de armadura	kg	1			0.158
29	Preparación y colocación de formaleta	m <sup>2</sup>	1			3.2224
30	Preparación y colado de concreto 210 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>			3	2.0667
31	Desencofrado	m <sup>2</sup>			1	0.4726
<b>Techos</b>						
32	Colocación de la estructura	m <sup>2</sup>	1		1	0.6206
33	Colocación de cubierta	m <sup>2</sup>	1		1	0.1975
34	Aplicación de anticorrosivo	m <sup>2</sup>			1	0.0713
<b>Fontanería y desechos sanitarios</b>						
35	Instalación de tuberías en contrapiso y paredes	m	1			0.7779
36	Colocación de cajas de registro y sifónica	ud	1			0.7846
<b>Agua Pluvial</b>						
37	Colocación de canoas	m			2	0.3029
38	Colocación de bajantes	m			2	0.6255
39	Instalación de tuberías	m			1	0.5863
40	Colocación de cajas de registro	ud			1	0.7846

Fuente: El autor, 2011.

<b>Cuadro 6. Rendimientos de mano de obra</b>						
N°	Actividad	Unidad	Cuadrilla			Rendimiento Promedio (HH)
			Operario	Ayudante	Peón	
<b>Electricidad y comunicaciones</b>						
41	Entubado en contrapiso y en paredes para tomas	m	1			0.354
42	Cableado para distribución	m	1			0.0517
43	Entubado en cielos y en paredes para apagadores	m	1			0.3051
44	Cableado para iluminación	m	1			0.0758
<b>Acabados</b>						
Cerámica						
45	Pega de pisos	m <sup>2</sup>	1			0.475
46	Rodapié de cerámica	m	1			0.3579
Enchape de baños						
47	Pega de azulejos	m <sup>2</sup>	1			0.7236
Cielos						
48	Colocación de perfiles de aluminio	m <sup>2</sup>	1	1		0.438
49	Colocación de láminas de Gypsum	m <sup>2</sup>	1	1		0.3149
50	Acabados	m <sup>2</sup>	1	1		0.2901
Pintura y texturizados						
51	Revestimiento en pasta	m <sup>2</sup>		1		0.4099
52	Pintura (1 mano)	m <sup>2</sup>		1		0.1567
53	Estuco (1 mano)	m <sup>2</sup>		1		0.2965
54	Instalación de marcos y puertas	ud	1			2.7547
Preparación del sitio						
55	Jardinería	m <sup>2</sup>			1	0.263

Fuente: El autor, 2011.

En el cuadro 6 se detalla el rendimiento promedio de todas las actividades medidas durante la investigación de campo del proyecto, el número a la izquierda es el valor que representa cada tarea en los gráficos 1 y 2.



Fuente: El autor, 2011.

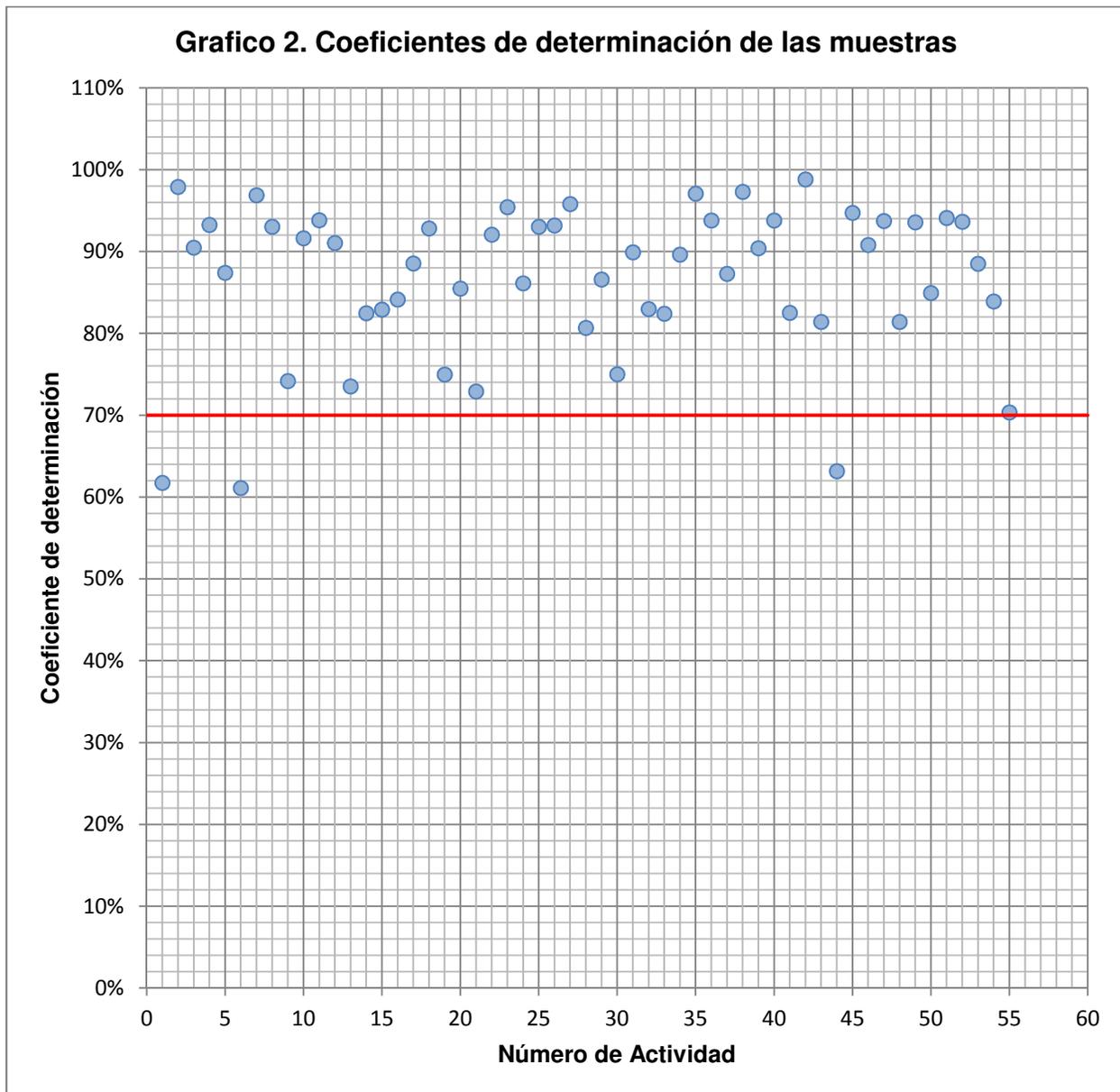
El coeficiente de variación es la medida de la dispersión en términos porcentuales de los resultados obtenidos en el estudio, explícitamente se refiere a la incertidumbre en la medición de cada rendimiento.

El número de la actividad corresponde al número asignado a cada tarea en el cuadro 6, se realizó de esta forma para resumir la información, ya que es un número considerable de datos, y es

importante conocer la calidad de los resultados en general. En el apéndice 3 se pueden observar los valores exactos y con mayor detalle.

La línea roja representa el rango considerado como aceptable en el estudio.

Este gráfico se utiliza como una referencia para el análisis de resultados.



Fuente: El autor, 2011.

El coeficiente de determinación es la probabilidad a priori de que el resultado contenga el verdadero valor del rendimiento estudiado, es una medida de la eficacia del estudio.

De igual forma que en el gráfico 1, el número de la actividad corresponde al número asignado a cada tarea en el cuadro 6, se realizó de esta forma para resumir la información, ya que es un

número considerable de datos, y es importante conocer la calidad de los resultados en general. En el apéndice 3 se pueden observar los valores exactos y con mayor detalle.

La línea roja representa el rango aceptable en el estudio.

# Estimación Paramétrica

A continuación se detallan los resultados del estudio de los parámetros de estimación.

<b>Cuadro 7. Proyectos utilizados en el análisis</b>				
Casa	Área Construida (m <sup>2</sup> )	Salidas		
		Eléctrica	Potable	Sanitaria
55-A	90	31	10	6
3-E	85	32	9	6
5-E	85	32	9	6
1-G	89	32	10	6
3-G	85	31	9	6
91-C	90	33	11	9
93-C	90	33	11	9

Fuente: El autor, 2011

Se analizaron siete viviendas distintas, cada una con las características que en el cuadro

7 se describen, cuyos estimados se calcularon utilizando presupuestos detallados.

<b>Cuadro 8. Partidas representativas de cada vivienda</b>			
N°	Partida	Unidad	Incluye
1	Fundaciones para paredes	m2	Concreto estructural, concreto pobre, acero refuerzo, impermeabilización.
2	Paredes (planta baja)	m2	Paredes de mampostería, concreto estructural, acero refuerzo y repellos.
3	Paredes (planta alta)	m2	Paredes de mampostería, concreto estructural, acero refuerzo y repellos.
4	Pisos	m2	Relleno compactado, losa de concreto, malla, repello y afinado, adoquín cochera.
5	Entrepisos	m2	Construcción de gradas, bloques de concreto, viguetas, concreto colado.
6	Techos	m2	Cerchas de perling, laminas de zinc, aplicación de anticorrosivos (acabados).
7	Vigas	m2	Concreto estructural, acero, formaletas.
8	Columnas	m2	Concreto estructural, acero, formaletas.
10	Tapichel y viga tapichel	m2	Viga tapichel, concreto estructural, bloques de concreto y acero refuerzo.
11	Cerámica	m2	Colocación de cerámica y rodapié
12	Enchape de baños	m2	Colocación de cerámica en pisos y paredes
13	Cielos	m2	Instalación plantilla aluminio, laminas y acabados
14	Pintura y texturizado	m2	Empaste y pintura
15	Puertas	m2	Costo global de puertas

Fuente: El autor, 2011

### Cuadro 8. Partidas representativas de cada vivienda

N°	Partida	Unidad	Incluye
16	Agua potable	Sal	Salidas de agua, tubería, accesorios, llaves de paso.
17	Sanitaria	Sal	Tuberías, accesorios, desagües.
19	Pluvial	m2	Instalación de tubería y accesorios.
18	Electricidad	Sal	Alimentación de vivienda, salidas eléctricas, distribución de cargas y apagadores.
20	Jardinería	m2	Zacate

Fuente: El autor, 2011

Para los datos de la estimación paramétrica se analiza la composición de las partidas en que fueron agrupados los elementos que integraban cada uno de los entregables. Para esto se utiliza la estructura detalla de trabajo que se puede observar en el Apéndice N°1 y se eligen

aquellas partidas que pueden ser utilizadas como parámetros de costos, que sean fácilmente identificadas en los planos y cuantificables. Es preferible que sean varias partidas para que a la hora de revisarlas o corregirlas el trabajo sea más sencillo.

### Cuadro 9. Costos de Partidas

N°	Definición	Casa 55A	Casa 3E	Casa 5E	Casa 3G
1	Fundaciones para paredes	₡841,006.0	₡813,132.2	₡813,132.2	₡805,000.9
2	Paredes	₡2,663,204.4	₡2,587,701.4	₡2,587,701.4	₡2,561,824.4
3	Paredes (planta alta)	---	---	---	---
4	Pisos	₡1,517,978.1	₡1,434,098.4	₡1,434,098.4	₡1,426,927.9
5	Entrepisos	---	---	---	---
6	Techos	₡1,321,275.9	₡1,247,440.7	₡1,247,440.7	₡1,232,471.4
7	Vigas	₡520,397.2	₡505,947.0	₡509,741.6	₡522,999.2
8	Columnas	₡98,718.7	₡98,718.7	₡98,718.7	₡98,718.7
10	Tapichel y viga tapichel	₡277,973.1	₡277,981.4	₡280,066.3	₡275,865.3
11	Cerámica	₡812,701.1	₡767,575.6	₡767,575.6	₡763,737.7
12	Enchape de baños	₡163,512.2	₡163,524.2	₡171,700.5	₡168,266.4
13	Cielos	₡522,091.1	₡495,071.9	₡495,071.9	₡493,091.6
14	Pintura y texturizado	₡1,004,684.4	₡954,025.7	₡958,795.8	₡847,586.3
15	Puertas y Ventanería	₡1,267,334.1	₡1,267,334.1	₡1,276,839.2	₡1,286,415.4
16	Agua potable	₡487,309.1	₡503,564.4	₡513,635.7	₡511,674.6
17	Sanitaria	₡639,255.6	₡620,112.1	₡626,313.2	₡658,433.2
19	Pluvial	₡371,630.1	₡357,336.7	₡357,336.7	₡371,630.1
18	Electricidad	₡976,565.6	₡925,382.6	₡953,144.1	₡957,034.3
19	Jardinería	₡55,250.0	₡42,500.0	₡42,500.0	₡56,355.0

Fuente: El autor, 2011

### Cuadro 9. Costos de Partidas

N°	Definición	Casa 1G	Casa 93C	Casa 91C
1	Fundaciones para paredes	₡832,595.9	₡701,966.0	₡701,966.0
2	Paredes	₡2,636,572.4	₡1,791,271.0	₡1,791,271.0
3	Paredes (planta alta)	---	₡1,557,014.8	₡1,557,014.8
4	Pisos	₡1,510,388.2	₡1,845,179.2	₡1,826,727.4
5	Entrepisos	---	₡1,792,716.3	₡1,792,716.3
6	Techos	₡1,305,420.6	₡982,126.5	₡989,492.5
7	Vigas	₡545,423.5	₡448,379.5	₡452,863.3
8	Columnas	₡98,718.7	₡98,718.7	₡98,718.7
10	Tapichel y viga tapichel	₡292,417.2	₡162,020.3	₡161,210.2
11	Cerámica	₡808,637.6	₡886,322.3	₡886,322.3
12	Enchape de baños	₡176,679.8	₡207,785.3	₡207,785.3
13	Cielos	₡516,870.2	₡663,851.0	₡663,851.0
14	Pintura y texturizado	₡847,586.3	₡1,119,269.9	₡1,130,462.6
15	Puertas y Ventanería	₡1,286,415.4	₡1,267,334.1	₡1,267,334.1
16	Agua potable	₡512,441.1	₡598,317.1	₡586,585.3
17	Sanitaria	₡665,017.6	₡899,709.6	₡890,801.6
19	Pluvial	₡375,346.4	₡397,644.2	₡397,644.2
18	Electricidad	₡964,212.0	₡983,137.5	₡968,608.3
19	Jardinería	₡56,355.0	₡36,550.0	₡36,550.0

Fuente: El autor, 2011

El cuadro 9 presenta el costo total de cada partida de las viviendas analizadas que se obtuvieron utilizando estimaciones detalladas, siguiendo las especificaciones técnicas de la empresa.

**Cuadro 10. Costo por unidad de partida**

N°	Definición	Casa 55A	Casa 3E	Casa 5E	Casa 3G	Casa 1G	Casa 93C	Casa 91C
1	Fundaciones para paredes	€9,344.51	€9,566.26	€9,566.26	€9,044.95	€9,795.25	€7,799.62	€7,799.62
2	Paredes	€29,591.16	€30,443.55	€30,443.55	€28,784.54	€31,018.50	€19,903.01	€19,903.01
3	Paredes (planta alta)						€17,300.16	€17,300.16
4	Pisos	€16,866.42	€16,871.75	€16,871.75	€16,032.90	€17,769.27	€20,501.99	€20,296.97
5	Entrepisos						€19,919.07	€19,919.07
6	Techos	€14,680.84	€14,675.77	€14,675.77	€13,847.99	€15,357.89	€10,912.52	€10,994.36
7	Vigas	€5,782.19	€5,952.32	€5,996.96	€5,876.40	€6,416.75	€4,981.99	€5,031.81
8	Columnas	€1,096.87	€1,161.40	€1,161.40	€1,109.20	€1,161.40	€1,096.87	€1,096.87
10	Tapichel y viga tapichel	€3,088.59	€3,270.37	€3,294.90	€3,099.61	€3,440.20	€1,800.23	€1,791.22
11	Cerámica	€9,030.01	€9,030.30	€9,030.30	€8,581.32	€9,513.38	€9,848.03	€9,848.03
12	Enchape de baños	€1,816.80	€1,923.81	€2,020.01	€1,890.63	€2,078.59	€2,308.73	€2,308.73
13	Cielos	€5,801.01	€5,824.38	€5,824.38	€5,540.36	€6,080.83	€7,376.12	€7,376.12
14	Pintura y texturizado	€11,163.16	€11,223.83	€11,279.95	€9,523.44	€9,971.60	€12,436.33	€12,560.70
15	Puertas y ventanería	€14,081.49	€14,909.81	€15,021.64	€14,454.11	€15,134.30	€14,081.49	€14,081.49
16	Agua potable	€48,730.91	€55,951.60	€57,070.63	€51,167.46	€56,937.90	€54,392.46	€53,325.94
17	Sanitaria	€106,542.59	€103,352.01	€104,385.53	€109,738.87	€110,836.26	€99,967.73	€98,977.95
19	Pluvial	€4,129.22	€4,203.96	€4,203.96	€4,175.62	€4,415.84	€4,418.27	€4,418.27
18	Electricidad	€31,502.12	€28,918.21	€29,785.75	€29,907.32	€31,103.61	€29,792.04	€29,351.77
19	Jardinería	€613.89	€500.00	€500.00	€633.20	€663.00	€406.11	€406.11

Fuente: El autor, 2011

Para obtener los costos por unidad de medida de las partidas en cada uno de los proyectos se dividió el costo de cada elemento entre las magnitudes que se muestran en el cuadro 7 y se expresa como un valor unitario.

<b>Cuadro 11. Costos paramétricos de las viviendas</b>				
<b>N°</b>	<b>Definición</b>	<b>Unidad</b>	<b>Parámetro promedio casas de una planta</b>	<b>Parámetro promedio casas de dos planta</b>
1	Fundaciones para paredes	m2	₡9,463.45	₡7,799.62
2	Paredes	m2	₡30,056.26	₡19,903.01
3	Paredes (planta alta)	m2		₡17,300.16
4	Pisos	m2	₡16,882.42	₡20,399.48
5	Entrepisos	m2		₡19,919.07
6	Techos	m2	₡14,647.65	₡10,953.44
7	Vigas	m2	₡6,004.92	₡5,006.90
8	Columnas	m2	₡1,138.05	₡1,096.87
10	Tapichel y viga tapichel	m2	₡3,238.73	₡1,795.73
11	Cerámica	m2	₡9,037.06	₡9,848.03
12	Enchape de baños	m2	₡1,945.97	₡2,308.73
13	Cielos	m2	₡5,814.19	₡7,376.12
14	Pintura y texturizado	m2	₡10,632.40	₡12,498.51
15	Puertas y Ventanería	m2	₡14,720.27	₡14,081.49
16	Agua potable	Sal	₡53,971.70	₡53,859.20
17	Sanitaria	Sal	₡106,971.05	₡99,472.84
19	Pluvial	m2	₡4,225.72	₡4,418.27
18	Electricidad	Sal	₡30,243.40	₡29,571.91
20	Jardinería	m2	₡582.02	₡406.11

Fuente: El autor, 2011

Los costos paramétricos se obtuvieron del promedio simple de los costos por unidad de las partidas correspondientes de cada uno de los proyectos que se presentan en el Cuadro 10. La unidad de medida de los parámetros en su

mayoría representa el costo por metro cuadrado de construcción total de las residencias, el número de salidas de agua potable, sanitarias y el número de salidas eléctricas considerando luces y tomacorrientes.

<b>Cuadro 12. Participación de la mano de obra</b>				
<b>N°</b>	<b>Proyecto</b>	<b>Costo</b>	<b>Mano de Obra</b>	<b>% M.O.</b>
1	Casa 55A	₡13,540,886.95	₡3,803,603.96	28.09%
2	Casa 3E	₡13,061,447.17	₡3,715,734.79	28.45%
3	Casa 5E	₡13,133,811.86	₡3,689,181.61	28.09%
4	Casa 3G	₡13,431,098.01	₡3,762,965.24	28.02%
5	Casa 1G	₡13,038,032.64	₡3,719,450.53	28.53%
6	Casa 93C	₡16,439,313.47	₡3,975,428.60	24.18%
7	Casa 91C	₡16,407,925.18	₡3,995,305.74	24.35%
<b>Promedio de participación de M.O.</b>				<b>27.10%</b>

Fuente: El autor, 2011

Dado que estos costos que se muestran en el Cuadro 11, no incluye los rendimientos de mano de obra, estos se calculan como un porcentaje

del valor total por los gastos generales y se evalúa así para encontrar el presupuesto total, este rubro ya involucra las prestaciones.

<b>Cuadro 13. Diferencia de los resultados</b>				
<b>Casa</b>	<b>Estimación Detallada</b>	<b>Estimación Aproximada</b>	<b>Porcentaje de Diferencia</b>	<b>Diferencia Promedio</b>
55A	₪17,344,490.9	₪17,379,868.4	0.20%	1.41%
3E	₪16,777,182.0	₪16,533,793.3	1.45%	
5E	₪16,822,993.5	₪16,533,793.3	1.72%	
1G	₪17,194,063.3	₪17,255,124.7	0.36%	
3G	₪16,757,483.2	₪16,495,353.7	1.56%	
91C	₪20,414,742.1	₪20,874,511.2	2.25%	
93C	₪20,403,230.9	₪20,874,511.2	2.31%	

Fuente: El autor, 2011.

El cuadro 13 es un tabla comparativa de los costos obtenidos mediante la estimación paramétrica y la estimación detallada donde se observa que hay una diferencia promedio entre un presupuesto y otro de aproximadamente  $\pm 1.40\%$  lo cual es bastante bajo.

# Aplicación para la estimación de costos

Este trabajo fue realizado con el objetivo de desarrollar una aplicación para la estimación de costos en la construcción de viviendas, para la empresa Fomento Urbano S.A. que presente de manera formal, sintética y sistemática resultados efectivos.

A continuación se describe cada función de la hoja de cálculo y los pasos a seguir para su uso.

## Inicio del programa

El desarrollo de esta aplicación se realiza utilizando herramientas de programación en MS Excel y macros en Visual Basic, por lo que puede emplearse en cualquier medio operativo que cuente con Microsoft Office 2007 o sus versiones superiores. Al abrir la hoja de cálculo aparecerá la página de inicio.

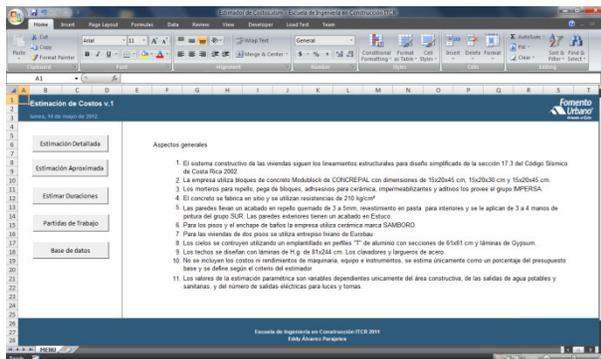


Figura 1. Página de inicio

En la página de inicio se da una descripción general del sistema constructivo y acabados que son típicos en los diseños de la empresa, y que originaron la información de la aplicación; en el margen izquierdo se encuentra el menú principal, que permite acceder a las diferentes tareas, para las cuales fue diseñada la herramienta, como se muestra en la figura dos. Los propósitos de cada comando serán explicados más adelante.

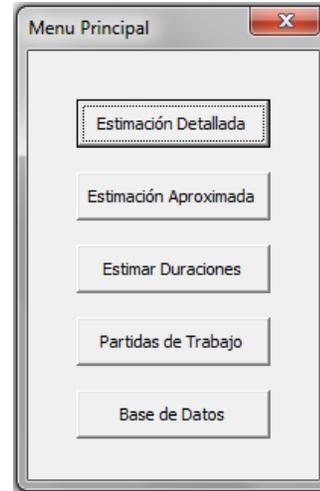


Figura 2. Menu Principal

## Estimación Detallada

Las estimaciones detalladas, son las técnicas de estimación mejor definidas y utilizan hasta el último nivel de detalle disponible. En este caso al ingresar en este comando aparecerá la siguiente figura:

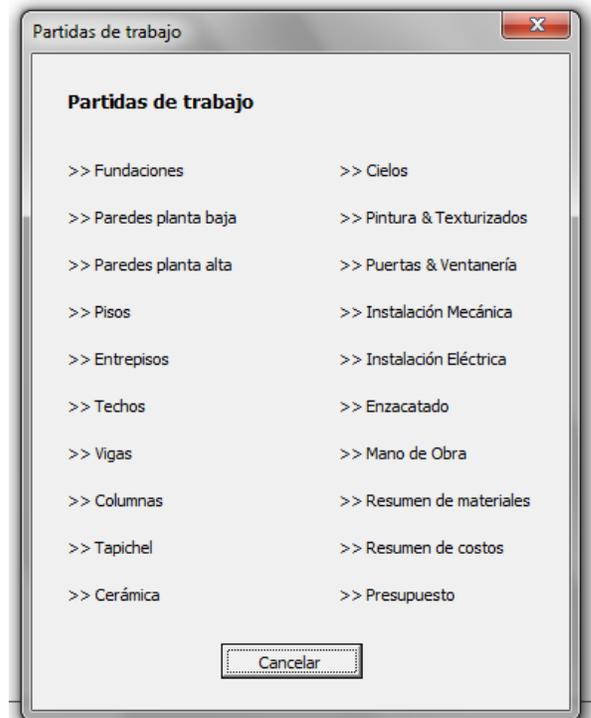


Figura 3. Partidas de trabajo.

En esta ventana se muestran las partidas principales de trabajo que componen la construcción de viviendas. En el apéndice N°1 se puede observar con mejor detalle en el esquema de la EDT.

Cada partida conduce a una hoja de cálculo auto-programa que se puede manipular con bastante facilidad; basta con ingresar características del elemento, para obtener el costo de los materiales y de la mano de obra. Además permite modificar cualquier aspecto del diseño, ya sea, número de varilla, distancia de los aros, tipo de concreto, etc.

Este tipo de estimados se utiliza para realizar valoraciones económicas completas de vivienda, sirve para tener un valor detallado de los recursos materiales y humanos, y es de suma importancia para establecer precios de venta.

Cada hoja de cálculo se diseña como se muestra en la figura 4; en el margen superior derecho, llevan los comandos para continuar a la siguiente partida, volver a la anterior o ir a alguna parte específica de la aplicación.

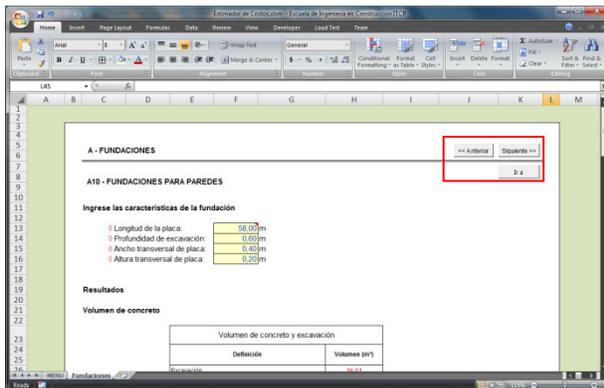


Figura 4. Partida fundaciones.

En el caso de presionar el botón “Ir a” aparece el formulario de la figura 5. Esta ventana permite movilizarse con gran facilidad por el libro de Excel, ya que se conecta con la mayoría de las hojas de interés para estimar el presupuesto. Aparece en casi todas las páginas del documento

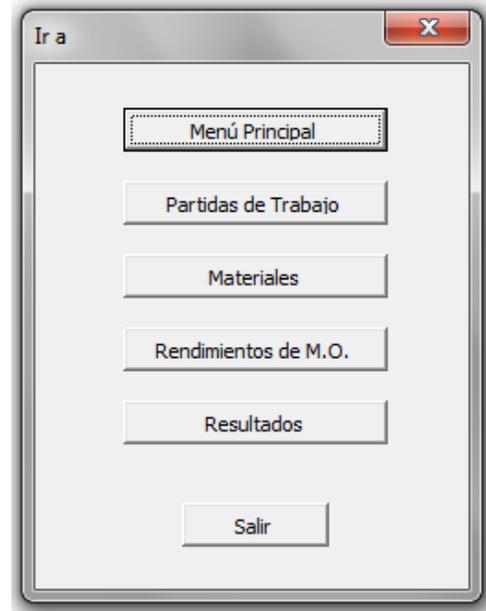


Figura 5. Formulario “Ir a”.

El comando “Resultados” en el formulario anterior permite observar con detalle los resultados finales para costo de materiales y mano de obra, una vez que se han introducido los datos de cada partida.

Presupuestar una obra es un complejo proceso de planeación, en el cual es imposible garantizar que están previstas todas las situaciones que la afectarán económicamente. Se debe definir la forma como se ejecutarán los trabajos, el grado de incertidumbre que cree tener para planearlos, ejecutarlos y finalmente, la utilidad que espera recibir. Otros puntos importantes de la evaluación son la maquinaria y las herramientas, que representa un costo importante, junto con las cargas sociales de los trabajadores, con esto en mente, se crea en el resumen del presupuesto una ventana que permite evaluar estas condiciones. Como se muestra en la figura 6.

Figura 6. Estudio Estratégico.

Figura 7. Estimación paramétrica.

## Estimación Paramétrica

La estimación paramétrica parte del principio de que cada obra comparte algunas características clave, que están fuertemente correlacionadas con el costo de la estructura, lo cual permite proyectar el precio de construcciones similares. Estas correlaciones se conocen como parámetros.

Este tipo de presupuestos se denominan conceptuales por que se utilizan para generar un aproximado, no tan exacto como una estimación detallada, del costo de una obra. Tiene la ventaja de que se calcula muy rápido, en unos segundos.

Al presionar el comando “Estimación Aproximada” aparece la ventana que se muestra en la figura 7.

El formulario solicita: el número de pisos, ya que esto modifica los parámetros de estimación, el área de construcción de la vivienda, el número de salidas potables, sanitarias y eléctricas. Al dar click en “Aceptar” aparece una hoja de cálculo con el monto del presupuesto para la construcción, como se observa en la siguiente figura:

N°	Definición	Parámetros	Costo
1	Fundaciones para paredes	Ø7 789.62	Ø662 867.92
2	Paredes	Ø19 903.01	Ø1 891 755.96
3	Paredes (planta alta)	Ø17 306.16	Ø1 470 713.99
4	Pisos	Ø20 399.46	Ø1 733 865.93
5	Entrepisos	Ø19 919.07	Ø1 693 120.92
6	Techos	Ø10 953.44	Ø931 042.29
7	Vigas	Ø5 006.90	Ø425 586.92

Figura 8. Resultado estimación paramétrica.

## Estimar duraciones

Al dar click en estimar duraciones es posible valorar el costo y tiempo de una actividad, a partir de los rendimientos de mano de obra que se midieron. Como se muestra en la figura 8.

Mano de obra							
N°	Actividad	Cantidad de Trabajo	Unidad	Cuadrilla	Duración (hrs)	Costo total	
1	Previamente	60.00	m²	1	1.00	\$1,204.00	
2	Excavación	30.00	m³	5	37.50	\$186,514.00	
3	Preparación y costo de concreto pobre	3.00	m³	5	8.00	\$24,327.50	
4	Colocación de armadura y acero vertical	400.00	kg	1	17.82	\$53,760.00	
5	Preparación y costo de concreto 210 kg/m³	15.00	m³	5	42.00	\$189,000.00	
6	Replanteo						
7	Masado		ud	1	0.00	\$0.00	
8	Pega de bloques		ud	1	0.00	\$0.00	
9	Masado para repletos		ud	1	0.00	\$0.00	
10	Replanteo						
11	Replanteo y compactación de base		ud	1	3	0.00	\$0.00
12	Preparación y costo de concreto 210 kg/m³		ud	1	6	0.00	\$0.00
13	Masado para repletos y ahiado		ud	2	0.00	\$0.00	
14	Replanteo y ahiado		ud	2	0.00	\$0.00	
15	Adoquin				0.00	\$0.00	
16	Vigas						
17	Colocación de armadura		kg	1	0.00	\$0.00	

Figura 9. Duraciones y costo de mano de obra.

## Base de datos

El programa cuenta con una base de datos completa, la cual detalla todas las características necesarias para presupuestar un proyecto. Esta se divide en dos grandes grupos: los materiales y los rendimientos de mano de obra, pero también integra todas las hojas de cálculo programadas.

Al presionar este botón se abre una nueva ventana con cuatro nuevos comandos; materiales, rendimientos de mano de obra, parámetros de estimación y ver.

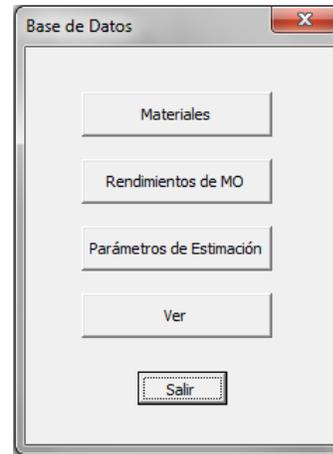


Figura 10. Base de datos.

Al entrar en materiales se abre la página que almacena toda la información relativa a este rubro. Como se observa en la figura 11.

Código	Descripción	Precio Unitario	Unidad de Medida
100000	OBRA GRIS		
101000	AGREGADOS		
101001	Agregra	\$11,000.00	m3
101002	Arena de tap	\$13,500.00	m2
101003	Arena de río	\$14,700.00	m3
101004	Lastre o base para compactación	\$12,300.00	m3
101005	Piedra cuartita	\$14,465.00	m3
102000	BLOQUES LADRILLOS		
102001	Bloque de concreto de 15x20x40 cm	\$420.00	ud
102002	Bloques Modublock de Concreto de 15x20x45 cm	\$315.00	ud
102003	Bloques Modublock de Concreto de 15x20x30 cm	\$215.00	ud
102004	Bloques Modublock de Concreto de 15x20x10 cm	\$115.00	ud
102005	Adoquín	\$210.00	ud
103000	CEMENTOS Y MORTEROS		
103001	Cemento Sanson uso general de alto desempeño 50 kg.	\$6,041.00	saco

Figura 11. Materiales.

Los comandos de la parte superior permiten registrar nuevos materiales, buscar un material o regresar al menú principal. Si se presiona el icono de la lupa aparece el siguiente cuadro:

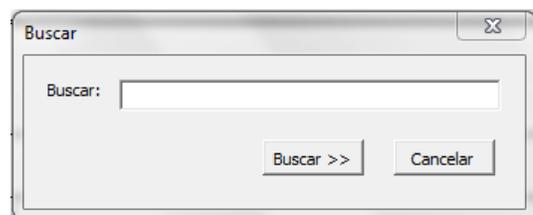


Figura 12. Buscar producto.

Esta ventana se utilizar para buscar por alguna seña, un producto de la base de datos.

El comando "Registro Material" que se ubica en la esquina superior derecha abre el formulario que se muestra a continuación:

Figura 13. Registro de Materiales.

Los materiales están divididos en grupos y familias; un grupo es un conjunto global del sistema al cual pertenece el material, y la familia es un conjunto de materiales con características similares o afines, que forman una categoría; por ejemplo: un block de concreto forma parte del grupo de obra gris y pertenece a la familia de bloques y ladrillos.

Para agregar un material, primero se debe clasificar en un grupo o familia, esto hace que el programa automáticamente genere un código, que sirve para identificar y ubicar el material en la lista, como se muestra en la figura 13.

Este código representa en sus 2 primeros dígitos (20xxxx) el grupo, como se observa en la figura "Aceros"; en los siguientes 2 dígitos (xx70xx) la familia ("Varillas") y en los últimos dígitos (xxxx13), el número de material en ser agregado.

Al presionar el botón nuevo se podrá agregar un nuevo grupo o familia, y al dar click en eliminar se podrá borrar el registro de un grupo o familia y todo lo que esto conlleva. Para modificar o eliminar un material no se agrego un comando, ya que aprovechando las facultades de Excel no hacía falta.

Figura 14. Agregar un grupo o familia

Figura 15. Eliminar un grupo o familia

También se almacena información importante de los rendimientos de mano de obra, al entrar en este comando aparece la página que guarda este registro como se observa en la figura:

Nº	Actividad	Unidad	Operario	Cuadrilla	Ayudante	Picos	Rendimiento Promedio (P/R)
1	Preliminares						
7	Limpieza y trazado	m²	1			1	0,0267
8	Fundaciones						
2	Excavación	m³				5	1,2364
3	Preparación y colado de concreto pobre	m³				5	2,6909
4	Colocación de armadura y acero vertical	kg	1		1	1	0,0448
5	Preparación y colado de concreto 210 kg/cm²	m³				5	2,8000
6	Paredes						
6	Maestreado	m²	1				0,0454
7	Pega de bloques	ud	1			1	0,0544
8	Maestreado para repellos	m²				1	0,0493
9	Revoque quemado	m²				1	0,2310
10	Contrapiso						
10	Relleno y compactación de tierra	m³	1			3	1,2155
11	Colocación de malla electrosoldada	m²	1		1		0,0870
12	Preparación y colado de concreto 210 kg/cm²	m³				6	1,1795
13	Maestreado para repello y afinado	m²				2	0,0512
14	Repello y afinado	m²				2	0,0982
14	Arrión	m				2	

Figura 16. Rendimientos de mano de obra.

Por último el botón “Ver base de datos” despliega una ventana, que sirve como directorio para ir a todas las hojas del libro.

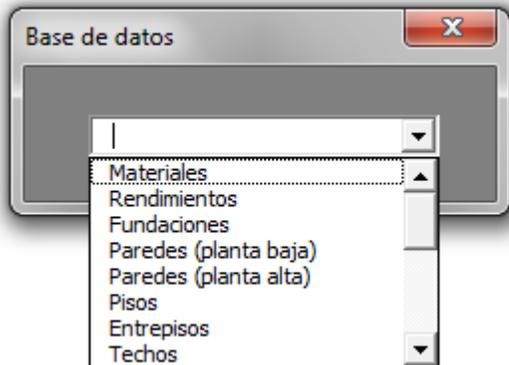


Figura 17. Base de datos.

En el programa todos los elementos y cálculos están entrelazados entre sí de tal forma, por ejemplo, que si se corrige el precio de un material se debe hacer desde materiales, al igual con las duraciones de mano de obra que se calculan individualmente dependiendo de la magnitud de trabajo

# Análisis de los resultados

La estimación de los costos de construcción en las etapas tempranas de un proyecto es una actividad indispensable. Dada la dificultad de estimar con rapidez, el valor de una vivienda y ante la carencia de una herramienta sencilla para tal fin, se plantea como objetivo generar una hoja de cálculo en Excel, que permita evaluar una estimación cercana de los costos, de forma detallada o por parámetros, al ingresar la mínima cantidad de datos.

Para alcanzar este objetivo es necesario recopilar información sobre el proyecto hasta el último nivel de detalle disponible, procurando conseguir una mejor precisión en los resultados, por lo que se creó una base de datos, mediante estudios e investigación de campo, de todo lo referente a recursos de mano de obra, materiales y procesos constructivos.

Los resultados de la primera sección permiten conocer los rendimientos de mano de obra que influyen en el proceso de producción; su medición se realiza con el propósito de sustentar toda la información relevante en la planeación preliminar de las viviendas y evaluar el costo real de los trabajos asociados.

Para obtener estos valores se dio un seguimiento constante de las actividades que se ejecutaban, midiendo los minutos o las horas que se empleaban al realizar una determinada cantidad de trabajo reiteradamente. En el cuadro 6 se muestra el promedio de estos resultados.

Cada actividad tiene distintas características, y es responsabilidad del evaluador establecer la forma de graduar la unidad de medida, también varían el número de trabajadores, lo cual es importante para conocer a cuantas horas hombre corresponden los rendimientos, y porque, el salario que reciben depende del cargo que desempeñan.

Para evaluar la calidad de dichas mediciones es necesario contar con un análisis estadístico, iniciando con el coeficiente de variación que se calcula como el porcentaje de la división entre la desviación estándar y el

promedio de la muestra; sirve para indicar que tan dispersos están los datos con respecto a la media, en otras palabras es una forma de medir el error muestral, dado que los rendimientos nunca son exactamente iguales, como se explico en el marco teórico, cada proyecto de construcción difiere y se realiza en diversas condiciones, derivándose en factores que afectan la producción. Los datos del coeficiente de variación se muestran en el grafico 1, y si se quieren observar con más detalle en el apéndice n°2.

Los coeficientes de variación pretenden señalar cuanta incertidumbre se tiene en los datos, cuanto más alto es el coeficiente, mayor es el riesgo de que estén estadísticamente mal. Para este trabajo se consideró que un 20% es un valor aceptable y se representa con una línea roja en el gráfico 1.

De las actividades que se midieron, son 8 los puntos que no se encuentran dentro de este parámetro, representando aproximadamente un 15% del total de los datos. Y el más alejado tienen una variación de un 33.5%. Las demás valoraciones, el 85%, son aceptables.

Los resultados de CV mayores a un 20% pueden ocasionar efectos negativos, generando una mala estimación en el tiempo y variando el costo de la actividad. El error muestral en estos casos se presenta porque solo se estudia una pequeña fracción de la población total, y esto impide tener un alto grado de proximidad, ya que las referencias, al ser pocas con una ligera desviación pueden afectar significativamente el resultado.

Entre los datos de mayor incertidumbre, se encuentran:

- La limpieza y trazado del terreno, para encontrar este valor se evaluó el proceso en solo tres viviendas, dado a que fueron las únicas que se pudieron observar en el periodo de estudio, sin embargo esta actividad no requiere de mucho tiempo

para elaborarse, y su impacto en los costos no es tan importante; por lo que se puede corregir.

- La preparación y colado del concreto en el contrapiso, para esta actividad se debe tener cuidado, ya que puede afectar en mayor medida los costos, por que se ocupa más personal para llevarla a cabo. Sin embargo su variación no es tan grande (25%), y según el criterio del estimador se podría utilizar sin problema.
- La preparación y colocación de la formaleta en la viga tapichel, la actividad n° 29 según el cuadro 6, es la que tiene mayor CV. Esta tarea no altera significativamente el costo del proyecto, es un ítem de poca importancia, que no demanda mucho capital, por lo que su uso es aceptable. El error se fundamenta en que a la hora de colocar una formaleta en una viga para chorrear el concreto, el proceso es muy parecido, y prácticamente se emplea la misma cantidad de tiempo en un área pequeña o mediana si se dispone de todos los materiales, por lo tanto, debería medirse con áreas más parecidas o estimar varios resultados para evitar la dispersión de los datos.

Por otra parte, también se analizó el coeficiente de determinación, que es la probabilidad a priori de que el resultado contenga el verdadero valor del rendimiento estudiado. Es la relación trabajo-duración que muestra si las variables están relacionadas en realidad o si tan solo presentan dicha relación como consecuencia del azar. Los datos se resumen en el Gráfico 2, donde se agrupan los coeficientes de todas las actividades con el respectivo número que las identifica, de acuerdo al cuadro 6.

Este coeficiente es muy importante porque determina la confiabilidad de los datos con los que se está trabajando. Para el proyecto se estima que un valor superior a un 70% es apropiado y que representa bien las mediciones hechas en el campo. Como se observa la gran mayoría de las actividades tienen alta confiabilidad y son pocas las actividades

inferiores al límite. Esto significa que hay una buena tendencia en la línea de producción, y que con estos resultados se puede proyectar el futuro y tener valores de aproximación altos.

Las actividades por debajo de este límite son la limpieza y trazado, que además tiene un CV alto, este dato se puede utilizar como referencia pero no es tan preciso para emplearse como un parámetro de estimación de tiempos, pues no representa bien la realidad. El maestreado en paredes también se encuentra por debajo del límite, esto se debe principalmente a que a la hora de maestrear una pared para pegar bloques o para repellar, el proceso varía mucho de un trabajador a otro. Por último el cableado para la iluminación tiene un  $R^2$  de 63%, se debe principalmente a la falta de mediciones que respalden más concretamente el dato.

En general la correlación de los resultados es tolerable.

Es importante mencionar que los rendimientos, tienen como fin, normar un rango lógico de los mismos, para que en caso particular el ingeniero que utiliza los datos vincule su experiencia, para establecer las contingencias del caso, ya que como lo menciona González (2006), son varios los factores, que pueden afectar positiva o negativamente los resultados, tales como: factor climático; experiencia del operario; facilidades ofrecidas en el desempeño de su labor, como las herramientas, equipo de seguridad; forma del pago y valor del mismo.

Los resultados de la segunda sección hacen referencia a los parámetros de estimación, los cuales son valores que permiten calcular estimaciones aproximadas de los costos, con una mínima cantidad de información, puesto que únicamente se requiere conocer el área constructiva, el número de salidas eléctricas y el número de salidas hidráulicas.

Para obtener estos datos, se partió del estudio de las viviendas que se muestran en el cuadro 7, las cuales comparten características muy parecidas. Esto es un requisito fundamental para utilizar el método paramétrico, ya que requiere contar con información estadística amplia, obtenida del análisis cuidadoso de una buena cantidad de proyectos realizados en el pasado bajo condiciones económicas y de ubicación geográfica muy similares entre sí, lo que se aplica muy bien al residencial donde se desarrollo el estudio.

Para los datos de la estimación paramétrica se analiza la composición de las partidas en que fueron agrupados los elementos que integraban cada uno de los entregables. Estas se pueden detallar en el cuadro 8 o en el apéndice n°1. Luego se divide el costo total de cada partida (cuadro 9) entre la magnitud de la unidad de obra, para todas las viviendas y se calcula un promedio simple. El promedio del costo de cada partida entre la unidad son los parámetros de estimación.

Estos parámetros se dividieron en dos categorías, para casas de una planta y para casas de dos plantas, ya que se apreciaron fuertes diferencias entre ambas. A pesar de esto para las casas de dos plantas no se tiene una referencia estadística grande para valorar mejor los resultados.

Por último el costo de la mano de obra se prefirió dejar en términos de porcentaje y no como una unidad por área construida, por que se consideraba mejor así.

El grado de precisión requerido de los estimados de costos de construcción varía en las diferentes etapas del desarrollo del proyecto, desde valores muy generales en las etapas tempranas hasta valores altamente confiables para los presupuestos de control al inicio de la construcción. Dado que las decisiones tomadas en las primeras etapas del ciclo de vida del proyecto son más generales que las tomadas en las etapas más avanzadas, los estimados de costos de las etapas tempranas se espera que sean menos precisos que los hechos en las etapas avanzadas.

Como se observa en el cuadro 13, el método paramétrico ofrece entre otras cosas una diferencia promedio de los estimados, comparado con el método detallado, muy pequeña ( $\pm 1.40\%$ ), que significa una precisión bastante aceptable, incluso, si no se requiere, se puede sustituir el proceso de elaborar una estimación detallada de los costos, ya que toma muy poco tiempo ejecutarlo.

Aunque este método posee varias desventajas como se cita en el marco teórico, permite realizar el estimado en un tiempo muy corto y dado el grado de precisión, se cuenta con resultados muy exactos, por lo que es un instrumento muy importante a la hora de valorar presupuestos iniciales.

La hoja de cálculo de estimación de costos representa el objetivo final de este trabajo,

y se describe en la última sección de los resultados, detallando la función y utilidad de cada formulario.

El desarrollo de esta herramienta se logró implementar con satisfacción utilizando sistemas de programación en MS Excel y macros en Visual Basic; tiene la capacidad de realizar estimaciones detalladas y paramétricas, estimar duraciones de producción y administrar con facilidad la base de datos. Una vez terminada la hoja de cálculo se realizaron presupuestos de manera rápida y eficiente permitiendo obtener un documento de gran utilidad.

Es necesario contar con un sistema de BD<sup>3</sup> que de soporte las valoraciones a realizar, ya que cualquier metodología de estimación necesita información de proyectos pasados. Con lo que se pretende no sólo almacenar información, sino servir como una herramienta del sistema de gestión de proyectos en sí, de tal forma que retroalimente, no sólo al proceso de estimar los costos, sino al planeamiento y gestión del mismo.

La estimación de costos no es una ciencia exacta al contrario, es un proceso predictivo que busca reducir la incertidumbre involucrada en su desarrollo, a través del uso de técnicas y herramientas adecuadas, el empleo de una base de datos precisa constituye un aporte importante para el contratista, ya que los resultados son más confiables.

Los índices de desempeño que posee cada material para cuantificar las unidades requeridas en el proyecto, son aproximaciones que han sido tomadas de las especificaciones técnicas, observaciones y criterios de diversos grupos de trabajadores, aunque estos índices son confiables, pueden variar ya que no siempre las condiciones y la mano de obra trabaja igual.

En el marco teórico se citan algunas ventajas y desventajas de las estimaciones paramétricas o detalladas, una desventaja grande que tiene esta aplicación es que, a la hoja de cálculo se le debe dar un mantenimiento continuo para actualizar los costos y no utilizar referencias pasadas que no son representativas de los costos futuros; por otra parte se pueden utilizar índices de precio del insumo y mediante una ecuación sencilla actualizar los parámetros de una manera rápida y eficaz.

---

<sup>3</sup> Base de datos

# Conclusiones

1. Los rendimientos de mano de obra dan resultados de incertidumbre baja y confiabilidad alta normando un rango lógico y aceptable de los mismos.
2. Los rendimientos que no cumplen con las expectativas del análisis estadístico tienen un impacto menor en los costos de las actividades, dado que por su proceso constructivo, los errores de cálculo en su duración, no implican pérdidas significativas de dinero y se pueden corregir.
3. Los parámetros de estimación permiten calcular presupuestos aproximados de las viviendas con una mínima cantidad de información, ya que únicamente se requiere conocer el área constructiva, el número de salidas eléctricas y el número de salidas hidráulicas.
4. Las estimaciones paramétricas tienen una diferencia promedio de  $\pm 1.40\%$  con respecto a las estimaciones detalladas de la aplicación, siendo un rango de precisión muy aceptable.
5. El desarrollo de la herramienta se logró implementar con satisfacción y tiene la capacidad de realizar estimaciones detalladas y paramétricas, estimar duraciones de producción y administrar con facilidad la base de datos.
6. Una vez terminada la hoja de cálculo se realizaron presupuestos de manera rápida y eficiente permitiendo obtener una herramienta de gran utilidad.
7. La estimación de costos, es un proceso predictivo que busca reducir la incertidumbre involucrada en su desarrollo, a través del uso de técnicas y herramientas adecuadas, el empleo de una base de datos precisa constituye un aporte importante para el contratista, ya que la estimación es más confiable.
8. Con los resultados de este proyecto se busca difundir nuevos conocimientos de la gestión de costos, comparar los aspectos positivos de las diversas técnicas y herramientas estudiadas, incluir un nuevo sistema de clasificación de componentes de construcción, y contar con el soporte de una base de datos.
9. La empresa Fomento Urbano S.A. está agradecida con el trabajo, e indico que la hoja de cálculo les será de gran utilidad y que cumple con las necesidades del equipo.

# Recomendaciones

1. Los rendimientos tienen como fin, normar un rango lógico de los mismos, no son una ciencia exacta, y el ingeniero que utiliza los datos debe vincular su experiencia y sus facultades, para establecer las contingencias del caso, ya que son varios los factores, que pueden afectar positiva o negativamente los resultados.
2. Los rendimientos que se midieron en el sitio de estudio, se acoplan únicamente a los procesos observados, es importante revisar para casos especiales si en la lista de los rendimientos del proyecto falta alguna actividad que pueda afectar significativamente el costo de la mano de obra.
3. El proceso de estimación de costos tiene riesgos vinculados, que deben ser tomados en cuenta durante la estimación para amortiguar los sobrecostos
4. Dado que los costos de los parámetros y de los materiales, corresponden al mes de diciembre del año 2011, cualquier estimación que se realiza corresponderá a esa fecha, por lo que si se desean valores más representativos será necesario actualizar el costo cuando se crea que es conveniente. Para actualizar el costo del proyecto de una manera rápida se pueden utilizar algunos de los índices generales, tales como el índice nacional de precios.

# Referencias

- AACE International. 2011. *Recommended Practice No. 17R-97 and 18R-97 Cost Estimate Classification System*. **AACE INTERNATIONAL**. Estados Unidos, 21 p.
- Arboleda, S. 2007. **PRESUPUESTO Y PROGRAMACIÓN DE OBRAS CIVILES**, 1ª. ed. Colombia: Editorial ITM, 153 p.
- ASTM Standards. 2005. *ASTM E1557-05 Standard Classification for Building Elements and Related Sitework—UNIFORMAT II*. **ASTM**. Estados Unidos, 54 p.
- Batini, C. 1992. **DISEÑO CONCEPTUAL DE BASES DE DATOS**. Estados Unidos: Addison-Wesley/Díaz de Santos, 546 p.
- Chen, W.F. y Richard, J.Y. 2003. **THE CIVIL ENGINEERING HANDBOOK**, 2ª. ed. Estados Unidos: Editorial CRC Press, 2904 p.
- Date, C.J. 2001. **INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE BASES DE DATOS**, 7ª. ed. Estados Unidos: Pearson Educación, 936 p.
- Escobar, J. y Romero, J. 2003. **MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN DE ÍNDICES DE PRECIOS DE VIVIENDAS**. Colombia. Recuperado el 27 de octubre de 2011 de la página web EconPapers: <http://econpapers.repec.org/paper/col000103/003211.htm>
- Fomento Urbano. 2010. **ESPECIFICACIONES GENERALES DE CASAS**. Costa Rica, 50 p.
- Gonzalez, F. 2006. **EL PRESUPUESTO Y SU CONTROL EN UN PROYECTO ARQUITECTÓNICO**, 2ª. ed. Bogotá: Ecoe Ediciones, 179 p.
- Harris, J; Fischer, M; Aalami, F. 1997. *Sistema computarizado de planeación de obras basado en modelos de método de construcción*. **LA REVISTA INGENIERÍA DE CONSTRUCCIÓN**. Pontificia Universidad Católica de Chile. No: 15:48 p.
- Henríquez, J. 2008. “**ESTUDIO DE RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES EN LA CIUDAD DE MARACAIBO**”. Trabajo Especial de Grado para optar por el título de Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de Zulia, Venezuela, 91 p.
- Jánsa, J.M. 1975. **COMO PRESUPUESTAR UNA OBRA**. España: Editores Técnicos Asociados, S.A., 359 p.
- Lozano, E. y Montoya, L. 2009. RESUMEN: “**UN ESTUDIO SOBRE DIFERENTES TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS DE ESTIMACIÓN DE COSTOS EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN**”. Tesis para optar por el título de ingeniero civil. Facultad de Ciencias e Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú, 15 p.

- Project Management Institute. 2008. **GUÍA DE LOS FUNDAMENTOS PARA LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS**, 4ª. ed. Estados Unidos: PMI Publications, 393 p.
- Ramírez, O. 2011. Apuntes de clase. **CURSO: NORMATIVA EN LA CONSTRUCCIÓN.**
- Sánchez, E. y Pech Pérez, J. 2008. *Método de estimación paramétrica de costos en construcción de viviendas de interés social.* **INGENIERÍA, REVISTA ACADÉMICA DE LA FI-UADY.** México. 12-1, pp. 51-59, ISSN: 1665-529X.  
Recuperado el 2 de Noviembre de la página web Redalyc:  
<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=46712106>
- Stair, R. y Reynolds, G. 2000. **PRINCIPIOS DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN**, 4ª. ed. Estados Unidos: International Thomson Editores, 692 p.
- Torralba, J.M. 2003. **EL PROCESO PRESUPUESTARIO EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN.** España: Editorial Universidad Politécnica de Valencia, 170 p.
- Urías de la Vega, L.A. 2005. **RENDIMIENTOS EN LA CONSTRUCCIÓN: EDIFICACIÓN.** México: Editorial Unison. 49p.
- U.S. Department of Energy. 2011. **COST ESTIMATING GUIDE.** Estados Unidos. 177 p. Recuperado el 2 de Noviembre de la página web AACE International: <http://www.aacei.org>
- U.S. Government Accountability Office. 2009. **GAO COST ESTIMATING AND ASSESSMENT GUIDE, GAO-09-3SP.** Estados Unidos. 440 p.  
Recuperado el 4 de Noviembre de la página web GAO:  
<http://www.gao.gov/new.items/d093sp.pdf>
- Valderrama, F. 2007. **MEDICIONES Y PRESUPUESTOS.** España: Editorial Reverté, S.A., 297 p.
- Walpole, R. et al. 1999. **PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA PARA INGENIEROS**, 6ª. ed. México: Pearson Educación, 752 p.

# Apéndices

En este capítulo se incluyen los materiales que permitieron cumplir con los objetivos del proyecto.

- 1) **Apéndice N°1.** Estructura desglosada de trabajo: En este apéndice se muestran mediante esquemas realizados con el programa WBS Chart Pro, la descomposición de las partidas de trabajo para cada uno de los entregables en sus elementos fundamentales, que se utilizan como guía para la medición de rendimientos.
- 2) **Apéndice N°2.** Datos estadísticos de los rendimientos de mano de obra: En este apéndice se muestran las mediciones que se tomaron en el campo y el análisis estadístico de cada una.
- 3) **Apéndice N°3.** Estimación detallada de los costos: se adjunta la evaluación económica detallada de una vivienda, como caso de análisis.

## Apéndice N°1: Estructura de Desglose de Trabajo

Para estudiar los rendimientos y analizar la composición de las partidas en que fueron agrupados los elementos que integraban cada uno de los entregables, hay que plantear primero cuales actividades están involucradas en el proceso constructivo de cada vivienda, por lo que es necesario definir la estructura detallada de trabajo o EDT, iniciando por la programación de actividades.

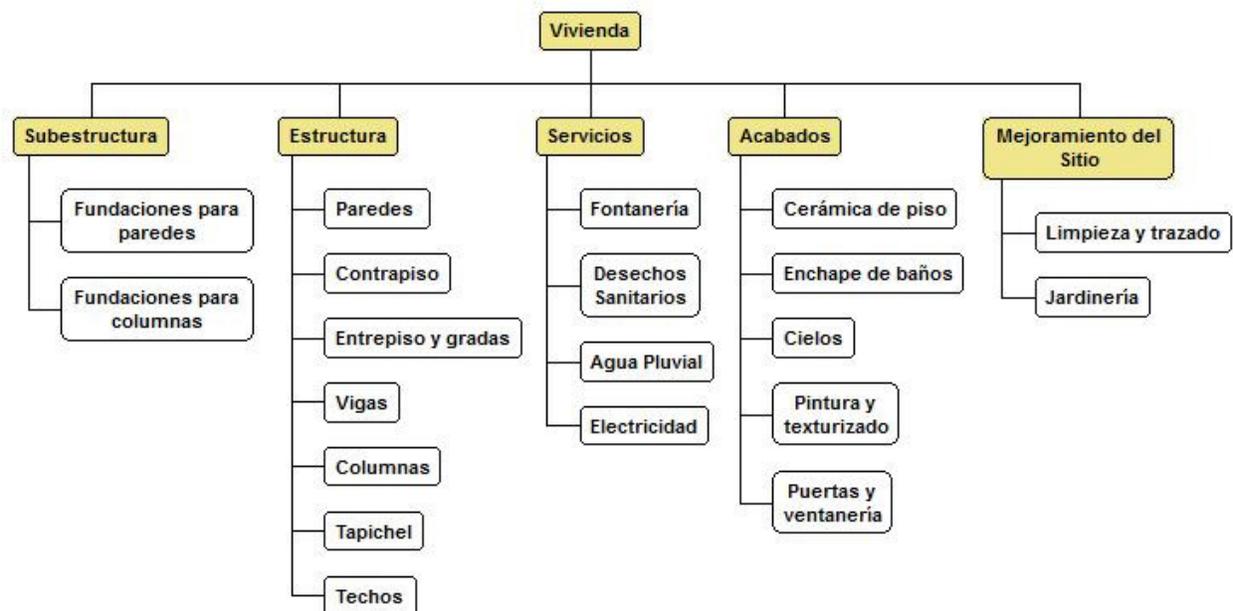


Figura 18: Estructura desglosada de trabajo de las viviendas en general. El autor, 2011.

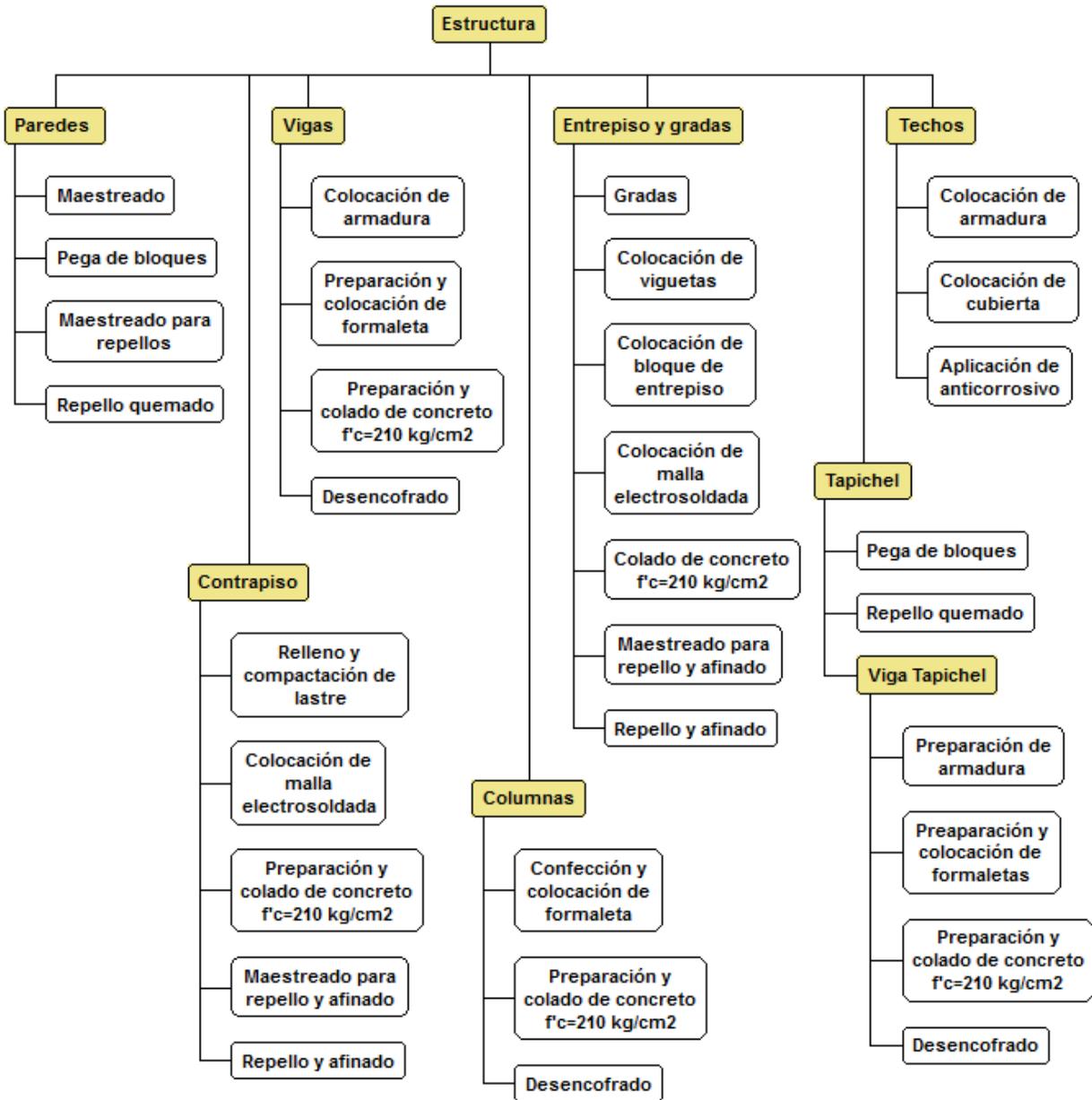


Figura 19: Actividades relacionadas a la estructura. El autor, 2011.

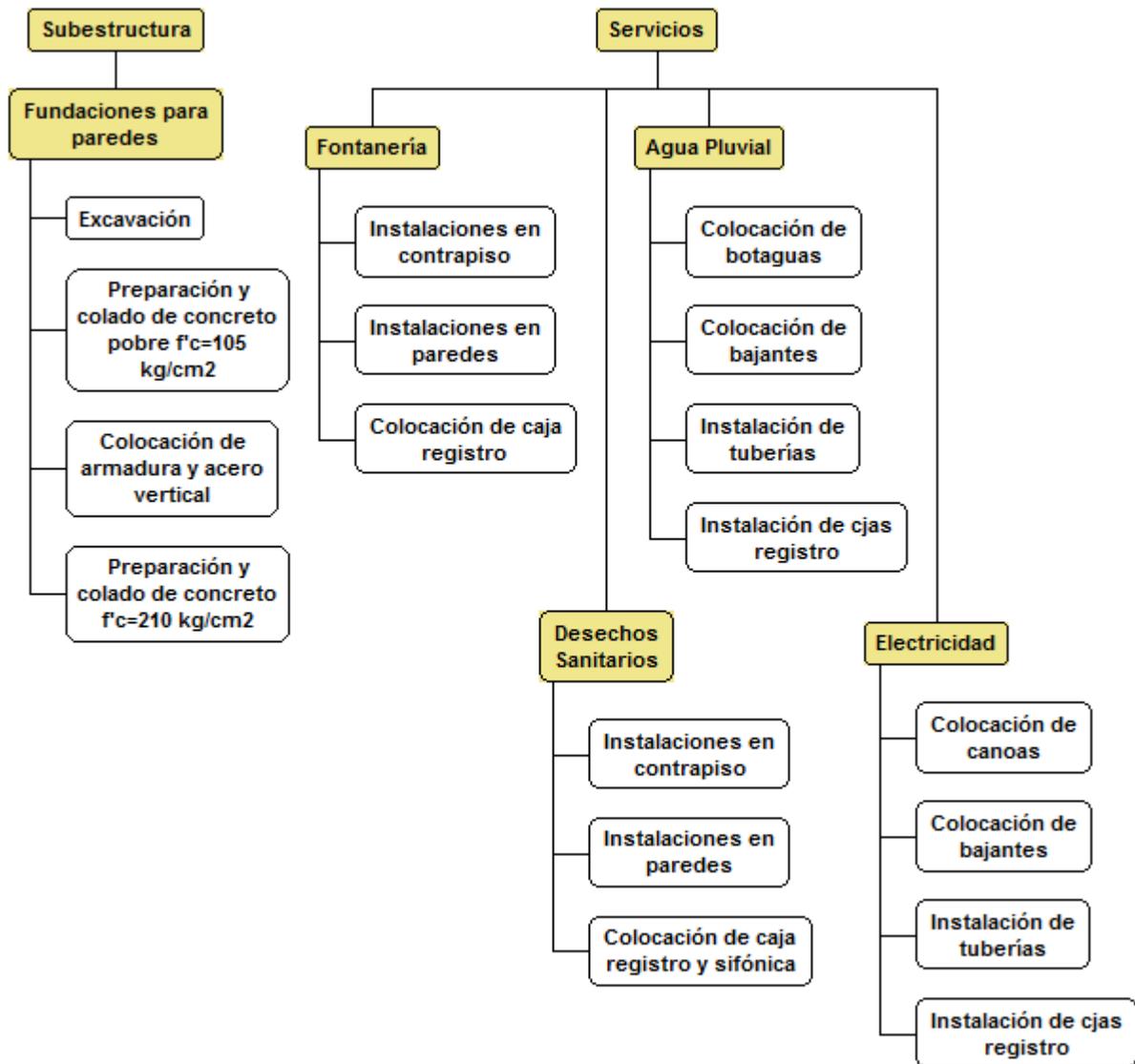


Figura 20: Actividades de la subestructura y de los servicios. El autor, 2011.

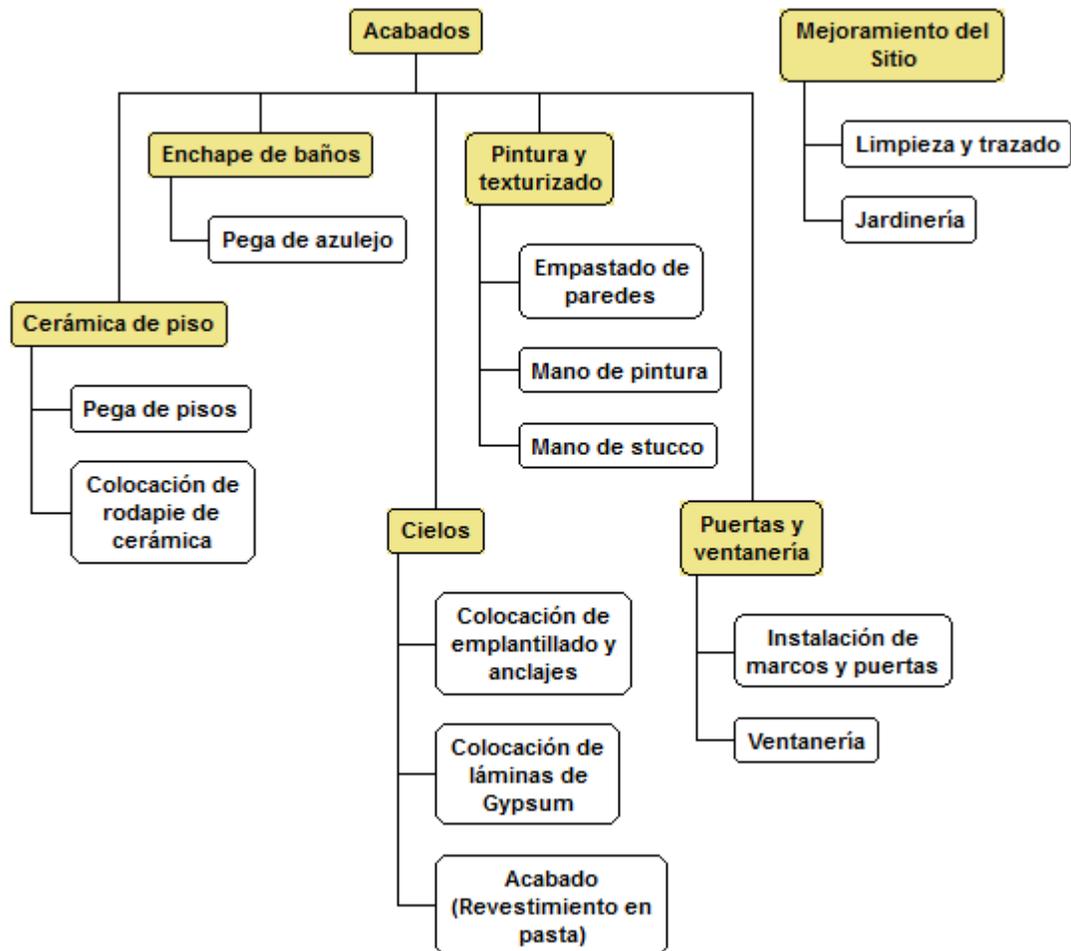


Figura 21: Actividades de los acabados y del mejoramiento del sitio. El autor, 2011.

## Apéndice N°2: Datos estadísticos de los rendimientos de mano de obra

### ➤ Subestructura

- Fundaciones:

Cuadro 14. Excavación									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
56-A	5.5	m <sup>3</sup>	7	1.2727	1.2364	0.0116	0.1078	8.72%	97.89%
56-A	4	m <sup>3</sup>	5	1.2500					
90-C	5.2	m <sup>3</sup>	6.6	1.2692					
90-C	4.3	m <sup>3</sup>	5.75	1.3372					
3-G	9.5	m <sup>3</sup>	10	1.0526					

Cuadro 15. Preparación y colado de concreto pobre									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
56-A	0.22	m <sup>3</sup>	0.58	2.6364	2.6909	0.1833	0.4281	15.91%	90.41%
56-A	0.22	m <sup>3</sup>	0.5	2.2727					
90-C	0.44	m <sup>3</sup>	1.1	2.5000					
3-G	0.22	m <sup>3</sup>	0.75	3.4091					
3-G	0.44	m <sup>3</sup>	1.16	2.6364					

Cuadro 16. Colocación de armadura y acero vertical									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
56-A	84.00	kg	3.9	0.0464	0.0448	0.00002	0.0043	9.71%	93.25%
56-A	45.00	kg	2	0.0444					
56-A	41.00	kg	2.1	0.0512					
3-G	60.00	kg	2.4	0.0399					
3-G	45.00	kg	1.9	0.0420					

Cuadro 17. Preparación y colado de concreto 210 kg/cm <sup>2</sup>									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
56-A	0.14	m <sup>3</sup>	0.41	2.9286	2.8000	0.12028	0.3468	12.39%	87.30%
56-A	0.28	m <sup>3</sup>	0.83	2.9643					
3-G	0.28	m <sup>3</sup>	0.66	2.3571					
3-G	0.14	m <sup>3</sup>	0.45	3.2143					
3-G	0.28	m <sup>3</sup>	0.71	2.5357					

➤ Estructura

- Paredes

Cuadro 18. Maestreado									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
56-A	7.92	m <sup>2</sup>	0.33	0.0417	0.0464	0.00007	0.00812	17.49%	61.10%
56-A	14.00	m <sup>2</sup>	0.65	0.0464					
56-A	9.00	m <sup>2</sup>	0.38	0.0422					
56-A	12.00	m <sup>2</sup>	0.57	0.0475					
3-G	11.52	m <sup>2</sup>	0.45	0.0391					
3-G	9.72	m <sup>2</sup>	0.6	0.0617					

Cuadro 19. Pega de bloques									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
56-A	18.00	ud	0.66	0.0367	0.0384	0.00001	0.00327	8.51%	96.88%
56-A	17.00	ud	0.55	0.0324					
56-A	25.00	ud	0.95	0.0380					
90-C	14.00	ud	0.60	0.0429					
90-C	32.00	ud	1.30	0.0406					
3-G	11.00	ud	0.45	0.0409					
3-G	9.00	ud	0.33	0.0367					
3-G	19.00	ud	0.75	0.0395					

Cuadro 20. Maestreado para repellos									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
56-A	1.85	m <sup>2</sup>	0.67	0.3622	0.3460	0.00131	0.03617	10.45%	93.02%
56-A	2.31	m <sup>2</sup>	0.83	0.3593					
90-C	1.54	m <sup>2</sup>	0.45	0.2922					
3-G	1.89	m <sup>2</sup>	0.7	0.3704					

Cuadro 21. Repello quemado									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
55-A	18.72	m <sup>2</sup>	4.33	0.2313	0.2310	0.00136	0.03691	15.98%	74.17%
1-G	14.50	m <sup>2</sup>	3.2	0.2207					
1-G	12.60	m <sup>2</sup>	3.7	0.2937					
3-G	16.92	m <sup>2</sup>	3.4	0.2009					
3-G	8.64	m <sup>2</sup>	1.8	0.2083					

- Contrapiso

<b>Cuadro 22. Relleno y compactación de lastre <math>\geq</math> 91% Proctor Modificado</b>									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
55-A	3.18	m <sup>3</sup>	3.75	1.1790	1.2155	0.00984	0.09922	8.16%	91.62%
55-A	1.90	m <sup>3</sup>	2.2	1.1579					
93-C	3.10	m <sup>3</sup>	3.6	1.1613					
3-G	2.20	m <sup>3</sup>	3	1.3636					

<b>Cuadro 23. Colocación de malla electrosoldada</b>									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
55-A	5.76	m <sup>2</sup>	0.66	0.1146	0.0870	0.00035	0.01866	21.44%	93.82%
55-A	14.97	m <sup>2</sup>	1.2	0.0802					
3-G	8.64	m <sup>2</sup>	0.75	0.0868					
3-G	3.33	m <sup>2</sup>	0.21	0.0631					
3-G	4.20	m <sup>2</sup>	0.38	0.0905					

<b>Cuadro 24. Preparación y colado de concreto 210 kg/cm<sup>2</sup></b>									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
55-A	0.84	m <sup>3</sup>	0.9	1.0714	1.1786	0.09269	0.30445	25.83%	91.04%
93-C	0.42	m <sup>3</sup>	0.48	1.1429					
3-G	0.28	m <sup>3</sup>	0.45	1.6071					
3-G	0.28	m <sup>3</sup>	0.25	0.8929					

<b>Cuadro 25. Maestreado para repello y afinado</b>									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
56-A	9.40	m <sup>2</sup>	0.75	0.0798	0.0747	0.00029	0.01714	22.95%	76.83%
56-A	7.00	m <sup>2</sup>	0.66	0.0943					
90-C	12.60	m <sup>2</sup>	0.9	0.0714					

<b>Cuadro 26. Repello y afinado</b>									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
55-A	13.04	m <sup>2</sup>	1.05	0.0805	0.0981	0.00016	0.01272	12.95%	82.46%
55-A	15.80	m <sup>2</sup>	1.75	0.1108					
93-C	14.00	m <sup>2</sup>	1.4	0.1000					
3-G	12.80	m <sup>2</sup>	1.3	0.1016					

- Vigas

<b>Cuadro 27. Colocación de armadura</b>									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
55-A	52.04	kg	5.4	0.1038	0.0982	0.00021	0.01466	14.93%	82.90%
3-G	26.00	kg	2.9	0.1115					
3-G	64.60	kg	5	0.0774					
3-G	32.50	kg	3.25	0.1000					

<b>Cuadro 28. Confección y colocación de formaletas</b>									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
55-A	1.20	m <sup>2</sup>	3.2	2.6667	2.8183	0.2267	0.47616	16.90%	84.13%
55-A	1.85	m <sup>2</sup>	4.8	2.6016					
3-G	0.97	m <sup>2</sup>	3.1	3.2091					
3-G	0.86	m <sup>2</sup>	2.9	3.3918					
3-G	0.90	m <sup>2</sup>	2	2.2222					

<b>Cuadro 29. Preparación y colado de concreto f'c=210kg/cm<sup>2</sup></b>									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
55-A	0.56	m <sup>3</sup>	1.2	2.1429	2.6518	0.22821	0.47771	18.01%	88.54%
3-G	0.28	m <sup>3</sup>	0.67	2.3929					
3-G	0.14	m <sup>3</sup>	0.4	2.8571					
3-G	0.28	m <sup>3</sup>	0.9	3.2143					

<b>Cuadro 30. Desencofrado</b>									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
55-A	3.25	m <sup>2</sup>	2.2	0.6769	0.6846	0.01640	0.12806	18.71%	92.82%
55-A	1.20	m <sup>2</sup>	0.65	0.5417					
3-G	2.11	m <sup>2</sup>	1.8	0.8531					
3-G	0.90	m <sup>2</sup>	0.6	0.6667					

- Columnas

<b>Cuadro 31. Confección y colocación de formaletas</b>									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
56-A	1.00	m <sup>2</sup>	3.15	3.1500	2.9869	0.03263	0.18065	6.05%	74.97%
90-C	0.96	m <sup>2</sup>	3	3.1250					
90-C	1.14	m <sup>2</sup>	3.3	2.8947					
3-G	0.90	m <sup>2</sup>	2.5	2.7778					

<b>Cuadro 32. Preparación y colado de concreto f'c=210kg/cm<sup>2</sup></b>									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
56-A	0.13	m <sup>3</sup>	0.8	6.1538	5.8355	0.08466	0.29097	4.99%	85.47%
90-C	0.12	m <sup>3</sup>	0.67	5.5833					
3-G	0.13	m <sup>3</sup>	0.75	5.7692					

<b>Cuadro 33. Desencofrado</b>									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
56-A	1.00	m <sup>2</sup>	0.5	0.5000	0.5325	0.01024	0.10121	19.01%	72.90%
90-C	0.96	m <sup>2</sup>	0.4	0.4167					
90-C	1.14	m <sup>2</sup>	0.75	0.6579					
3-G	0.90	m <sup>2</sup>	0.5	0.5556					

- Entrepiso

<b>Cuadro 34. Colocación de viguetas</b>									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
Apartamentos	9.60	m <sup>2</sup>	0.95	0.0990	0.1124	0.00011	0.01066	9.48%	92.06%
Apartamentos	12.42	m <sup>2</sup>	1.41	0.1135					
Apartamentos	8.40	m <sup>2</sup>	1.05	0.1250					
Apartamentos	5.18	m <sup>2</sup>	0.58	0.1121					

<b>Cuadro 35. Colocación de bloques de entrepiso</b>									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
Apartamentos	6.20	m <sup>2</sup>	0.83	0.1339	0.1106	0.00027	0.01639	14.82%	95.42%
Apartamentos	4.04	m <sup>2</sup>	0.44	0.1089					
Apartamentos	7.80	m <sup>2</sup>	0.75	0.0962					
Apartamentos	15.00	m <sup>2</sup>	1.55	0.1033					

<b>Cuadro 36. Colocación de malla #2</b>									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
Apartamentos	9.60	m <sup>2</sup>	0.87	0.0906	0.0824	0.00008	0.00894	10.85%	86.11%
Apartamentos	12.42	m <sup>2</sup>	0.9	0.0725					
Apartamentos	8.40	m <sup>2</sup>	0.75	0.0893					
Apartamentos	5.18	m <sup>2</sup>	0.4	0.0773					

<b>Cuadro 37. Colado de concreto 210 kg/cm<sup>2</sup></b>									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
Apartamentos	5.20	m <sup>3</sup>	0.25	0.0481	0.0500	0.00004	0.00596	11.91%	93.02%
Apartamentos	9.80	m <sup>3</sup>	0.467	0.0477					
Apartamentos	7.24	m <sup>3</sup>	0.33	0.0456					
Apartamentos	11.90	m <sup>3</sup>	0.7	0.0588					

Los rendimientos para el maestreado y afinado de la capa de concreto deben ser los mismos que los estimados en el contrapiso.

- Tapichel

<b>Cuadro 38. Pega de bloques</b>									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
55-A	42.00	ud	3.5	0.0833	0.0862	0.00006	0.00781	9.06%	93.18%
55-A	19.00	ud	1.65	0.0868					
3-G	25.00	ud	1.95	0.0780					
3-G	29.00	ud	2.8	0.0966					

<b>Cuadro 39. Repellos quemado</b>									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
55-A	7.00	m <sup>2</sup>	0.65	0.0929	0.0962	0.00070	0.02643	27.47%	95.80%
55-A	4.00	m <sup>2</sup>	0.35	0.0875					
55-A	1.50	m <sup>2</sup>	0.2	0.1333					
55-A	2.25	m <sup>2</sup>	0.16	0.0711					

- Viga Tapichel

<b>Cuadro 40. Preparación y colocación de armadura</b>									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
55-A	7.40	kg	1.25	0.1689	0.1580	0.00042	0.02047	12.96%	80.67%
3-G	5.65	kg	1	0.1770					
3-G	5.76	kg	0.75	0.1302					
3-G	4.30	kg	0.67	0.1558					

<b>Cuadro 41. Preparación y colocación de formaletas</b>									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
55-A	1.34	m <sup>2</sup>	3.2	2.3881	3.2224	1.1699	1.08164	33.57%	86.58%
55-A	0.90	m <sup>2</sup>	4	4.4444					
3-G	1.27	m <sup>2</sup>	3.6	2.8346					

<b>Cuadro 42. Preparación y colado de concreto f'c=210kg/cm<sup>2</sup></b>									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
55-A	0.50	m <sup>3</sup>	0.8	1.6000	2.0667	0.25333	0.50332	24.35%	75.00%
3-G	0.25	m <sup>3</sup>	0.5	2.0000					
3-G	0.25	m <sup>3</sup>	0.65	2.6000					

<b>Cuadro 43. Desencofrado</b>									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
55-A	1.34	m <sup>2</sup>	0.667	0.4978	0.4621	0.0011	0.03284	7.11%	89.90%
55-A	0.90	m <sup>2</sup>	0.41	0.4556					
3-G	1.27	m <sup>2</sup>	0.55	0.4331					

- Techos

<b>Cuadro 44. Colocación de estructura (Cerchas de perling)</b>									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
55-A	9.00	m <sup>2</sup>	6.2	0.6889	0.6206	0.00385	0.06201	9.99%	82.97%
55-A	11.50	m <sup>2</sup>	6.9	0.6000					
55-A	7.20	m <sup>2</sup>	3.9	0.5417					
3-G	7.00	m <sup>2</sup>	4.75	0.6786					
3-G	8.50	m <sup>2</sup>	5.05	0.5941					

<b>Cuadro 45. Colocación de cubierta</b>									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
55-A	12.00	m <sup>2</sup>	2.6	0.2167	0.1975	0.00127	0.03566	18.06%	82.40%
55-A	10.50	m <sup>2</sup>	1.8	0.1714					
3-G	19.00	m <sup>2</sup>	4	0.2105					
3-G	16.00	m <sup>2</sup>	2.4	0.1500					
3-G	5.00	m <sup>2</sup>	1.25	0.2500					
3-G	14.50	m <sup>2</sup>	2.7	0.1862					

<b>Cuadro 46. Aplicación de anticorrosivo</b>									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
55-A	13.65	m <sup>2</sup>	1	0.0733	0.0731	0.00001	0.00235	3.21%	89.62%
55-A	27.30	m <sup>2</sup>	2.1	0.0769					
55-A	16.00	m <sup>2</sup>	1.16	0.0725					
1-G	8.50	m <sup>2</sup>	0.6	0.0706					
1-G	9.00	m <sup>2</sup>	0.65	0.0722					

➤ **Servicios**

- Fontanería y desechos sanitarios

<b>Cuadro 47. Instalación de tuberías en contrapiso y paredes(sanitaria y potable)</b>									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
55-A	3.71	MI	3.1	0.8356	0.7779	0.00205	0.04529	5.82%	97.07%
55-A	3.90	MI	2.95	0.7564					
1-G	5.79	MI	4.2	0.7254					
1-G	4.18	MI	3.5	0.8373					
1-G	5.06	MI	3.8	0.7510					
1-G	2.01	MI	1.6	0.7960					
1-G	1.95	MI	1.45	0.7436					

<b>Cuadro 48. Colocación de cajas registro o sifónica</b>									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
55-A	2.00	ud	1.5	0.7500	0.7846	0.00905	0.09514	12.13%	93.79%
1-G	1.00	ud	0.833	0.8330					
1-G	1.00	ud	0.92	0.9200					
1-G	2.00	ud	1.34	0.6700					
1-G	1.00	ud	0.75	0.7500					

- Agua Pluvial

<b>Cuadro 49. Colocación de Canoas</b>									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
55-A	3.60	ml	1.16	0.3222	0.3029	0.00058	0.02410	7.95%	87.27%
55-A	6.70	ml	1.8	0.2687					
55-A	5.90	ml	1.7	0.2881					
1-G	6.16	ml	1.91	0.3101					
1-G	7.16	ml	2.33	0.3254					

<b>Cuadro 50. Colocación de bajantes</b>									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
55-A	3.05	ml	2.16	0.7082	0.6255	0.01581	0.12576	20.11%	97.29%
1-G	2.60	ml	1.25	0.4808					
1-G	3.05	ml	2	0.6875					

<b>Cuadro 51. Instalación de tuberías</b>									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
55-A	3.60	ml	2.33	0.6472	0.5863	0.00232	0.04816	8.21%	90.40%
55-A	6.70	ml	4	0.5970					
55-A	5.90	ml	3.5	0.5932					
1-G	6.16	ml	3.16	0.5130					
1-G	7.16	ml	4.16	0.5810					

<b>Cuadro 52. Colocación de cajas registro o sifónica</b>									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
55-A	2.00	ud	1.5	0.7500	0.7846	0.00905	0.09514	12.13%	93.79%
1-G	1.00	ud	0.833	0.8330					
1-G	1.00	ud	0.92	0.9200					
1-G	2.00	ud	1.34	0.6700					
1-G	1.00	ud	0.75	0.7500					

- Electricidad y comunicaciones

<b>Cuadro 53. Entubado en contrapiso y en paredes para tomas</b>									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
55-A	8.56	ml	4.17	0.4871	0.3540	0.00611	0.07818	22.08%	82.51%
55-A	8.41	ml	2.75	0.3270					
1-G	13.00	ml	4.46	0.3431					
1-G	7.70	ml	2.16	0.2805					
1-G	3.25	ml	1.08	0.3323					

<b>Cuadro 54. Cableado para distribución</b>									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
55-A	15.64	ml	0.83	0.0531	0.0517	0.00003	0.00510	9.86%	98.81%
55-A	16.42	ml	0.75	0.0457					
1-G	24.6	ml	1.41	0.0573					
1-G	38.00	ml	2.1	0.0553					
1-G	13.81	ml	0.65	0.0471					

<b>Cuadro 55. Entubado en cielos y en paredes para apagadores</b>									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
55-A	2.38	ml	0.83	0.3487	0.3051	0.00277	0.05265	17.25%	81.40%
55-A	1.53	ml	0.45	0.2941					
55-A	3.87	ml	0.91	0.2351					
1-G	1.46	ml	0.5	0.3425					

<b>Cuadro 56. Cableado para iluminación</b>									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
55-A	21.00	ml	1.66	0.0790	0.0758	0.00007	0.00818	10.78%	63.16%
1-G	23.00	ml	1.7	0.0739					
1-G	18.30	ml	1.25	0.0683					
1-G	16.50	ml	1.4	0.0848					

<b>Cuadro 57. Colocación de accesorios</b>									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
55-A	4.00	ud	0.5	0.1250	0.2300	0.02208	0.14858	64.60%	94.65%
1-G	2.00	ud	0.33	0.1650					
1-G	3.00	ud	0.45	0.4000					

➤ **Acabados**

- Pega de pisos

<b>Cuadro 58. Pega cerámica</b>									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
55-A	14.97	m <sup>2</sup>	7	0.4675	0.4750	0.00049	0.02222	4.68%	94.72%
55-A	10.08	m <sup>2</sup>	4.58	0.4544					
3-E	13.61	m <sup>2</sup>	6.5	0.4775					
3-E	11.08	m <sup>2</sup>	5.67	0.5119					
1-G	10.24	m <sup>2</sup>	4.75	0.4639					

- Rodapié de cerámica

<b>Cuadro 59. Rodapié de cerámica</b>									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
3-E	5.60	ml	1.9	0.3391	0.3579	0.00266	0.05160	14.41%	90.80%
3-E	7.32	ml	2.75	0.3757					
3-E	3.15	ml	0.91	0.2889					
1-G	4.65	ml	2	0.4301					
1-G	6.07	ml	2.16	0.3558					

- Enchape de baños

<b>Cuadro 60. Pega de azulejos</b>									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
55-A	7.22	m <sup>2</sup>	5.5	0.7639	0.7236	0.00449	0.06702	9.26%	93.73%
3-E	8.50	m <sup>2</sup>	6	0.7059					
3-E	5.15	m <sup>2</sup>	3.25	0.6373					
1-G	8.00	m <sup>2</sup>	6.3	0.7875					

- Cielos

<b>Cuadro 61. Colocación de perfiles de aluminio</b>									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
3-E	3.72	m <sup>2</sup>	1.41	0.3790	0.4380	0.00382	0.06183	14.12%	81.40%
3-E	4.46	m <sup>2</sup>	1.75	0.3924					
3-E	5.95	m <sup>2</sup>	2.83	0.4756					
1-G	2.97	m <sup>2</sup>	1.5	0.5051					

<b>Cuadro 62. Colocación de láminas de Gypsum (1.22x0.61)</b>									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
55-A	8.18	m <sup>2</sup>	2.2	0.2689	0.3149	0.00123	0.03506	11.13%	93.57%
3-E	5.21	m <sup>2</sup>	1.65	0.3167					
1-G	2.97	m <sup>2</sup>	0.95	0.3199					
1-G	4.46	m <sup>2</sup>	1.58	0.3543					

<b>Cuadro 63. Acabado (revestimiento en pasta)</b>									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
55-A	12.53	m <sup>2</sup>	3.58	0.2857	0.2901	0.00039	0.01972	6.80%	84.93%
55-A	8.88	m <sup>2</sup>	2.83	0.3187					
3-E	10.28	m <sup>2</sup>	2.9	0.2821					
3-E	11.25	m <sup>2</sup>	3.08	0.2738					

- Pintura y texturizados

<b>Cuadro 64. Revestimiento en pasta (1 mano)</b>									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
3-E	12.32	m <sup>2</sup>	5.75	0.4666	0.4099	0.00179	0.04228	10.32%	94.10%
3-E	9.06	m <sup>2</sup>	3.16	0.3487					
3-E	9.75	m <sup>2</sup>	3.95	0.4050					
1-G	4.08	m <sup>2</sup>	1.66	0.4068					
1-G	3.79	m <sup>2</sup>	1.6	0.4222					

<b>Cuadro 65. Pintura (1 mano)</b>									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
3-E	8.75	m <sup>2</sup>	1.33	0.1521	0.1414	0.00022	0.01466	10.37%	93.64%
3-E	11.53	m <sup>2</sup>	1.7	0.1475					
3-E	7.16	m <sup>2</sup>	0.85	0.1188					
1-G	8.53	m <sup>2</sup>	1.15	0.1348					
1-G	9.75	m <sup>2</sup>	1.5	0.1538					

<b>Cuadro 66. Stucco</b>									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
55-A	6.73	m <sup>2</sup>	1.95	0.2819	0.2965	0.00038	0.01959	6.61%	88.50%
55-A	9.03	m <sup>2</sup>	2.7	0.2990					
3-E	6.92	m <sup>2</sup>	1.95	0.2819					
3-E	7.46	m <sup>2</sup>	2.41	0.3233					

- Puertas y Ventanería

<b>Cuadro 67. Instalación de marcos y puertas</b>									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
3-E	1.00	ud	3.08	3.0800	2.7547	0.28363	0.53257	19.33%	83.90%
3-E	3.00	ud	7.5	2.5000					
5-E	2.00	ud	6	3.0000					
5-E	3.00	ud	5.83	1.9433					
5-E	1.00	ud	3.25	3.2500					

Los rendimientos de Ventanería no se midieron por ser muy variables.

➤ **Preparación del sitio**

- Limpieza y trazado

<b>Cuadro 68. Limpieza y trazado</b>									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
56-A	154.00	m <sup>2</sup>	5.25	0.0357	0.0267	0.0001	0.00713	26.71%	61.73%
90-C	108.00	m <sup>2</sup>	4.45	0.0435					
3-G	154.00	m <sup>2</sup>	4.75	0.0325					

<b>Cuadro 69. Jardinería</b>									
Muestra	Cantidad	Ud	Duración (horas)	Rendimiento	Rendimiento promedio	Varianza muestral	Desv. estándar	Coef. de variación	Coef. de determ. (R <sup>2</sup> )
55-A	23.31	m <sup>2</sup>	6.67	0.3246	0.2630	0.00410	0.06403	24.34%	70.34%
3-E	36.59	m <sup>2</sup>	7.2	0.1968					
1-G	20.55	m <sup>2</sup>	5.5	0.2677					

## Apéndice N°3: Estimación detallada de los costos Caso de análisis: Casa 3E

### Características de la vivienda

- Área de construcción = 84 m<sup>2</sup>
- Secciones = Una cocina-comedor, una sala, un baño, un dormitorio principal, un dormitorio, pilas, cochera y jardín.

Cuadro 70. Costo de partidas						
Definición	Costo	Desperdicio	Administración	Imprevistos	Utilidad	Costo
Fundaciones para paredes	¢644,816.44	1.05	1.06	1.03	1.10	¢813,132.23
Paredes	¢2,052,055.42	1.05	1.06	1.03	1.10	¢2,587,701.39
Pisos	¢1,137,244.61	1.05	1.06	1.03	1.10	¢1,434,098.43
Techos	¢989,224.44	1.05	1.06	1.03	1.10	¢1,247,440.71
Vigas	¢401,217.58	1.05	1.06	1.03	1.10	¢505,947.01
Columnas	¢78,284.27	1.05	1.06	1.03	1.10	¢98,718.74
Tapichel y viga tapichel	¢220,440.13	1.05	1.06	1.03	1.10	¢277,981.40
Cerámica	¢608,689.87	1.05	1.06	1.03	1.10	¢767,575.58
Enchape de baños	¢129,675.24	1.05	1.06	1.03	1.10	¢163,524.24
Cielos	¢392,593.59	1.05	1.06	1.03	1.10	¢495,071.90
Pintura y texturizado	¢756,545.39	1.05	1.06	1.03	1.10	¢954,025.67
Puertas y ventanas	¢1,005,000.00	1.05	1.06	1.03	1.10	¢1,267,334.15
Agua potable	¢399,328.15	1.05	1.06	1.03	1.10	¢503,564.38
Sanitaria	¢491,750.84	1.05	1.06	1.03	1.10	¢620,112.07
Electricidad	¢284,536.69	1.05	1.06	1.03	1.10	¢358,809.02
Pluvial	¢720,997.98	1.05	1.06	1.03	1.10	¢909,199.37
Jardinería	¢42,500.00	1.05	1.06	1.03	1.10	¢53,593.73

Cuadro 71. Mano de obra		
Definición	MO	MO + Prestaciones (35.4%)
Fundaciones para paredes	¢221,084.13	¢6,145.81
Paredes	¢337,950.93	¢299,347.91
Pisos	¢177,262.91	¢457,585.56
Techos	¢167,807.98	¢240,013.98
Vigas	¢173,662.72	¢227,212.01
Columnas	¢77,503.18	¢235,139.32
Tapichel y viga tapichel	¢69,453.62	¢94,040.20
Cerámica	¢179,864.00	¢243,535.86
Enchape de baños	¢46,946.45	¢63,565.49
Cielos	¢212,500.00	¢287,725.00
Pintura y texturizado	¢300,000.00	¢406,200.00
Instalación de puertas	¢94,000.00	¢127,276.00
Agua potable	¢300,000.00	¢406,200.00
Sanitaria		
Electricidad	¢150,000.00	¢203,100.00
Pluvial	¢11,835.00	¢16,024.59
Jardinería	¢11,645.00	¢15,767.33

# Consideraciones del presupuesto

## A1010 – Fundaciones para paredes

### Características de la fundación

- Longitud de la placa: 58 m.
- Profundidad de excavación: 0.60m.
- Ancho transversal de la placa: 0.40m.
- Altura transversal de la placa: 0.20m.

### Volumen de excavación y concreto

Cuadro 72. Volumen de excavación y concreto	
Definición	Volumen (m <sup>3</sup> )
Excavación	16.01
Concreto estructural 210 kg/cm <sup>2</sup>	5.34
Concreto pobre 105 kg/cm <sup>2</sup>	1.33

Todo el concreto es hecho en sitio.  
La capa de concreto pobre tiene un espesor de 5 cm.

### Acero

Cuadro 73. Diseño del acero					
Definición	Varilla	Cantidad	Longitud de desarrollo (m)	Traslape (cm)	Factor de aumento por traslape
Refuerzo longitudinal	# 3	3	---	60	1.08
Ganchos	# 3	1@15cm	0.5	---	---

Se diseña únicamente el acero de la placa, el acero horizontal y vertical se define en las paredes.  
Por los traslapes se considera un porcentaje de aumento en la longitud total para cada varilla. Por ejemplo para la #3 de un 8%, para la #4 de un 10% y para el número 5 de un 13%.

Cuadro 74. Cantidad total de acero					
Definición	Longitud Placa (m)	Cantidad	Longitud total de varillas (m)	Peso (kg)	Cantidad total de varillas de 6m
Refuerzo longitudinal	58.00	3.00	187.92	105.11	31.32
Ganchos	58.00	387.00	193.50	108.24	32.25
Alambre Negro	----	----	----	10.67	----

Cuadro 75. Plástico negro		
Descripción	Área (m <sup>2</sup> )	Cantidad de plástico (kg)
Plástico de construcción	92.8	11.46

Antes de colar la fundación se debe colocar un plástico negro; un kilogramo equivale aproximadamente a 3x2.7m. El área ocupada por el plástico equivale al fondo de la placa y el área de las paredes de la fundación

### Costo Total

Cuadro 76. Costo Total				
Definición	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
Concreto estructural 210 kg/cm <sup>2</sup>	5.34	m <sup>3</sup>	¢64,369.69	¢343,476.67
Concreto pobre 105 kg/cm <sup>2</sup>	1.33	m <sup>3</sup>	¢47,063.89	¢62,783.23
Varilla Corrugada # 3 Grado 40 de 6 metros	63.57	ud	¢2,210.00	¢140,489.70
Alambre Negro	0.00	ud	¢2,210.00	¢0.00
Plástico de construcción	32.25	ud	¢2,210.00	¢71,272.50
<b>Total</b>				<b>¢644,816.44</b>

## **B1010 – Paredes**

### **Características de la fundación**

- *Altura de pared: 3.2 m.*
- *Longitud de paredes exteriores: 39m.*
- *Longitud de paredes internas: 19m.*
- *Longitud total de pared: 58m.*
- *Vanos*
  - *Puertas: 9.56 m<sup>2</sup>*
  - *Ventanas: 10.43 m<sup>2</sup>*

La altura de pared es la distancia que hay desde el ras superior de la placa hasta el ras inferior de la viga corona.

### Bloques de concreto

Cuadro 77. Cantidad de bloques de concreto					
Definición	Área lateral c/bloque (m <sup>2</sup> )	Área total (m <sup>2</sup> )	Área por vanos (m <sup>2</sup> )	Área neta (m <sup>2</sup> )	Cantidad total de bloques
Bloques de 15x20x45 cm	0.0900	185.60	19.98	165.62	1473
Bloques de 15x20x30 cm	0.0600				387
Bloques de 15x20x15 cm	0.0300				42

De acuerdo con las proyecciones realizadas en los distintos planos la cantidad de block de 45 es de un 80.7% aproximadamente, el de 30 es de un 16.03% y el de 15 de un 0.26%. El 3% faltante corresponde a hechizas.

### Concreto de relleno en primeras hiladas

Cuadro 78. Concreto de relleno de 210 kg/cm <sup>2</sup> en primeras hiladas hasta NPT					
Definición	Número de hiladas hasta NPT	Cantidad total de bloques	Cantidad de celdas	Volumen de una celda (m <sup>3</sup> )	Volumen total (m <sup>3</sup> )
Bloques de 15x20x45 cm	2	206	618	0.00234	1.45
Bloques de 15x20x30 cm		54	108	0.00234	0.25
Bloques de 15x20x15 cm		6	6	0.00234	0.01
<b>Total</b>					<b>1.71</b>

### Mortero Pega

Cuadro 79. Mortero Pega		
Definición	Area neta (m <sup>2</sup> )	Cantidad de sacos de 40 kg
Exterior	165.62	148.00
<b>Total</b>		<b>148.00</b>

Para la pega de bloques la empresa utiliza IMPERMIX Tipo N y tiene un rendimiento de acuerdo a las especificaciones del saco de 12 a 16 bloques de 12x20x40 cm, en promedio 14 bloques, que aproximadamente corresponde a 1.12 m<sup>2</sup> área de pared. El área de pega corresponde al área superior del block restando las celdas más una pared de 15x20cm.

### Repello Quemado

Cuadro 80. Repello Quemado		
Definición	Área de repello (m <sup>2</sup> )	Cantidad de sacos de 40 kg
Exterior	124.80	29.71
Interior	246.40	58.67
<b>Total</b>		<b>88.38</b>

El repello tiene un espesor de 5mm.

Para los repellos se utiliza Imperplaster Mortar de 40 kg con un rendimiento de 6 a 8 m<sup>2</sup>, en promedio 7 m<sup>2</sup>, para espesores de 3mm, con una proyección se estima un rendimiento de 4.2 m<sup>2</sup>.

### Acero Horizontal

Cuadro 81. Acero Horizontal							
Descripción	Varilla	Distancia	Longitud (m)	Cantidad de hiladas	Longitud total (m)	Peso (kg)	Cantidad de varillas de 6m
Desde placa hasta NPT	# 3	1@20cm	58.00	2	116	64.89	19.33
De NPT hasta viga corona	# 3	1@60cm	58.00	4	232	129.77	38.67

## Mochetas

Cuadro 82. Mochetas		
Definición	Cantidad	En marco de puerta
4am	1	2
4m	2	3
3am	0	
3m	8	1
2am	4	4
2m	2	
1m	60	

## Concreto de relleno

Cuadro 83. Concreto de relleno en mochetas 210 kg/cm <sup>2</sup>					
Mocheta	Número de celdas	Área de una celda (m <sup>2</sup> )	Altura de pared desde NPT(m)	Volumen por mocheta (m <sup>3</sup> )	Volumen total (m <sup>3</sup> )
4am	3	0.0117	3.2	0.11	0.11232
4m	5	0.0117	3.2	0.19	0.3744
3am	0	0.0117	3.2	0.00	0
3m	9	0.0117	3.2	0.34	2.69568
2am	8	0.0117	3.2	0.30	1.19808
2m	2	0.0117	3.2	0.07	0.14976
1m	60	0.0117	3.2	2.25	134.784
<b>Total</b>					<b>4.53024</b>

## Acero en mochetas

Cuadro 84. Acero vertical						
Mocheta	Cantidad	Varilla	Longitud (m)	Longitud total (m)	Peso (kg)	Cantidad de varillas de 6m
4am	1	# 3	3.2	3.2	1.79	0.53
4m	2	# 3	3.2	6.4	3.58	1.07
3am	0	# 3	3.2	0	0.00	0.00
3m	8	# 3	3.2	25.6	14.32	4.27
2am	4	# 3	3.2	12.8	7.16	2.13
2m	2	# 3	3.2	6.4	3.58	1.07
1m	60	# 3	3.2	192	107.40	32.00
4am	2	# 4	3.2	6.4	6.36	1.07
4m	3	# 4	3.2	9.6	9.55	1.60
3m	1	# 4	3.2	3.2	3.18	0.53
2am	4	# 4	3.2	12.8	12.73	2.13

Cuadro 85. Aros							
Mocheta	Varilla	Distancia	Longitud de desarrollo (m)	Cantidad total de aros	Longitud total (m)	Peso (kg)	Cantidad de varillas de 6m
4am	# 3	1@20cm	1.35	48	64.8	36.25	10.80
4m	# 2	1@20cm	1.05	32	33.6	8.35	5.60
3am	# 2	1@20cm	0.70	0	0	0.00	0.00
3m	# 2	1@20cm	0.55	128	70.4	17.50	11.73
2am	# 2	1@20cm	0.45	64	28.8	7.16	4.80
2m	# 2	1@20cm	0.45	32	14.4	3.58	2.40

### Alambre negro

Cuadro 86. Alambre negro	
Peso total acero estructural (kg)	Cantidad total alambre negro (kg)
437.14	21.86

El alambre negro se calcula como un 5% del peso total

### Costo total

Cuadro 87. Costo Total				
Definición	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
Bloques Modublock de Concrepal de 15x20x45 cm	1473.00	ud	¢315.00	¢463,995.00
Bloques Modublock de Concrepal de 15x20x30 cm	387.00	ud	¢215.00	¢83,205.00
Bloques Modublock de Concrepal de 15x20x15 cm	42.00	ud	¢115.00	¢4,830.00
Concreto estructural f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup>	7.53	m <sup>3</sup>	¢64,369.69	¢484,518.38
Mortero pega block Impermix Tipo N de 40 kg	148.00	sacos	¢2,883.55	¢426,765.40
Mortero para repello Imperplaster fino de 40 kg	88.38	sacos	¢3,150.00	¢278,400.00
Varilla Corrugada # 2 de 6 metros	35.33	ud	¢1,495.00	¢52,823.33
Varilla Corrugada # 3 de 6 metros	99.07	ud	¢2,210.00	¢218,937.33
Varilla Corrugada # 4 de 6 metros	5.33	ud	¢3,950.00	¢21,066.67
Alambre Negro # 16	20.85	kg	¢840.00	¢17,514.31
<b>Costo Total</b>				<b>¢2,052,055.42</b>

## **B2010 – Pisos**

### **Características del piso**

- Área del contrapiso: 85 m<sup>2</sup>
- Área de cochera: 15.90 m<sup>2</sup>

### Relleno compactado y contrapiso

Cuadro 88. Relleno Compactado y Contrapiso			
Descripción	Área (m <sup>2</sup> )	Espesor de la capa (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
Lastre	85	0.2	22.1
Concreto	69.10	0.1	6.91

El relleno se realiza con lastre o base compactada al 95% del proctor estándar, con una capa mínima de 20 cm. Se considera un factor de hinchamiento de 1.3 de para el lastre sin compactar para el pedido. El contrapiso se realiza con concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup>, con una capa mínima de 10 cm.

### Colocación de plástico negro

Cuadro 89. Colocación de plástico negro		
Descripción	Área (m <sup>2</sup> )	Cantidad de plástico (kg)
Plástico	69.1	8.53

Antes de colar el contrapiso se debe colocar un plástico negro; un kilogramo equivale aproximadamente a 3x2.7m.

### Malla electrosoldada

Cuadro 90. Malla electrosoldada				
Definición	Varilla	Distancia	Traslape (cm)	Cantidad de mallas
Malla electrosoldada	# 2	1@15cm	30	6.98

Las mallas vienen en piezas de 6 m de largo y el traslape debe ser de 2 cuadrados por lo que se resta a cada una, un área de 30 cm por el perímetro (0.3x17m<sup>2</sup>).

### Acabado y afinado

Cuadro 91. Acabado y afinado				
Descripción	Área (m <sup>2</sup> )	Espesor de la capa (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Cantidad de sacos (m <sup>3</sup> )
Mortero	69.10	0.01	0.691	8.13

### Adoquín en cochera

Cuadro 92. Arena para adoquines			
Descripción	Área (m <sup>2</sup> )	Espesor de la capa (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
Arena de río	15.90	0.01	0.016

Cuadro 93. Adoquín			
Descripción	Área (m <sup>2</sup> )	Cantidad	Unidad
Adoquín gris de 8x10x20 cm	15.90	795	ud

## Costo Total

Cuadro 94. Costo Total				
Definición	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
Concreto estructural f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup>	6.91	m <sup>3</sup>	€64,369.69	€444,794.56
Lastre o base	22.1	m <sup>3</sup>	€12,390.00	€273,819.00
Plástico para construcción	8.53	kg	€1,556.60	€13,279.14
Malla electrosoldada	6.98	ud	€29,650.00	€206,951.01
Mortero uso general	8.13	ud	€3,150.00	€25,607.65
Arena de río	0.40	m <sup>3</sup>	€14,700.00	€5,843.25
Adoquín de 8x10x20 Gris	795	ud	€210.00	€166,950.00
<b>Costo Total</b>				<b>€1,137,244.61</b>

## **B4010 – Techos**

### **Características del techo**

- Área total del techo: 103 m<sup>2</sup> \*incluye cochera
- Área de cochera: 15.90 m<sup>2</sup>

### Viga americana

Cuadro 95. Viga americana			
Descripción	Número de vigas	Cantidad (m)	Cantidad de tubos
En interior de la vivienda	1	47.48	7.91
A lo ancho de la cochera	3	45.32	7.55
A lo largo de la cochera	1	13.49	2.25
<b>Total</b>		<b>64.13</b>	<b>15.47</b>

Se utilizan tubo galvanizado de 75x75x1.5mm de 6m de longitud.

### Clavadores

Cuadro 96. Clavadores			
Descripción	Número de clavadores	Cantidad (m)	Cantidad de tubos
En interior de la vivienda	7	90.65	15.11
A lo largo de la cochera	4	14.72	2.45
<b>Total</b>		<b>106.78</b>	<b>15.11</b>

Los clavadores se colocan a cada 90 cm y son de perfil C RT 0-18 de 70x50x1.5mm

Cuadro 97. Largueros			
Descripción	Número de largueros	Cantidad (m)	Cantidad de tubos
En interior de la vivienda	3	19.35	3.23

Los largueros se colocan a lo largo de la vivienda y son de perfil C RT 0-18 de 70x50x1.5mm

### Cubierta de techo

Cuadro 98. Cubierta		
Definición	Cantidad	Unidad
Cubierta HG #28 ondulado	61.28	ud
Cumbrera HG #28	3.52	ud
Tornillos autorroscantes galvanizados de 50mm	711.87	ud
Anticorrosivo Corrostyl (Galón)	3.52	ud

Las láminas de H.G. tienen dimensiones de 81x244 cm.  
 El traslape de cada lamina corresponde a 15 cm y esta incluido en el calculo.  
 Las cumbreras tienen 1.83m de largo  
 Los tornillos se colocan cada 15cm.  
 El galón de anticorrosivo Corrostyl tiene un rendimiento teórico de 28m².

### Costo Total

Cuadro 99. Costo Total				
Definición	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
Tubo galvanizado de 75x75x1.5mm de 6m	15.47	ud	¢20,397.00	¢315,484.93
Perfil C RT 0-18 de 70x50x1.5mm de 6m	15.11	ud	¢10,037.00	¢151,642.34
Perfil cuadrado de 75x75x1.5mm de 6m	3.23	ud	¢20,397.00	¢65,780.33
Cubierta HG #28 ondulado	61.28	ud	¢6,520.00	¢399,560.94
Cumbrera HG #28	7.08	ud	¢2,581.80	¢18,270.11
Tornillos autorroscantes galvanizados de 50mm	702.47	ud	¢26.45	¢18,580.24
Anticorrosivo Corrostyl (Galon)	3.52	ud	¢18,949.70	¢66,790.32
<b>Costo Total</b>				<b>¢1,036,109.21</b>

## B5010 – Vigas

### Características de las vigas

- Longitud de la viga corona: 58m.
- Longitud de la viga cargador: 10.95m.
- Longitud de la viga banquina: 7.30

### Concreto

Cuadro 100. Concreto estructural de 210 kg/cm <sup>2</sup>				
Definición	Altura (m)	Ancho (m)	Longitud (m)	Volumen total (m <sup>3</sup> )
Viga Corona	0.30	0.15	58.00	2.61
Viga Cargador	0.15	0.15	10.95	0.25
Viga Banquina	0.10	0.14	7.30	0.10
<b>Total</b>				<b>2.95</b>

### Acero

Cuadro 101. Acero longitudinal						
Definición	Cantidad	Varilla	Longitud (m)	Longitud total (m)	Peso (kg)	Cantidad de varillas de 6m
Viga Corona	4	# 3	58.00	232	129.77	38.67
Viga Cargador	2	# 4	10.95	21.9	21.78	3.65
Viga Banquina	2	# 3	7.30	14.6	8.17	2.43

Cuadro 102. Aros							
Definición	Varilla	Distancia	Longitud de desarrollo (m)	Cantidad total de aros	Longitud total (m)	Peso (kg)	Cantidad de varillas de 6m
Viga Corona	# 2	1@15cm	0.75	387	290.25	72.16	48.38
Viga Cargador	# 2	1@15cm	1.15	73	83.95	20.87	13.99
Viga Banquina	# 2	1@15cm	0.15	49	7.35	1.83	1.23

Cuadro 103. Alambre negro	
Peso total acero estructural (kg)	Cantidad total alambre negro (kg)
254.57	12.73

### Formaleta

Cuadro 104. Formaleta			
Definición	Cantidad	Unidad	Cantidad Formaleta
Viga Corona	34.8	m2	34.8
Viga Cargador	3.285	m2	3.285
Viga Banquina	1.46	m2	1.46
<b>Total</b>			<b>39.545</b>

## Costo Total

Cuadro 105. Costo Total				
Definición	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
Concreto estructural f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup>	2.95	m <sup>3</sup>	¢64,369.69	¢190,207.61
Varilla Corrugada # 2 de 6 metros	63.59	ud	¢1,495.00	¢95,069.54
Varilla Corrugada # 3 de 6 metros	41.10	ud	¢2,210.00	¢90,831.00
Varilla Corrugada # 4 de 6 metros	3.65	ud	¢3,950.00	¢14,417.50
Alambre Negro # 16	12.73	kg	¢840.00	¢10,691.93
Formaleta	39.55	m <sup>2</sup>	¢1,541.87	¢60,973.12
<b>Costo Total</b>				<b>¢462,190.70</b>

## B6010 – Columnas

### Fundaciones de las columnas

Cuadro 106. Características de la fundación					
Definición	N° de columnas	Profundidad (m)	Ancho (m)	Largo (m)	Altura (m)
Columna Medidor	1	0.6	0.45	0.45	0.45
Columna Cochera	2	0.6	0.6	0.8	0.2

Cuadro 107. Volumen			
Definición	Excavación (m <sup>3</sup> )	Concreto 210 kg/cm <sup>2</sup> (m <sup>3</sup> )	Concreto pobre (m <sup>3</sup> )
Columna Medidor	0.12	0.09	0.01
Columna Cochera	0.58	0.19	0.02
Total	0.70	0.28	0.03

Cuadro 108. Acero							
Definición	Malla	Distancia	Cantidad de cuadros	Longitud de un cuadro	Longitud total (m)	Peso (kg)	Cantidad total de varillas
Columna Medidor	# 2	1@10cm	20.25	0.2	4.05	1.01	0.68
Columna Cochera	# 3	1@10cm	48	0.2	9.6	5.37	1.60

## Columna

Cuadro 109. Concreto estructural de 210 kg/cm <sup>2</sup>						
Definición	Número de columnas	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Volumen total (m <sup>3</sup> )	
Columna medidor	1	0.45	0.15	2.7	0.18	
Columna Cochera	2	0.45	0.15	3.05	0.21	
<b>Total</b>					<b>0.39</b>	

Cuadro 110. Acero longitudinal						
Definición	Cantidad de acero	Varilla	Longitud (m)	Longitud total (m)	Peso (kg)	Cantidad de varillas de 6m
Columna medidor	4	# 3	2.70	10.8004572	6.04	1.80
Columna Cochera	3	# 3	3.05	9.15	5.12	1.53

Cuadro 111. Aros							
Definición	Varilla	Distancia	Longitud de desarrollo (m)	Cantidad total de aros	Longitud total (m)	Peso (kg)	Cantidad de varillas de 6m
Columna medidor	# 2	1@20cm	1.10	14	15.4	3.83	2.57
Columna Cochera	# 2	1@20cm	0.75	15	11.25	2.80	1.88

Cuadro 112. Alambre negro	
Peso total acero estructural (kg)	Cantidad total alambre negro (kg)
24.16	1.21

Cuadro 113. Plástico de construcción		
Descripción	Área (m <sup>2</sup> )	Cantidad de plástico (kg)
Columna Medidor	1.2825	0.16
Columna Cochera	2.16	0.27
Total		0.43

Cuadro 114. Formaleta			
Definición	Cantidad	Unidad	Cantidad Formaleta
Columna medidor	3.24	m <sup>2</sup>	3.24
Columna Cochera	7.32	m <sup>2</sup>	7.32
Total			10.56

Costo Total para columnas

Cuadro 115. Costo Total				
Definición	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
Concreto estructural f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup>	0.88	m <sup>3</sup>	€64,369.69	€56,460.26
Concreto pobre	0.03	ud	€47,063.89	€1,606.06
Varilla Corrugada # 2 de 6 metros	5.12	ud	€1,495.00	€7,649.42
Varilla Corrugada # 3 de 6 metros	4.93	ud	€2,210.00	€10,884.42
Alambre Negro # 16	1.21	kg	€840.00	€1,014.78
Plástico de construcción	0.43	kg	€1,556.60	€669.34
Formaleta	10.56	kg	€1,541.87	€16,282.11
Costo Total				€94,566.38

## B7010 – Tapichel

### Características del Tapichel

- Sección trapezoidal
  - Base mayor: 11.60m.
  - Base menor: 4.88m
  - Altura: 1.11m.
  - Longitud de la viga: 11.35m.
  
- Sección triangular
  - Base: 11.60m.
  - Altura: 1.11m.
  - Longitud de la viga: 11.33m.

### Bloques de concreto

Cuadro 116. Cantidad de bloques de concreto			
Definición	Área lateral c/bloque (m <sup>2</sup> )	Área total (m <sup>2</sup> )	Cantidad total de bloques
Bloques de 15x20x45 cm	0.0900	18.09	162
Bloques de 15x20x30 cm	0.0600		48
Bloques de 15x20x15 cm	0.0300		2

El área total es la suma de las áreas de los dos tapicheles.

### Concreto de relleno

Cuadro 117. Concreto de relleno de 210 kg/cm <sup>2</sup>				
Definición	Cantidad total de bloques	Cantidad de celdas	Volumen de una celda (m <sup>3</sup> )	Volumen total (m <sup>3</sup> )
Bloques de 15x20x45 cm	162	486	0.00234	1.14
Bloques de 15x20x30 cm	48	96	0.00234	0.22
Bloques de 15x20x15 cm	2	2	0.00234	0.00
<b>Total</b>				<b>1.37</b>

### Mortero pega

Cuadro 118. Mortero Pega		
Definición	Área neta (m <sup>2</sup> )	Cantidad de sacos de 40 kg
Tapichel	18.09	16.00
<b>Total</b>		<b>16.00</b>

Repello

Cuadro 119. Repello Quemado		
Definición	Área de repello (m <sup>2</sup> )	Cantidad de sacos de 40 kg
Tapichel	18.09	4.31
<b>Total</b>		<b>4.31</b>

Acero

Cuadro 120. Acero Horizontal							
Descripción	Varilla	Distancia	Longitud (m)	Cantidad de hiladas	Longitud total (m)	Peso (kg)	Cantidad de varillas de 6m
Tapichel	# 3	1@20cm	23.20	5	23.20	12.98	3.87

Cuadro 121. Acero vertical				
Descripción	Varilla	Longitud (m)	Peso (kg)	Cantidad de varillas de 6m
Tapichel	# 3	19.3	10.81	3.22

Viga Tapichel

Cuadro 122. Concreto estructural de 210 kg/cm <sup>2</sup>			
Longitud (m)	Altura (m)	Ancho (m)	Volumen total (m <sup>3</sup> )
11.35	0.2	0.12	0.2724

Cuadro 123. Acero longitudinal					
Cantidad	Varilla	Longitud (m)	Longitud total (m)	Peso (kg)	Cantidad de varillas de 6m
4	# 3	22.42	89.68	50.16	14.95

Cuadro 124. Aros						
Varilla	Distancia	Longitud de desarrollo (m)	Cantidad total de aros	Longitud total (m)	Peso (kg)	Cantidad de varillas de 6m
# 2	1@20cm	0.52	112	58.24	14.48	9.71

Formaleta

Cuadro 125. Formaleta			
Definición	Cantidad	Unidad	Cantidad Formaleta
Viga tapichel	4.54	m <sup>2</sup>	4.54

## Alambre negro

Cuadro 126. Alambre negro	
Peso total acero estructural (kg)	Cantidad total alambre negro (kg)
65.35	3.27

## Costo Total

Cuadro 128. Costo Total				
Definición	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
Bloques Modublock de Concrepal de 15x20x45 cm	162	ud	€315.00	€51,030.00
Bloques Modublock de Concrepal de 15x20x30 cm	48	ud	€215.00	€10,320.00
Bloques Modublock de Concrepal de 15x20x15 cm	2	ud	€115.00	€230.00
Concreto estructural f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup>	1.64	m <sup>3</sup>	€64,369.69	€105,499.35
Mortero pega block Impermix Tipo N de 40 kg	16.00	sacos	€2,883.55	€46,136.80
Mortero para repello Imperplaster fino de 40 kg	4.31	sacos	€3,150.00	€13,567.50
Varilla Corrugada # 2 de 6 metros	9.71	ud	€1,495.00	€14,511.47
Varilla Corrugada # 3 de 6 metros	17.10	ud	€2,210.00	€37,780.06
Alambre Negro # 16	3.23	kg	€840.00	€2,714.96
Formaleta	4.54	kg	€1,541.87	€7,000.07
<b>Costo Total</b>				<b>€288,790.21</b>

## **C1010 – Cerámica y rodapié de piso**

### **Características para la cerámica**

- Área del piso: 85 m<sup>2</sup>
- Área piso del baño: 4 m<sup>2</sup>
- Área pared de baño: 16.41 m<sup>2</sup>

### Materiales para la cerámica

Cuadro 129. Materiales para la cerámica			
Descripción	Área (m <sup>2</sup> )	Cantidad	Unidad
Cerámica Samboro para piso de 43.5x43.5 cm	81	81.00	m <sup>2</sup>
Rodapie de cerámica con piezas de 11x43.5 cm		8.47	m <sup>2</sup>
Mortero para pega de cerámica Sansón de 20 kg		27.00	sacos
Groutex polímero con arena de 12 kg		3.38	sacos
Separadores de 4 mm		12.84	bolsa

Al área para pega de cerámica se le debe restar el área de los baños ya que esta utiliza azulejo.

Para los rodapiés se utilizan piezas de 43.5x43.5cm divididas en cuatro pedazos, con alturas de 11 cm aproximadamente.

El mortero para pega de cerámica y azulejo "Sansón pega cerámica" tiene un rendimiento según el contratista de 3 m<sup>2</sup> aproximadamente, aunque en el saco se especifica que de 4 a 7 m<sup>2</sup>.

El Groutex polímero con arena de 12 kg tiene un rendimiento aproximado de 1kg/2m<sup>2</sup>.

## Costo Total

Cuadro 130. Costo Total				
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
Cerámica Samboro para piso de 43.5x43.5 cm	89.93	m <sup>2</sup>	¢5,398.23	¢485,473.62
Mortero para pega de cerámica Sansón de 20 kg	27.00	sacos	¢4,241.30	¢114,515.10
Groutex polímero con arena de 12 kg	3.38	sacos	¢1,193.10	¢4,026.71
Separadores de 4 mm	12.84	bolsa	¢364.00	¢4,674.44
<b>Costo Total</b>				<b>¢608,689.87</b>

## **C1010 – Enchape de baños**

### **Características para la cerámica**

- Área piso del baño: 4 m<sup>2</sup>
- Área pared de baño: 16.41 m<sup>2</sup>

## Materiales para azulejo de baño

Cuadro 131. Azulejo para baño 1			
Descripción	Área (m <sup>2</sup> )	Cantidad	Unidad
Azulejo Samboro 25x43 cm	20.41	20.41	m <sup>2</sup>
Mortero para pega de cerámica Sansón de 20 kg		6.80	sacos
Groutex polímero con arena de 12 kg		0.85	sacos
Separadores de 4 mm		3.24	bolsa

## Costo Total

Cuadro 132. Costo Total				
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
Azulejo Samboro 20x31 cm	20.41	m <sup>2</sup>	¢4,831.86	¢98,625.51
Mortero para pega de cerámica Sansón de 20 kg	6.80	sacos	¢4,241.30	¢28,857.10
Groutex polímero con arena de 12 kg	0.85	sacos	¢1,193.10	¢1,014.71
Separadores de 4 mm	3.24	bolsa	¢364.00	¢1,177.93
<b>Costo Total</b>				<b>¢129,675.24</b>

## C3010 – Cielos

### Características

➤ Área de cielos: 85 m<sup>2</sup>

Emplantillado perfil "T" de aluminio

Cuadro 133. Emplantillado					
Definición	Área (m <sup>2</sup> )	Total de cuadros	Perímetro de cada cuadro (m)	Longitud total (m)	Cantidad unitaria
Perfil "T" de aluminio	85.00	228	2.44	278.16	57

El emplantillado se realiza en secciones de 61x61 cm

Cuadro 134. Anclaje				
Definición	Cantidad de anclajes	Longitud suspendido (m)	Longitud total (m)	Cantidad unitaria
Perfil "T" de aluminio	57	0.6	34.00	6.97

Son cuatro anclajes en 6m<sup>2</sup>

Láminas y acabados

Cuadro 135. Láminas		
Definición	Área (m <sup>2</sup> )	Cantidad de láminas
Láminas de Gypsum	85.00	28.55

Se utilizan láminas de 122x244x1.3cm

Cuadro 136. Acabados			
Definición	Cantidad	Unidad	Cantidad unitaria
Cinta adhesiva 50mm x 90m	209.02	m	3
Masilla preparada easy finish cubeta 28 kg	85.00	m <sup>2</sup>	4

Las cubetas de masilla easy finish tienen un rendimiento teórico de 30m<sup>2</sup>.

### Costo Total

Cuadro 137. Costo Total				
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
Perfil "T" de aluminio	63.97	ud	€1,823.80	€116,663.40
Láminas de Gypsum	28.55	ud	€8,511.00	€243,024.39
Cinta adhesiva 50mm x 90m	3.00	ud	€1,145.35	€3,436.05
Masilla preparada easy finish cubeta de 28 kg.	3.00	ud	€9,823.25	€29,469.75
<b>Costo Total</b>				<b>€392,593.59</b>

## C4010 - Pintura y texturizado

### Características

- Área de interiores: 204.05 m<sup>2</sup>
- Área de exteriores: 82.95 m<sup>2</sup>

La pared se pinta desde el nivel de piso terminado hasta el cielo suspendido, con una altura de 2.65m

### Revestimiento en pasta

Cuadro 138. Pasta			
Definición	Área (m <sup>2</sup> )	Cantidad	Unidad
Revestimiento para interiores	204.05	20.41	cubeta

Se utiliza revestimiento para interior liso del grupo SUR. La cubeta de 17 kg tiene un rendimiento teórico de 10m<sup>2</sup>, aplicando 3 manos; puede variar dependiendo de la superficie.

### Pintura

Cuadro 139. Pintura para interiores			
Definición	Área (m <sup>2</sup> )	Cantidad	Unidad
Pintura para cielos	99.74	6.33	galón
Pintura para interiores	204.05	12.96	galón
Total		19.29	galón

En el proyecto se utiliza únicamente pintura del Grupo Sur, Goultex A.H Satinado 1100.

El rendimiento práctico de la pintura varía dependiendo del tipo de superficie, herramienta utilizada y experiencia del aplicador. La pintura Goultex por galón es de 63m<sup>2</sup> a 1 milésima de pulgada.

En el proyecto se aplican entre 3 y cuatro manos de pintura, esto se considera en el cálculo.

### Pintura para exteriores

Cuadro 140. Pintura para exteriores			
Definición	Área (m <sup>2</sup> )	Cantidad	Unidad
Pintura para exteriores	82.95	4.15	cubetas

En el proyecto se utiliza únicamente Stucco Silica del Grupo Sur, con un rendimiento teórico de 20 m<sup>2</sup> por cubeta de 30 kg.

## Costo Total

Cuadro 141. Costo Total				
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
Revestimiento para interior liso del grupo Sur	20.41	cubeta	¢11,443.05	¢233,495.44
Pintura del Grupo Sur, Goultex A.H Satinado 1100	19.29	galón	¢22,270.00	¢429,563.56
Stucco Silica	4.15	cubeta	¢27,569.00	¢114,342.43
<b>Costo Total</b>				<b>¢777,401.42</b>

## **C5010 - Puertas y Ventanería**

Cuadro 142. Puertas				
Definición	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
Puertas principales	2	ud	¢100,000.00	¢200,000.00
Puertas secundarias	3	ud	¢85,000.00	¢255,000.00
<b>Total</b>				<b>¢455,000.00</b>

De las ventanerías no se dispone del monto establecido para cada vivienda pero según el contratista tiene un costo promedio de

**D1010 – Agua Potable**Lista de materiales

Cuadro 143. Agua Potable				
Definición	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
Tubo PVC de 25 mm (1") SDR 32.5	3.08	ud	¢3,182.15	¢9,785.11
Tubo PVC de 19 mm (3/4") SDR 32.5	1.05	ud	¢2,599.85	¢2,729.84
Tubo PVC de 13 mm (1/2") SDR 32.5	2.60	ud	¢2,753.00	¢7,162.39
Tubo CPVC de 19 mm (3/4") SDR 11	1.86	ud	¢8,587.00	¢15,986.13
Tubo CPVC de 13 mm (1/2") SDR 11	1.80	ud	¢5,182.00	¢9,310.33
Codo PVC 45° de 13 mm (1/2") Cañería	11.00	ud	¢193.30	¢2,126.30
Codo PVC 90° de 19 mm (3/4") Cañería	1.00	ud	¢216.55	¢216.55
Codo CPVC 90° de 19 mm (3/4")	1.00	ud	¢486.90	¢486.90
Codo CPVC 90° de 13 mm (1/2")	3.00	ud	¢291.45	¢874.35
Reducción PVC de 25 x 19 mm (1" x 3/4")	1.00	ud	¢289.10	¢289.10
Reducción PVC de 25 x 13 mm (1" x 3/4")	1.00	ud	¢94.00	¢94.00
Reducción PVC de 19 x 13 mm (3/4"x1/2")	1.00	ud	¢94.00	¢94.00
Reducción CPVC de 19 x 13 mm (3/4"x1/2")	1.00	ud	¢306.15	¢306.15
Tee PVC de 25 mm Lisa	1.00	ud	¢554.25	¢554.25
Tee PVC de 19 mm Lisa	1.00	ud	¢165.00	¢165.00
Tee PVC Reducida de 25 x 13 mm Lisa	3.00	ud	¢899.20	¢2,697.60
Tee PVC Reducida de 19 x 13 mm Lisa	4.00	ud	¢487.35	¢1,949.40
Tee CPVC Reducida de 25 x 13 mm Lisa	2.00	ud	¢690.10	¢1,380.20
Tee CPVC 13 mm Lisa	1.00	ud	¢315.00	¢315.00
Adaptador hg macho Ø13mm	22.00	ud	¢130.00	¢2,860.00
Tee PVC de 25 mm Lisa	1.00	ud	¢554.25	¢554.25
Tee PVC de 19 mm Lisa	1.00	ud	¢165.00	¢165.00
Tee PVC Reducida de 25 x 13 mm Lisa	3.00	ud	¢899.20	¢2,697.60
Tee PVC Reducida de 19 x 13 mm Lisa	4.00	ud	¢487.35	¢1,949.40
Unión hg Ø13mm	11.00	ud	¢523.00	¢5,753.00

Cuadro 143. Agua Potable				
Definición	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
Niple hg Ø13mm	11.00	ud	¢153.00	¢1,683.00
Codo hg Ø13mm	11.00	ud	¢194.00	¢2,134.00
Llave de paso tipo compuerta de 25 mm	1.00	ud	¢5,557.95	¢5,557.95
Llave de Control Recta, Metalica, 125 PSI 12 X 12 mm (1/2")	1.00	ud	¢1,712.25	¢1,712.25
Llave de chorro de HG de 12mm	5.00	ud	¢4,795.00	¢23,975.00
Cachera Ducha	1.00	ud	¢120,061.50	¢120,061.50
Cachera Fregadero	1.00	ud	¢85,764.50	¢85,764.50
Cachera Lavatorio	1.00	ud	¢86,531.00	¢86,531.00
Pegamento para conexión PVC (Agua Fría)	2.00	ud	¢2,210.20	¢4,420.40
Pegamento para conexión CPVC (Agua Caliente)	2.00	ud	¢2,343.00	¢4,686.00
<b>Total</b>				<b>¢397,921.05</b>

## D2010 – Sanitaria

### Lista de materiales

Cuadro 144. Sanitario				
Descripción	Cantidad Total	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
Tubo PVC de 100 mm (4") Sanitario SDR 32.5	1.21	ud	¢19,167.00	¢23,096.24
Tubo PVC de 50 mm (2") Sanitario SDR 32.5	2.42	ud	¢5,997.00	¢14,482.76
Tubo PVC de 38 mm (3/2") Sanitario SDR 32.5	0.86	ud	¢4,155.00	¢3,587.15
Codo PVC 45° de 50 mm (2") Sanitario SDR 32.5	5.00	ud	¢589.15	¢2,945.75
Codo PVC 45° de 38 mm (1 1/2") Sanitario SDR 32.5	6.00	ud	¢494.95	¢2,969.70
Codo PVC 45° de 31 mm (1 1/4") Sanitario SDR 32.5	7.00	ud	¢405.20	¢2,836.40
Codo PVC 90° de 50 mm (2") Sanitario SDR 32.5	3.00	ud	¢1,300.20	¢3,900.60
Codo PVC 90° de 38 mm (1 1/2") Sanitario SDR 32.5	2.00	ud	¢881.40	¢1,762.80
Inodoro	1.00	ud	¢131,080.50	¢131,080.50
Lavatorio	1.00	ud	¢66,054.60	¢66,054.60
Flanger PVC para inodoro de 100 x 75 mm	1.00	ud	¢2,918.60	¢2,918.60
Fregadero inoxidable	1.00	ud	¢89,490.00	¢89,490.00
Yee PVC Reducida de 100 x 50 mm Sanitaria	1.00	ud	¢17,109.00	¢17,109.00
Yee PVC Reducida de 100 x 32 mm Sanitaria	1.00	ud	¢15,417.00	¢15,417.00
Yee PVC Reducida de 100 x 38 mm Sanitaria	1.00	ud	¢16,320.00	¢16,320.00
Yee PVC Reducida de 50 x 38 mm Sanitaria	1.00	ud	¢5,485.00	¢5,485.00
Reducción PVC de 100 x 50 mm (4" x 2") Sanitaria	2.00	ud	¢2,043.50	¢4,087.00
Reducción PVC de 50 x 32 mm (2" x 1 1/4") Sanitaria	4.00	ud	¢1,061.50	¢4,246.00

Cuadro 145. Sanitario				
Descripción	Cantidad Total	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
Reducción PVC de 50 x 38 mm (2" x 1 1/2") Sanitaria	1.00	ud	₡844.50	₡844.50
Reducción PVC de 75 x 50 mm (3" x 2") Sanitaria	1.00	ud	₡1,548.35	₡1,548.35
Yee PVC de 100 mm Sanitaria	1.00	ud	₡4,398.00	₡4,398.00
Yee PVC de 50 mm Sanitaria	1.00	ud	₡1,275.00	₡1,275.00
Yee PVC de 38 mm Sanitaria	1.00	ud	₡1,254.00	₡1,254.00
Desagüe PVC de 38 mm adaptador para sifón	1.00	ud	₡4,026.00	₡4,026.00
Desagüe PVC de 31 mm adaptador para sifón	4.00	ud	₡4,026.00	₡16,104.00
Pascón-sifón codo 90° de 38 mm	1.00	ud	₡975.00	₡975.00
Sifón PVC con Registro 50 mm	2.00	ud	₡11,749.80	₡23,499.60
Sifón PVC con Registro 38 mm	2.00	ud	₡6,947.40	₡13,894.80
Tee PVC de 50 mm Sanitaria	3.00	ud	₡1,101.50	₡3,304.50
Cajas de registro	2.00	ud	₡4,280.00	₡8,560.00
Cenicero de concreto	1.00	ud	₡4,278.00	₡4,278.00
<b>Total</b>				<b>₡491,750.84</b>

### D3010 – Agua Pluvial

#### Lista de materiales

Cuadro 146. Tubería y accesorios				
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
Tubo PVC de 100 mm (4") SDR 32.5	5.045	ud	₡19,167.00	₡96,697.52
Cajas de registro	4	ud	₡4,280.00	₡17,120.00
Tubo de concreto de 90 cm	2	ud	₡72,885.00	₡145,770.00
Losa de concreto 210 kg/cm <sup>2</sup>	0.13	m <sup>3</sup>	₡46,857.14	₡6,196.86
Varilla N <sup>4</sup>	3.07	ud	₡3,950.00	₡12,113.33
Tapón PVC de 100 mm con rosca	1	ud	₡5,103.00	₡5,103.00
<b>Total</b>				<b>₡283,000.71</b>

La empresa subcontrata la instalación de canoas y bajantes por lo que no se estiman.

## D4010 – Electricidad y comunicaciones

### Lista de materiales

Cuadro 147. Eléctrico				
Descripción	Cantidad Total	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
Apagador sencillo	3	ud	€617.70	€1,853.10
Apagador doble	2	ud	€1,441.95	€2,883.90
Apagador de tres vías	2	ud	€795.60	€1,591.20
Base para medidor	1	ud	€16,326.00	€16,326.00
Caja conduit de conexión octogonal con tapa ciega	9	ud	€216.00	€1,944.00
Caja conduit de conexión rectangular	32	ud	€225.00	€5,625.00
Caja Rectangular - Tablero de distribución para televisión	1	ud	€312.35	€225.00
Caja Rectangular - Tablero de distribución para teléfono	1	ud	€312.35	€216.00
Conector tipo TSJ emt 13 mm (1/2")	26	ud	€359.00	€9,334.00
Cable THHN AWG #12	413.34	m	€333.00	€101,898.00
Cable THHN AWG #6	27.85	m	€1,539.00	€42,864.23
Cable THHN AWG #4	83.56	m	€2,319.00	€193,766.36
Cable para televisión	45.82	m	€305.00	€13,976.32
Cable para telefono	45.82	m	€538.00	€24,653.31
Conduleta botagua EMT 32 mm (1 1/4")	1	ud	€1,466.45	€1,466.45
Conector 32 mm Conduit Biex EMT	9	ud	€1,270.70	€11,436.30
Curva Conduit	49	ud	€97.00	€4,753.00
Interruptor de seguridad de 2 polos, neutro sólido. 120/240v	1	ud	€8,052.00	€8,052.00
Pastilla toma de telefono	4	ud	€1,461.00	€5,844.00
Pastilla toma de televisión	4	ud	€1,887.95	€7,551.80
Socket de Plástico 10 CM	9	ud	€365.65	€3,290.85
Tablero de distribución eléctrica	1	ud	€55,824.20	€55,824.20
Tanque de agua caliente	1	ud	€120,000.00	€120,000.00
Tomacorriente tipo universal de 120 vatios, 15 amperios	21	ud	€1,497.15	€31,440.15
Tomacorriente 3 hilos 120/240 vatios, 15 amperios	2	ud	€2,413.50	€4,827.00
Tubo Conduit de 13 mm (1/2")	33.12	ud	€465.00	€24,956.55
Tubo 32 mm Conduit EMT x3m	9	ud	€3,611.00	€32,499.00
Varilla tierra cooperwell 150 cm x 12 mm C/Gaza	1	ud	€4,053.42	€4,053.42
<b>Total</b>				<b>€733,151.14</b>