

Diseño de un Modelo de Cálculo para el Control de la Mano de Obra



Abstract

This work presented proposes an analysis that seeks to formulate a procedure to control of the labor costs in construction projects by means of an electronic sheet that relates the different factors that interfere in the estimate of the real value of the Human Resource.

This control is made out previously to the execution of the work and takes in considerations some inherent environmental, social, cultural, economic and technological variables for each project. These factors regulate the offer and the demand of labor, since they are the ones that finally established the cost of the salaries.

As the starting point there are the **budget and the chronogram of activities**. The administrator of the project based on these data and in his/her experience should obtain the nearest value to the value of real cost of the activity with a high degree of certainty and that it results in savings for the company.

For the realization of this design we took as a model, the experience generated in the construction of a pedagogic pool.

Resumen

El trabajo que se presenta a continuación propone un análisis que pretende sustancialmente formular un esquema de control de la mano de obra en proyectos constructivos por medio de una hoja electrónica que relaciona los diferentes factores que intervienen en la estimación del valor real del Recurso Humano.

Este control se realiza previo a la ejecución de la obra y toma en cuenta variables ambientales, sociales, culturales, económicos y tecnológicos inherentes a cada proyecto. Estos factores regulan la oferta y la demanda por mano de obra, ya que son éstos los que finalmente establece el costo por salarios.

Se tiene como punto de partida el **presupuesto y el cronograma de actividades**. El administrador del proyecto basado en estos datos y en su experiencia debe obtener el valor más cercano al valor de costo real de la actividad con un alto grado de certeza y que redunde en ahorros para la empresa.

Para la realización de este diseño se tomó como modelo la experiencia generada en la construcción de una piscina pedagógica.

Diseño de un Modelo de Cálculo para el Control de la Mano de Obra

CARLOS VILLALOBOS VILLALOBOS
PEDRO BARRANTES RAMIREZ

Julio del 2002

ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Contenido

PREFACIO.....	1
RESUMEN EJECUTIVO.....	2
INTRODUCCIÓN.....	4
METODOLOGÍA.....	5
RESULTADOS.....	6
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	15
CONCLUSIONES.....	20
REFERENCIAS.....	21

Prefacio

Históricamente en materia del Recurso Humano en construcción los trabajos realizados han girado en torno a la obtención de rendimientos por mano de obra que no siempre reflejan valores aplicables a cualquier obra, sino que son valores medidos en un momento y condiciones establecidas para un proyecto particular. El tiempo de ejecución de una actividad o tarea varía en relación directa al personal asignado para desempeñar la labor, por ende al estar subordinado al factor humano este tiempo esta influenciado por factores sociales, culturales, ambientales y tecnológicos. No es extraño notar que la estimación de costo por mano de obra basado en rendimientos no obedece siempre a la realidad.

El Diseño para el Control de Mano de Obra pretende ser una herramienta compatible con cualquier proyecto que relacione costo vrs. recurso humano, obedeciendo a las variables que cada proyecto tiene. El pensar en la homogeneidad de todos los proyectos constructivos respecto al costo de mano de obra puede llevar a errores de cálculo y consecuentemente a pérdidas de dinero; es por esto que se hace necesario identificar cada proyecto tomando en cuenta sus particularidades; utilizando una herramienta que permita identificar todas las variables presentes y una vez conocidas sacar provecho de ellas.

La importancia de contar con una herramienta como ésta radica en el hecho de que al convertirse la industria de la construcción en una actividad sumamente dinámica y en la que se maneja mucho dinero; requiere de utilizar todas aquellas técnicas que le faciliten mantenerse en el mercado e invariablemente desarrollarse. La empresa constructora que logre optimizar sus recursos se encontrará en una posición de ventaja con respecto a sus competidoras.

Queremos agradecer a las siguientes personas quienes hicieron posible la realización de este proyecto:

Ing. Eduardo Paniagua M.Sc. Profesor guía asignado a nuestro grupo por todos sus comentarios y sugerencias para la realización del proyecto.

Sr. Martín Carpio Técnico Programador por su asesoría en la preparación de la hoja electrónica.

Constructora COMAC S.A. Por permitirnos utilizar su experiencia como base para diseñar este proyecto.

Resumen ejecutivo

El tema para este proyecto surgió de la inquietud de los autores por buscar una solución a un problema muy común en las empresas constructoras ¿Cómo controlar el costo de la Mano de Obra en un proyecto?. Esta pregunta no es tan fácil de contestar si se toma en cuenta que el Recurso Humano se ve influenciado, como ya se dijo, en gran medida a factores sociales, culturales, ambientales y tecnológicos.

Si se toma en cuenta el rendimiento para una actividad determinada en un punto geográfico como Puntarenas se lograría comprobar que resulta diferente al que se lograría en Cartago, donde las condiciones atmosféricas resultan radicalmente opuestas. Si se tomara en cuenta como ejemplo los factores culturales se comprobaría que el rendimiento esperado en pueblos con índices de alcoholismo alto no es el mismo que en otros donde el efecto del alcohol no es tan significativo. En estos casos el profesional responsable debe valorar estos factores y a partir de esta investigación tomar las medidas preventivas.

La bibliografía¹ consultada sobre el tema dio como resultado conclusiones importantes, que se detallan a continuación:

- ❑ Varios trabajos realizados por diferentes autores consistentes en la mediciones de rendimientos que obedecen a condiciones características de un proyecto determinado, es decir, su medición se realizaron en un tiempo y lugar definido y enlazado a una cuadrilla determinada.
- ❑ Los rendimientos obtenidos no contemplan un factor de ajuste que permita ser utilizados bajo otra condiciones diferentes, es decir, no toma en cuenta factores inherentes a proyectos como lo son factores sociales, culturales, etc.

- ❑ Los estudios de rendimientos fueron obtenidos hace más de 10 años, por tanto no toma en cuenta los cambios que a sufrido la industria de la construcción como lo es la introducción de mano de obra extranjera, el surgimiento de nuevas tecnologías, la existencia de nuevos materiales y técnicas constructivas, etc.

Se detectó la imperiosa necesidad del mercado de la construcción de contar con una herramienta que permita conciliar los rendimientos históricos de mano de obra que maneja las empresas constructoras con los factores que afectan la productividad del insumo humano.

Para dar solución a la pregunta del cómo controlar la mano de obra se ideó utilizar un software de uso común en el medio; se eligió la hoja electrónica Excel.

Se estableció un factor de ajuste que resulta de una operación aritmética simple que toma en cuenta la jornadas ordinarias y extraordinarias dando como resultado un valor de precio por hora factorizado el cual se tomará como crítico y general para el cálculo de la duración de las actividades. Se aclara que el factor de ajuste no toma en cuenta las cargas sociales.

Definido el factor de ajuste los costos por mano de obra presupuestados se afectan por ese valor; teniéndose en cuenta el costo de la mano de obra y el precio crítico diario se obtiene los días necesarios para terminar la actividad. Este dato esta relacionado al recurso asignado para la ejecución de la actividad, es decir la cuadrilla a utilizar (de antemano se a definido la composición de la cuadrilla).

De igual forma se podría establecer las horas totales para terminar la actividad.

Obtenido la información de las duraciones, el paso a seguir es adicionar la experiencia profesional, es decir, se debe proponer el

¹ Práctica de especialidad. Autores varios

rendimiento histórico de la empresa el cual puede ser diferente al establecido de previo en el presupuesto; relacionando ambos datos se logra obtener un rendimiento ajustado a la realidad, es decir, que obedece a la realidad del proyecto. Como se podrá ver este valor ya toma en cuenta los factores que intervienen en la valoración de la mano de obra y resultan ser más cercanos a la realidad, esto por cuanto el profesional tiene elementos de juicio valederos en el momento y lugar de la ocurrencia del trabajo.

El rendimiento obtenido se define como un rendimiento histórico para el proyecto; obtenido este valor se logra deducir una duración de la actividad y su respectivo costo por mano de obra.

Es importante hacer notar que los resultados obtenidos no siempre resultan positivos para los intereses de la empresa; al sacar la relación entre los montos del presupuesto original y el monto histórico; el saldo resultaría positivo o negativo esto como reflejo de la cercanía abajo o arriba del monto presupuestado respecto al monto histórico por mano de obra.

Ya sea uno u otro la información obtenida resulta valiosísima, en vista que permite al responsable de la obra tomar las medidas preventivas incluso antes de que ocurra para revertir los saldos negativos a positivos.

Introducción

La administración de la construcción en Costa Rica ha experimentado un avance significativo por parte de las empresas constructoras en procura de maximizar los recursos con que se disponen; hoy día existen herramientas tecnológicas que hacen de la industria de la construcción una actividad muy competitiva y dinámica. El éxito de toda empresa radica en un uso eficiente de las herramientas que la tecnología pone a su disposición.

El proyecto que se propone a continuación es un intento por realizar un control eficiente del recurso humano en procura de sacar el mayor provecho al insumo humano.

El objetivo general es el de diseñar una herramienta para el control de mano de obra anterior a la ejecución, que tome en cuenta los factores ambientales, sociales, culturales, económicos y tecnológicos de cada lugar. Los factores mencionados en los objetivos generales, regulan la oferta y demanda del mercado en lo que se refiere a los salarios, por costumbres sociales, culturales, ambientales y tecnológicas. Se toma como punto de partida un salario base crítico, la jornada laboral y la previsión del pago por horas extras; con esta información se calcula los precios a pagar por salarios y se establece una relación entre presupuesto y los posibles gastos de la mano de obra, la información resultante será de suma importancia para la toma de decisiones.

Metodología

Para el análisis del control de la mano de obra de un proyecto, se ha elaborado un software basado en hojas electrónicas de Excel y macros con Editor Visual Basic. La página de entrada contiene un menú donde el usuario puede seleccionar entre varios botones la opción para introducir datos o bien extraer información. (Ver figura 1).



EXCEL

Figura 1 Menú de entrada

El primer botón se refiere a introducir los precios por hora del recurso humano, el segundo se anota la jornada diaria, además la jornada semanal o quincenal según convenga; la tercera se digita los datos de presupuesto, se escoge el tipo de recurso y cantidad requerida; la cuarta opción analiza el rendimiento de la mano de obra que se genero del presupuesto, se analiza estos datos y se anotan los cambios de estos rendimientos a criterio del profesional, de acuerdo a los factores culturales, sociales, ambientales, etc. El quinto botón se establece una comparación entre los costos generados de los rendimientos de presupuesto y los corregidos, el sexto elabora un gráfico. Para salir del software existe un botón en la parte inferior de la pantalla

Resultados

Al ingresar al programa y navegar por las distintas hojas, se introducen datos y se obtiene la siguiente información:

El primer paso, una vez accesado el programa es introducir los precios por hora del recurso humano; se digita el costo por hora sin incluir cargas sociales. El cuadro de diálogo ofrece la alternativa de escoger el tipo de moneda: en colones o en dólares. (Ver figura 2) .



EXCEL

Figura 2 Cuadro para la introducción de precio unitario por hora.

Estos precios unitarios están influenciados por la oferta y demanda del mercado, por factores ambientales, sociales, culturales, económicos y tecnológicos de cada lugar.

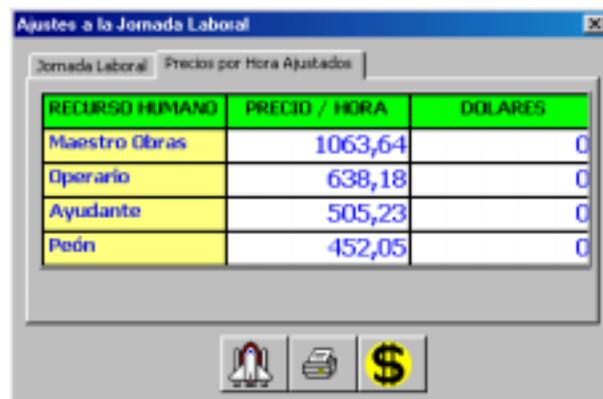
Como segundo paso se define la jornada laboral. Se muestra un cuadro de dialogo donde se debe escoger el tipo de jornada; el usuario debe anotar las horas de la jornada laboral diaria y las horas totales de la jornada semanal o quincenal según conveniencia del interesado. Se ha tomado en cuenta **un factor de ajuste** para salarios; se considera el pago de tiempo y medio después de las cuarenta y ocho horas laboradas semanalmente. **Ver figura 3).**



EXCEL

Figura 3. Cuadro de dialogo para definir el factor de ajuste para salarios.

En la figura 3 se observa una segunda lengüeta que muestra el nuevo precio por mano de obra afectado por el factor de ajuste; este resulta de la multiplicación de los precios por hora unitarios por el factor de ajuste. (Ver figura 4) .



EXCEL

Figura 4. Cuadro de dialogo para el ajuste de la jornada laboral.

Estos precios ajustados son los valores que se tomarán en adelante como el costo a pagar por hora y se tendrán como base para cálculos futuros.

El tercer paso es acceder a la hoja denominada datos de entrada de presupuesto original (ver figura 5); esta conformada por varias columnas detalladas de la siguiente manera:

Columna A y fila 1, tienen como título Recurso Humano; se llama así porque trata de visualizar que cantidad y tipo de personal se necesita de acuerdo al presupuesto.

Las columnas de la A a la N y filas del 3 al 10 son todos subtítulos relacionados con presupuesto.

En el margen superior izquierdo, columna A hay dos iconos, uno para regresar al menú principal y otro para una vista preliminar actualizada de los datos de presupuesto original.

En la **Columna A** se introduce todas las actividades del presupuesto a estudiar que involucre recurso humano.

En la **Columna B** se digita las cantidades o metraje de acuerdo a presupuesto.

En la **Columna C** se anota la unidad de metraje a usar.

En la **Columna D** se anota el costo total de mano de obra de la actividad de acuerdo al presupuesto.

En la **Columna E** se anota la cantidad de cuadrillas necesarias para terminar una actividad en un tiempo deseado y lógico.

En la **Columna F** se anota el recurso humano a utilizar según código establecido de 0 a 4; cada alternativa propone una cuadrilla a utilizar. Por ejemplo el código 0 recomienda utilizar uno o más peones; la cantidad a utilizar será digitando de acuerdo a al requerimiento de cada actividad. Se puede hacer estimaciones fraccionadas, por ejemplo se podría necesitar de un peón el 100% y otro un 50%, esto se logra anotando en cantidad de cuadrilla el número 1,5.

La **columna G** arroja información importante referida a la duración de la actividad en días, toma el costo de mano de obra de la actividad en presupuesto y lo divide por la siguiente combinación; el costo por hora de recurso humano, tomando en cuenta el factor de ajuste de salario real (horas extras), multiplicado por las horas trabajadas diarias (jornada laboral diaria) y la cantidad de cuadrillas. La cantidad de cuadrillas requerida permite terminar la actividad en menos tiempo.

En resumen de la columna A a la D contiene celdas para digitar actividades y cantidad de metraje de presupuesto, las columnas de E a la F se anota el recurso humano necesario y la

cantidad; las columnas de G a la N contienen una serie de fórmulas vinculadas con los datos de entrada, para proporcionar información importante. Ejemplo 1:

Colocación de formaleta de madera.

Costo en presupuesto: ¢45,900

Recurso humano a emplear:

Operario, precio: ¢600 p/Hr.

Ayudante, precio: ¢450 p/Hr.

Precio total ¢ 1,050 p/Hr.

Jornada laboral diaria: 10 hr.

Jornada laboral semanal: 55 hr.

Se paga tiempo y medio después de 48 hr.

Cálculo de jornada semanal incluyendo horas extras:

$(55 \text{ hr} - 48 \text{ hr}) = 7 \text{ hr} \times 1,5 = 10,5 \text{ hr}$

$10,5 + 48 = 58,5 \text{ hr. de jornada semanal}$

Factor de ajuste: $58,5 / 55 = 1,06$

Salario ajustado: $\text{¢}1,050 \times 1,06 = \text{¢} 1,113 \text{ p/Hr.}$

Salario diario: $\text{¢} 1,113 \text{ p/Hr.} \times 10 \text{ hr.} = \text{¢}11,130.$

Cálculo de duración por día:

Costo de presupuesto dividido entre salario diario:

$$\text{¢} 45,900 / 11,130 = 4,1 \text{ día}$$

La **Columna H** genera una duración en horas y este valor de horas resulta de multiplicar el dato de entrada de la jornada laboral diaria por la duración de la actividad en días.

Si se desea reducir la duración un 50% se logra colocando una cuadrilla adicional, siempre y cuando el trabajo lo permita; se debe cuidar el no sobrepasar el número de operarios ya que podría generarse efectos negativos.

Esta duración como es generada basándose en costos, queda sujeta a la experiencia del administrador del proyecto considerarla correcta o no. Para poder considerar que la información generada es correcta o no se procede a revisar la información de la columna I y L, aquí se obtiene rendimiento y costos por metraje que luego serán revisados con datos históricos de la empresa.

La **columna N** es de comprobación, el monto que aquí se indica debe ser igual al del costo del presupuesto; de darse esta situación se demostraría que el programa esta trabajando adecuadamente.

ACTIVIDADES	RENDIMIENTO PROGRAMADO	RENDIMIENTO HISTÓRICO	DIFERENCIAS PROGRAMADO HISTÓRICO	PRES. HISTÓRICO M3	SERIAL M3	SERIAL M3M3
FONDO						
12 Escavación	3.00 hrs AM3	2.00 hrs AM3	07.14 AM3	16,036.78	14.40	41.90 hrs
13 Ladrillo compactado	2.50 hrs AM3	1.00 hrs AM3	40.91 AM3	21,817.54	23.40	20.90 hrs
14 Fabricación y coloc. Acero	8.00 hrs Pq	3.00 hrs Pq	04.02 Pq	107,838.84	33.30	32.30 hrs
15 Madera	0.02 hrs AM3	0.00 hrs AM3	04.00 AM3	8,816.78	04.40	1.60 hrs
16 Formata madera forro de tela y Ladrillo compactado	0.00 hrs AM3	5.50 hrs AM3	1,707.00 AM3	664,715.50	03.40	40.41 hrs
17 Cemento 245 kg/m2	0.00 hrs AM3	8.00 hrs AM3	1,070.00 AM3	70,800.70	1.10	30.04 hrs
(3) PAREDES Y ORILLA						
18 Fabricación y coloc. Acero	0.00 hrs Pq	0.00 hrs Pq	00.02 Pq	61,896.20	01.40	00.40 hrs
20 Fabricación y coloc. Acero Ladrillo	0.00 hrs Pq	0.00 hrs Pq	00.02 Pq	62,789.80	01.40	00.40 hrs
21 Formata metal	0.07 hrs AM3	1.00 hrs AM3	1,707.00 AM3	77,960.80	01.40	30.04 hrs
22 Formata madera acero	0.02 hrs AM3	1.50 hrs AM3	1,707.00 AM3	62,814.20	01.40	00.40 hrs
23 Formata madera tela	0.10 hrs AM3	1.00 hrs AM3	1,707.00 AM3	1,817.42	01.40	0.00 hrs
24 Cemento 245 kg/m2 acero	0.00 hrs AM3	1.00 hrs AM3	0.00 AM3	37,800.00	04.40	1.00 hrs
25 Cemento 245 kg/m2 tela	0.00 hrs AM3	5.50 hrs AM3	0.00 AM3	35,735.00	06.40	3.00 hrs
26 Cemento 245 kg/m2 tela	1.00 hrs AM3	5.00 hrs AM3	0.00 AM3	16,712.00	32.40	3.30 hrs
27 Papeles alveolados pared	1.14 hrs AM3	1.00 hrs AM3	1,070.00 AM3	262,214.20	1.10	11.10 hrs
(4) INST. MECANICA						
AGUAS RESIDAS						
28 Agua riego	40.00 hrs Pq	40.00 hrs Pq	41,940.00 Pq	47,940.00	14.40	40.00 hrs
AGUA POTABLE						
29 Agua potable	20.00 hrs Pq	20.00 hrs Pq	20,962.20 Pq	20,962.20	20.40	20.00 hrs
DRENAJE FONDO PISCINA						
30 Escavación	3.00 hrs AM3	3.00 hrs AM3	1,208.71 AM3	40,914.20	23.40	23.00 hrs
31 Piedra caliza	1.00 hrs AM3	2.00 hrs AM3	00.14 AM3	10,030.37	04.40	0.00 hrs
32 Piedra gneissada	1.00 hrs AM3	2.00 hrs AM3	00.14 AM3	13,371.42	04.40	1.00 hrs
33 Acero	1.50 hrs AM3	2.00 hrs AM3	00.14 AM3	1,714.20	01.40	1.00 hrs
34 Piedra lava	1.50 hrs AM3	2.00 hrs AM3	00.14 AM3	9,428.57	04.40	0.00 hrs
35 Piedra arena	2.00 hrs AM3	2.00 hrs AM3	00.14 AM3	17,940.00	14.40	0.00 hrs
36 Tuberia	0.02 hrs MTS	0.70 hrs MTS	0.00 MTS	49,999.00	4.20	41.00 hrs
DRENAJE A PASEO						
37 Piedra gneissada	1.00 hrs AM3	2.00 hrs AM3	00.14 AM3	40,382.71	4.70	47.00 hrs
38 Tuberia	0.47 hrs MTS	0.70 hrs MTS	0.00 MTS	49,999.00	4.20	41.00 hrs
TOTALES				1,480,000.00		

EXCEL

Figura 6 Hoja para revisión de rendimientos.

La hoja de trabajo número cinco (figura 7), se llama **probabilidad** y tiene características de formato similar a la hoja anterior. La **columna A**, coloca el nombre de las actividades. La **columna B** es una vinculación de la hoja anterior; recopila los gastos de cada actividad y la sumatoria de estas. La **columna C** es la vinculación de la hoja anterior de los gastos provenientes de los rendimientos históricos de cada actividad y la sumatoria respectiva. La comparación de las dos columnas da origen a la **columna D**, la cual muestra los saldos producto de esta comparación; lo importante de destacar de esta columna es el identificar cuáles actividades son negativas, ver al final la sumatoria y analizar el resultado. Si la sumatoria resulta ser un número positivo es indicativo que el proyecto concluirá según lo programado y generará una utilidad; si por el contrario el valor resulta negativo es indicativo que se debe analizar el porqué del desfase en la programación y cuál es el faltante monetario, con ello se estará en capacidad de tomar las medidas correctivas con anticipación.

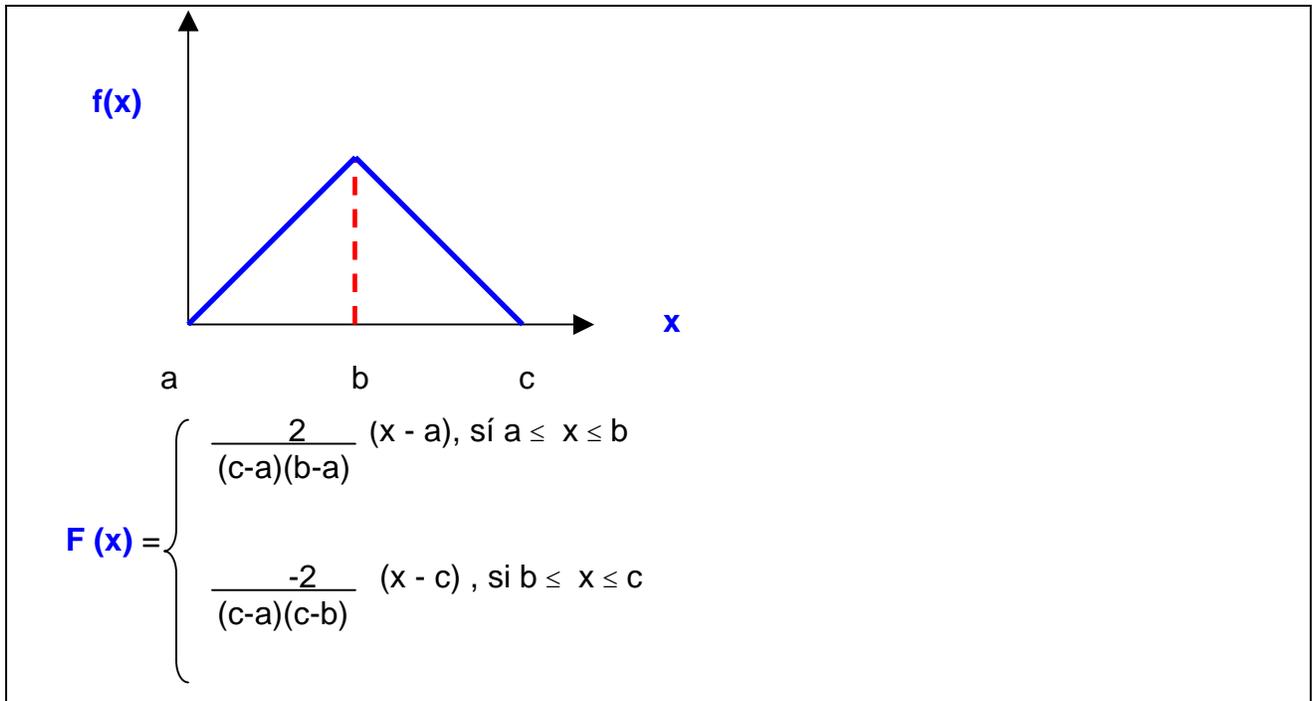
ACTIVIDADES	MONEDAS PRECIPITADAS	MONEDAS (40% FONCIOS) M.O.	SALDO PRECIP. VRS. NEGATIVO	PROBABILIDAD SALDOS POSITIVOS (50%)	PROBABILIDAD SALDOS POSITIVOS (25%)	PROBABILIDAD SALDOS NEGATIVOS (15%)
PRELIMINARES						
Trabajo	4,176.00	12,308.88	-3,222.88	-3,222.88	-3,222.88	-3,768.38
FONDOS						
Conexión	34,171.00	21,305.47	32,871.61	6,435.79	-3,217.85	3,217.85
Ladrillo compactado	76,580.00	33,044.25	82,857.58	26,329.75	13,164.88	13,164.88
Fabricación y coloc. Acero	213,198.00	89,336.43	95,193.45	7,876.23	3,788.36	3,788.36
Muestreo	1,054.00	8,376.81	-5,485.61	-5,485.61	-5,485.61	-6,285.45
Puerta/ventanada borde locas y pinta cement. piso	46,367.72	83,650.05	-37,322.33	-37,322.33	-37,322.33	-43,288.88
Concreto 245 kg/m ³ pared	14,128.75	14,236.84	57,188.26	28,583.13	14,281.57	
PAREDES Y OFERTA						
Fabricación y coloc. Acero	87,784.27	82,371.24	9,588.81	2,784.61	1,387.61	1,387.61
Fabricación y coloc. Acero acero	87,582.27	82,880.84	8,343.84	2,671.82	1,335.91	1,335.91
Formación mural	34,756.62	71,781.28	-43,818.59	-43,818.59	-43,818.59	-45,462.17
Formación/ventanada acero	37,275.79	41,351.38	-23,877.39	-23,877.39	-23,877.39	-27,458.26
Puerta/ventanada lámpa	1,687.96	7,095.08	-3,437.84	-3,437.84	-3,437.84	-3,952.88
Concreto 245 kg/m ³ pared	36,232.37	29,730.08	32,477.63	12,477.63	12,477.63	14,249.27
Concreto 245 kg/m ³ acero	82,182.08	76,320.78	34,188.76	14,188.76	14,188.76	16,382.58
Concreto 245 kg/m ³ rampa	31,172.81	37,349.63	-6,172.79	-6,172.79	-6,172.79	-7,098.68
Repele alzado pared	286,548.28	253,885.38	33,491.89	16,745.95	8,372.75	8,372.75
AGUAS NEGRIAS						
Agua entrec	56,886.00	47,388.00	3,388.00	4,888.00	2,345.00	2,345.00
AGUAS POTABLES						
Agua potable	30,891.00	29,862.58	1,828.58	618.28	287.13	287.13
DRENAJE FONDO PISCINA						
Conexión	81,236.78	47,781.00	8,488.88	4,784.45	2,378.23	2,378.23
Piedra frisa	6,946.00	93,932.58	-894.58	-894.58	-894.58	-1,143.68
Piedra quebrada	11,268.00	14,586.28	-1,326.88	-1,326.88	-1,326.88	-1,524.58
Asfalta	1,788.00	1,870.00	-178.00	-178.00	-178.00	-158.58
Piedra frisa	8,788.00	93,285.00	-835.00	-835.00	-835.00	-1,076.25
Batida arena	22,222.22	15,780.00	3,827.22	1,781.11	888.88	888.88
Tuberías	80,088.00	45,885.00	36,335.98	8,187.98	4,083.75	4,083.75
DRENAJE A PARED						
Piedra quebrada	34,086.00	43,847.00	-3,395.88	-3,395.88	-3,395.88	-4,204.25
Tuberías	21,086.00	49,685.00	-18,885.88	-18,885.88	-18,885.88	-19,164.75
TOTALES	1,427,610.42	1,399,222.94	28,388.87	-87,679.88	-138,125.51	-567,176.81
SIMULACION POSIBLE UTILIDAD	OPTIMISTA	PROMEDIO	PESEMISTA	R1	R2	UTILIDAD
	28,388.87	-89,892.11	-167,379.81	0.245747904	0.731408249	192,438.88

Figura 7 Hoja para revisión de Probabilidades

EXCEL

Las siguientes columnas son para uso de la probabilidad; la **columna E** asume valores que provienen de sacar el 50% a todos los saldos positivos provenientes de la **columna D** como posible utilidad y los valores negativos quedan sin variación. El mismo concepto se aplica a la **columna F**, solamente que esta vez se toma el 25% de los saldos positivos. Para la **columna G** se tomó el criterio de aplicar un aumento a todo

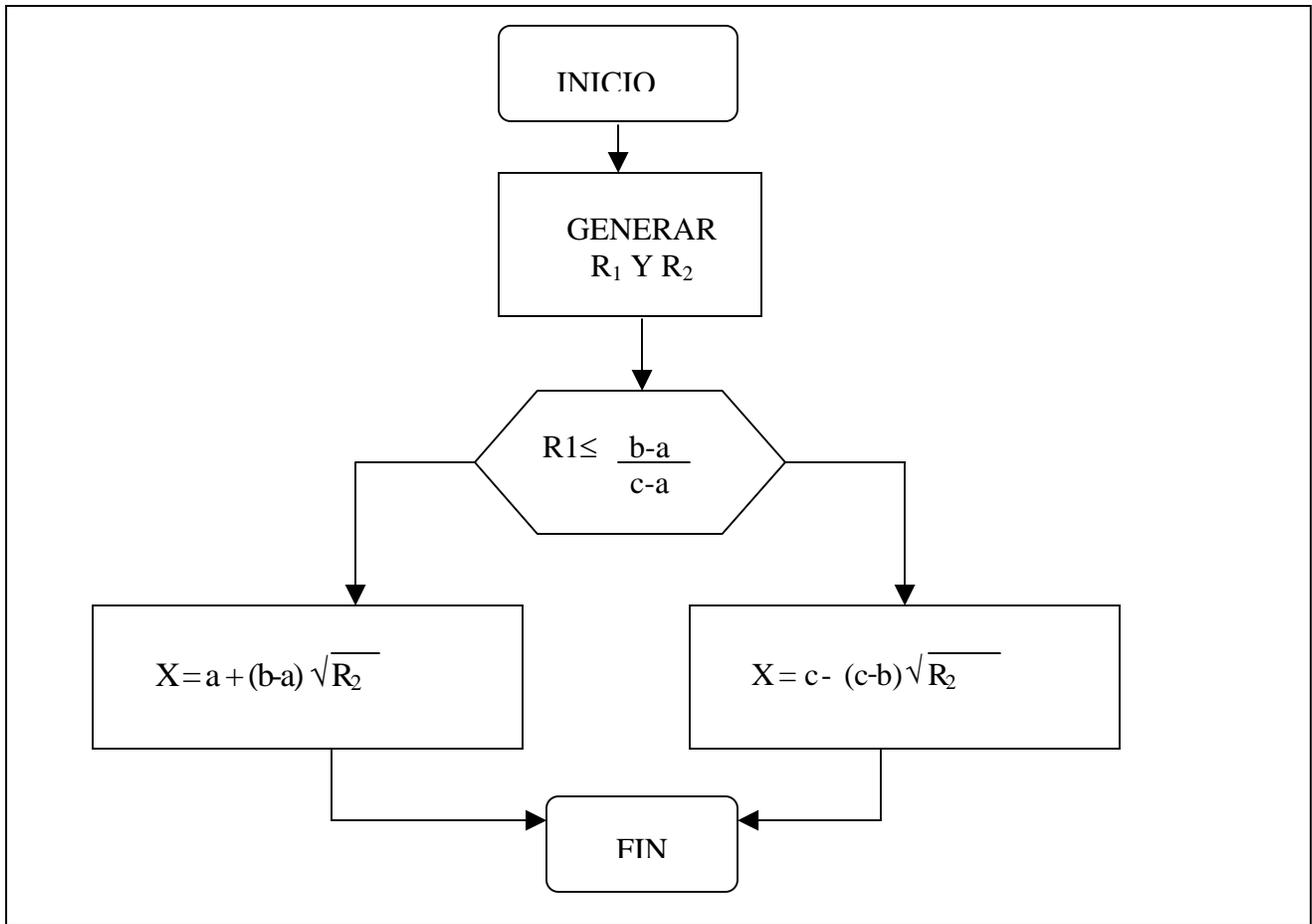
saldo negativo en la **columna F** de un 15% y los saldos positivos se mantienen invariables. ¿Por qué se tomo este criterio?. La idea es tomar valores probables de ocurrencia que induzcan una distribución triangular. Se toman tres valores: **un valor máximo(c), un promedio(b) y un mínimo(a)**. Definidos estos valores se podrá aplicar el siguiente modelo:



M.S. WORD

Figura 8. Distribución triangular de datos para realizar simulación

La distribución triangular permite generar y ejecutar en Excel **una simulación**; para ello se necesita de la **columna D**, esta suministra un resultado llamado **optimista**, la **columna de D a G** origina el resultado **promedio** y la **columna G** origina el **pesimista**. Se introducen dos variables llamadas **R1 y R2** que son valores aleatorios que están en el intervalo de 0 a 1; su función es darle oportunidad a todos los datos de ser escogido, y funciona directamente mediante el siguiente diagrama de flujo:



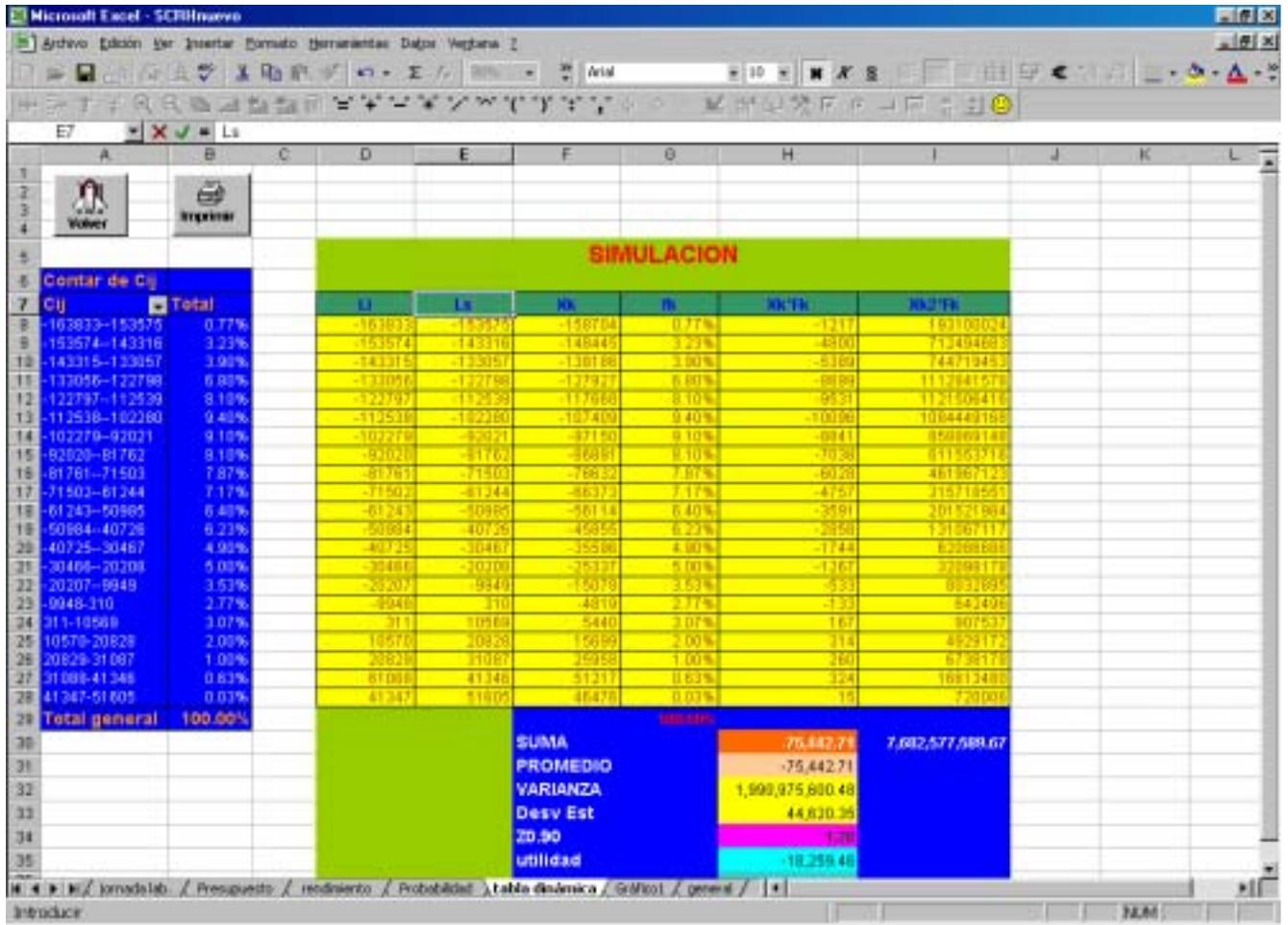
M.S. WORD

Figura 9. Diagrama de flujo para el cálculo de la simulación

La hoja electrónica al final de la columna G, aparece el título de utilidad, suministra un valor positivo o negativo. Con este valor ejecuta una macro, que provee un muestreo de 3000 datos. Estadísticamente este muestreo o porción de la población debe ser aleatorio y lo más representativo de la población, es decir entre más grande sea la muestra menor es el grado de error.

El paso siguiente es hacer una distribución de frecuencias, que es ordenar los datos en clases o categorías, luego mostrar para cada una de ellas el número de elementos que contiene o la frecuencia. Este paso se lleva a cabo construyendo una tabla dinámica (figura N° 8), toma los valores, los agrupa y en otra columna los contabiliza porcentualmente.

Se debe prepara una tabla de frecuencias con la siguiente información, en la columna D suministra los límites inferiores, en la E los límites superiores, en la F calcula el punto medio de los límites, en la G la frecuencia relativa, en H ejecuta el producto del punto medio por la frecuencia relativa, y en la I eleva la potencia al cuadrado al punto medio de los límites y los multiplica por la frecuencia relativa. Luego se procede a calcular el promedio, la varianza, la desviación estándar y con una certeza de un 90% cual sería la posible utilidad o gasto adicional si se incrementa el factor tiempo, producto de la relación de gastos de las actividades dividido entre los costos de recurso humano.



EXCEL

Figura 10 Hoja de la distribución de las frecuencias

Finalmente tenemos un gráfico de la distribución de las frecuencias en las coordenadas del eje Y se grafica la frecuencia relativa y en el eje X los intervalo de los límites. En gráfico se actualiza cada vez que se ejecute la simulación, y se

puede observar las diferentes formas que toma, por ejemplo puede ser asimétrica, sesgada a la derecha, sesgada a la izquierda y otras.

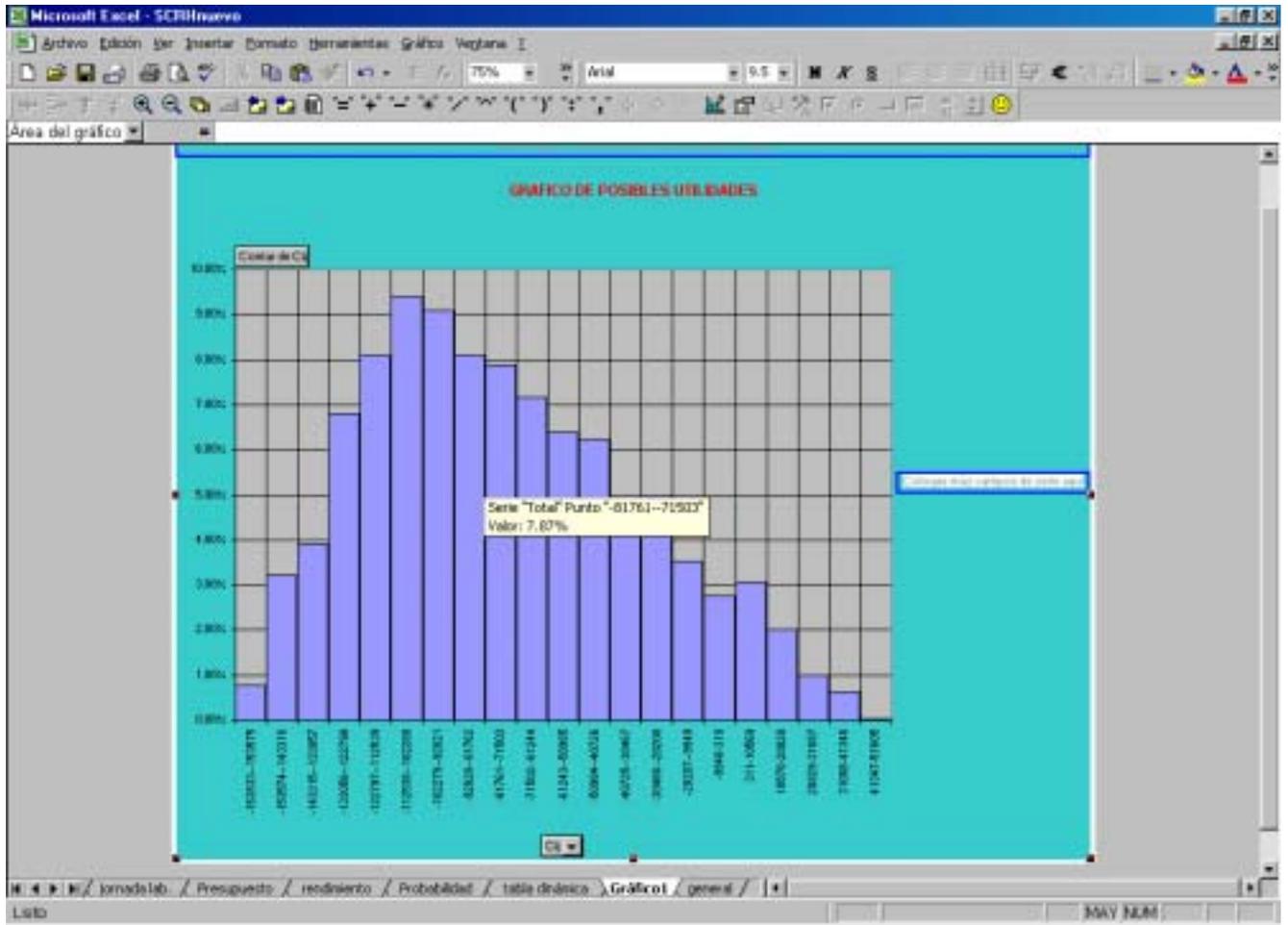


Figura 11. Gráfico de la distribución de las frecuencias

EXCEL

Análisis de los resultados

Para comprobar la eficiencia del software presentado se propone su aplicación a un caso concreto y el proyecto seleccionado es la construcción de un complejo de piscinas pedagógicas.

Los factores que influyen en la duración de las actividades de un proyecto son la duración de la jornada laboral, ya que no es lo mismo laborar 10 horas que 8 horas diarias. Si se trabaja menos tiempo indica que la producción es menor y por lo tanto el lapso de tiempo para terminar una actividad se alarga. Un ejemplo sería analizar la actividad de colocado de piezas cerámicas.

Un día de 10 horas laboradas se produce treinta metros cuadrados (30 m²) de colocación de cerámica, lo que implica un rendimiento de tres metros cuadrados por hora (3 m² / hrs.).

Si se trabaja 8 horas se produce veinticuatro metros cuadrado (24 m²) de colocación de cerámica, lo que demuestra la teoría: a menor tiempo laborado menor producción.

Si se desea colocar ciento cincuenta metros cuadrado (150 m²) en un proyecto.

El Recurso Humano que produce treinta metros cuadrados (30 m²), durará en la actividad cinco días (5 días.), este resultado es simplemente la operación aritmética definida como la división entre la cantidad total a colocar y la producción del recurso humano diario.

El Recurso Humano que produce veinticuatro metros cuadrados (24 m²), durará en la actividad seis punto veinticinco días (6.25 días.). De estas operaciones aritméticas se concluye que a, mayor cantidad de horas laboradas, mayor producción se obtendrá y por consiguiente menor tiempo de duración tendrá la actividad.

El siguiente paso es definir el total de horas laboradas semanalmente incluyendo el pago de horas extraordinarias después de 48 hrs. Esto implica un incremento en el pago de salarios.

Ejemplo: se trabaja jornada de cincuenta y cinco horas (55 hr.) semanales, implica el pago de siete horas (7 hr.) a tiempo y medio; equivale a pagar

diez y media hora (10.5hr) adicional a las cuarenta y ocho horas (48 hrs.), para un total de cincuenta y ocho horas semanales (58.5 hr.).

El factor de ajuste es la división de las horas totales afectadas con el tiempo extraordinario entre las horas ordinarias (58.5 / 55 = 1.063); se obtiene un incremento en los salarios en seis punto tres por ciento (6.3%).

Un operario gana la hora a seiscientos cincuenta colones (¢650/hr.) se incrementa a seiscientos noventa y un colones con treinta y seis céntimos (¢691.36hr.).

Trabajando diez horas diarias significa un costo de seis mil novecientos trece colones con sesenta céntimos (¢6,913.60 / día).

Si se sabe lo que gana un operario diariamente, se necesitará del costo total de la actividad, para generar la duración de la actividad.

Ejemplo:

El costo de una actividad es de cincuenta y cuatro mil quinientos colones (¢54,500).

El costo del salario por día del operario es de seis mil novecientos trece colones con sesenta céntimos (¢6,913.60 / día).

La duración es la división entre costo total de la actividad y el salario diario del operario (¢54,500 / ¢6,913.67 = 7,88 días), dando como resultado siete punto ochenta y ocho días de duración de la actividad.

¿Que pasa si trabaja 8 horas diarias y 48 horas a la semana?

En este caso no se aplica el factor de ajuste en el precio por hora. Lo que significa un costo del salario por día de 650 colones para una jornada de 8 horas (8 x ¢650= ¢5,200), obteniendo un salario de cinco mil doscientos colones diarios, costo menor respecto a la jornada de diez horas.

La nueva duración se calcula dividiendo de nuevo el costo total de la actividad entre el nuevo salario diario del operario (¢54,500 / ¢5,200 = 10,48 días), obteniéndose diez punto cuarenta y ocho días.

Se concluye que el que gana un mayor salario será el operario que realice una actividad en el menor tiempo posible.

Al introducir la información en la hoja de presupuesto se analiza el tipo de recurso humano y la cantidad necesaria para llevar a cabo el proyecto. (ver cuadro1, columnas E y F)

Además del cuadro se puede extraer los datos de duración de actividades de acuerdo al presupuesto original; con esta información conocida se logra detectar que tan alejado de la realidad esta el dato del presupuesto.

ACTIVIDADES	CANT	UNES	MONTO	CANTIDAD	ESCUJA	DURAC	DURAC	PENORMENTO	COSTO	COLUMNA
			M.O.	COADRIILLAS	RECURSO HUMANOS	DIAS	HORAS	PRESUPUESTO	METRAJE	COMPOSICION
1) PRELIMINARES										
Trazo	52.00	M2	5.170	costo 1.00	Recurso 3.0	208.7	2087.16	6.510	1758	9.178.00
2) FUNDACIONES										
FUNDO										
Excavación	22.70	M3	34.172	costo 2.00	Recurso 0.0	1348.7	13486.96	1194.57	1508.08	34.171.00
Lustrado compactado	51.60	M3	76.580	costo 2.00	Recurso 0.0	3346.2	33461.54	1194.57	1508.08	76.580.00
Fabricación y coloco. Asero	3093.57	Kg	213.790	costo 1.00	Recurso 3.0	8728.9	87286.71	22.04	76.08	213.749.00
Mazacote	85.80	M2	3.514	costo 1.00	Recurso 3.0	116.6	1166.28	1.28	23.14	3.514.00
Formado malla a bordo fresa y junta monolítico	66.90	M2	66.920	costo 1.00	Recurso 3.0	1440.0	14400.29	296.36	779.13	66.927.72
Concreto 240 kg/m3	40.17	M3	161.243	costo 2.00	Recurso 0.0	859.4	8593.82	232.71	3349.38	161.242.70
3) PAREDES Y DRENAJE										
Fabricación y coloco. Asero	1263.44	Kg	87.758.3	costo 1.00	Recurso 3.0	2761.1	27608.81	21.87	64.48	87.758.27
Fabricación y coloco. Asero acera	803.86	Kg	67.842.3	costo 1.00	Recurso 3.0	2130.0	21300.89	22.23	76.69	67.842.23
Formado malla	43.84	M2	34.791	costo 2.00	Recurso 3.0	147.1	1470.58	248.57	292.27	34.798.62
Formado malla a acera	23.20	M2	17.274	costo 1.00	Recurso 3.0	842.9	8428.99	234.42	34.96	17.273.78
Formado malla a tarrajeo	4.80	M2	3.858	costo 1.00	Recurso 3.0	19.2	191.79	287.81	34.44	3.857.38
Concreto 240 kg/m3 pared	4.80	M3	16.232	costo 2.00	Recurso 0.0	76.9	767.88	246.76	339.17	16.232.37
Concreto 240 kg/m3 acera	12.36	M3	42.162	costo 3.00	Recurso 0.0	191.2	1912.26	289.51	3394.23	42.162.00
Concreto 240 kg/m3 tarrajeo	2.80	M3	11.170	costo 2.00	Recurso 0.0	62.2	621.66	269.72	1892.73	11.172.53
Repeleó alivado pared	214.80	M2	286.846.0	costo 3.00	Recurso 3.0	3097.3	30973.51	421.58	3339.08	286.846.00
4) INST. MECANICA										
AGUAS NEGRIAS										
Agua negra	1.00	GL	56.880	costo 1.00	Recurso 3.0	1794.6	17945.58	17945.58	56.880	56.880.00
AGUA POTABLE										
Agua potable	1.00	GL	38.591	costo 1.00	Recurso 3.0	862.2	8612.81	8612.81	38.591	38.591.00
5) DRENAJE FONDO PIEDRA										
Emasado	21.20	M3	63.238.8	costo 4.00	Recurso 0.0	1368.0	13686.88	1368.32	3796.38	63.238.30
Piedra lavada	11.70	M3	8.945.0	costo 4.00	Recurso 0.0	180.0	1800.08	676.32	858.08	8.945.00
Piedra quebrada	15.60	M3	13.268.0	costo 4.00	Recurso 0.0	284.0	2840.08	676.32	858.08	13.268.00
Arera	2.80	M3	1.708.0	costo 4.00	Recurso 0.0	33.0	330.48	676.32	858.08	1.708.00
Relevo de tierra	11.80	M3	3.358.0	costo 4.00	Recurso 0.0	182.0	1821.54	676.32	858.08	3.358.00
Borneros	20.80	M3	22.222.2	costo 4.00	Recurso 0.0	442.4	4424.33	684.72	1111.11	22.222.22
Taberlar	60.80	M2	66.808.0	costo 1.00	Recurso 3.0	2070.0	20709.36	346.31	1368.08	66.808.00
6) DRENAJE A PARED										
Piedra quebrada	47.80	M3	29.958.0	costo 2.00	Recurso 0.0	1380.0	13813.98	676.32	858.08	29.958.00
Taberlar	60.80	M2	20.800.0	costo 1.00	Recurso 3.0	1020.0	10209.36	172.07	858.08	23.888.00
TOTAL			5.427.610.4							5.427.610.4

Cuadro 1 Hoja para revisión de recurso humano.

Con el cuadro 2 se logra visualizar los rendimientos del presupuesto original. Para esto se requiere tener además los rendimientos históricos de la empresa, esto para obtener un nuevo costo de presupuesto y a la vez se genera una nueva duración de las actividades. Al final se obtiene un costo total definitivo donde se analizan todos los factores involucrados en la estimación. Si el análisis muestra que el

rendimiento histórico es mayor al del presupuesto, indica que existe un faltante de tiempo para terminar la actividad; por lo tanto el recurso humano consume un gasto financiero mayor al existente, generando una pérdida monetaria en los costos directos y consecuentemente podría poner en riesgo la programación en cuanto a tiempo esperado de conclusión de la actividad, por lo tanto atrasaría

la entrega del proyecto. Es por ende importante este análisis para lograr así tomar las medidas correctivas que correspondan. Si la diferencia muestra que el rendimiento histórico es menor al del presupuesto, se tendrá

un margen positivo a favor del constructor; margen que equilibraría aquellas actividades faltantes de recursos económicos.

ACTIVIDADES	RENDIMIENTO PRESUPUESTO	RENDIMIENTO HISTÓRICO	COSTO UNITARIO HISTÓRICO	PRES HISTÓRICO M.O	DIFER. DIAL.	DIFER. HORAS
FONDO						
Excavación	2.50 hrs. MO	2.00 hrs. MO	857.14 MO	19,526.78	4.0 dia	455 hrs
Ladrillo compactado	3.00 hrs. MO	1.00 hrs. MO	420.00 MO	21,002.14	2.0 dia	200 hrs
Fabricación y coloc. Acero	0.06 hrs. MO	0.06 hrs. MO	64.32 MO	197,836.84	0.0 dia	97.06 hrs
Muestro	0.02 hrs. MO	0.05 hrs. MO	50.00 MO	8,948.78	0.0 dia	7.59 hrs
Formas de madera borde lisa y junta con el piso	0.06 hrs. MO	1.50 hrs. MO	1,971.06 MO	194,215.18	0.0 dia	80.42 hrs
Concreto 245 lgic2	0.89 hrs. MO	0.50 hrs. MO	1,875.00 MO	79,068.25	1.5 dia	92.64 hrs
3) PAREDES Y ORELLA						
Fabricación y coloc. Acero	0.06 hrs. MO	0.06 hrs. MO	64.32 MO	81,888.25	0.0 dia	81.89 hrs
Fabricación y coloc. Acero acero	0.06 hrs. MO	0.06 hrs. MO	64.32 MO	82,296.88	0.0 dia	82.08 hrs
Formas de metal	0.87 hrs. MO	1.50 hrs. MO	1,971.06 MO	77,583.86	0.0 dia	32.08 hrs
Formas de madera acero	0.83 hrs. MO	1.50 hrs. MO	1,971.06 MO	41,914.29	0.0 dia	34.38 hrs
Formas de madera metal	0.79 hrs. MO	1.50 hrs. MO	1,971.06 MO	7,871.43	0.0 dia	6.00 hrs
Concreto 245 lgic2 pared	0.80 hrs. MO	1.50 hrs. MO	1,825.00 MO	27,069.88	0.0 dia	3.69 hrs
Concreto 245 lgic2 acero	0.80 hrs. MO	1.50 hrs. MO	1,825.00 MO	71,775.88	0.0 dia	6.28 hrs
Concreto 245 lgic2 soporte	1.33 hrs. MO	1.50 hrs. MO	1,825.00 MO	16,312.88	0.0 dia	2.19 hrs
Replazo armado pared	1.14 hrs. MO	1.00 hrs. MO	1,195.00 MO	252,214.29	1.0 dia	71.00 hrs
4) INST. MECANICA						
AGUAS NEGRAS						
Agua negra	40.00 hrs. G/L	40.00 hrs. G/L	47,142.86 G/L	47,142.86	4.0 dia	40.00 hrs
AGUA POTABLE						
Agua potable	25.00 hrs. G/L	25.00 hrs. G/L	28,428.57 G/L	28,428.29	2.5 dia	25.00 hrs
DRENAJE FONDO PISCINA						
Excavación	3.00 hrs. MO	3.00 hrs. MO	1,285.71 MO	40,114.29	0.0 dia	23.48 hrs
Piedra bruta	1.00 hrs. MO	2.00 hrs. MO	857.14 MO	10,828.57	0.0 dia	5.05 hrs
Piedra quebrada	1.50 hrs. MO	2.00 hrs. MO	857.14 MO	63,371.43	0.0 dia	1.08 hrs
Altera	1.00 hrs. MO	2.00 hrs. MO	857.14 MO	1,714.29	0.0 dia	1.08 hrs
Moleno tierra	1.00 hrs. MO	2.00 hrs. MO	857.14 MO	9,428.57	0.0 dia	5.59 hrs
Dobar barra	2.50 hrs. MO	2.00 hrs. MO	857.14 MO	17,142.86	1.0 dia	9.00 hrs
Tubería	0.47 hrs. MFS	0.70 hrs. MFS	820.00 MFS	49,588.89	4.2 dia	82.00 hrs
DRENAJE A PARED						
Piedra quebrada	1.50 hrs. MO	2.00 hrs. MO	857.14 MO	40,285.21	1.7 dia	43.00 hrs
Tubería	0.47 hrs. MFS	0.70 hrs. MFS	820.00 MFS	49,588.89	4.2 dia	82.00 hrs
TOTALES				1,282,962.29		

Cuadro 2 Hoja para revisión de Rendimientos.

EXCEL

En el cuadro 3 llamado probabilidad se genera un saldo de actividades provenientes de comparar los costos de presupuesto vrs. el costo histórico de mano de obra. De aquí se extrae los datos positivos y negativos resultantes de los análisis anteriores; es decir, cuáles valores son favorables y cuales no tan favorables. Conociendo estos valores se logra equilibrar el costo de cada actividad buscando maximizar los recursos. Con esta información el responsable de la obra puede logra saber con certeza si se ha logrado alcanzar una ganancia y el monto de dicha ganancia. Como se observa en el cuadro 3, columna D de la suma de actividades se reporta

un monto positivo de \$45.108; este valor se espera obtener siendo optimista. Se toma la previsión de tomar en cuenta dos situaciones más que podrían resultar del análisis: **un valor pesimista y un valor promedio**. Estos valores están sujetos al criterio del profesional. Con estos tres valores y aplicando un análisis probabilístico se obtiene una utilidad que se traduce en un dato estadístico; la obtención de más datos da como resultado un valor cercano al real, es por esto recomendable seleccionar la mayor cantidad de datos posibles.

	MONTO PRESUPUESTO	MONTO HISTÓRICO M.O.	VALOR PROM. VOS HISTÓRICO	PROBABILIDAD SALDOS POSITIVOS DISTRIBUYA	PROBABILIDAD SALDOS POSITIVOS DISTRIBUYA	PROBABILIDAD SALDOS NEGATIVOS AUMENTO
OBRA GRIS PISCINA PEDAGÓGICA						
1) PRELIMINARES						
11) Trazo	3.176,00	3.575,71	2.984,29	1.492,14	746,07	746,07
2) FUNDACIONES						
21) FONDO						
Excavación	34.171,00	15.526,78	14.885,99	7.222,54	3.611,27	3.611,27
Ladrillo cortapiedra	76.399,00	21.257,14	54.842,96	27.221,43	13.610,71	13.610,71
Fabricación y coloc. Azero	311.794,00	167.326,54	15.453,24	7.726,62	3.863,31	3.863,31
Módulo	3.214,00	3.346,70	3.433,79	1.716,89	858,44	858,44
Formateo madera borde losa y junta cortapiedra	49.297,50	64.245,19	-58.297,44	-29.148,72	-14.574,36	-14.574,36
Concreto 245 kg/cm ²	941.242,70	72.981,75	65.173,90	31.066,95	15.533,47	15.533,47
3) PAREDES Y ORILLA						
31) Fabricación y coloc. Azero	41.729,27	41.299,25	5.861,00	2.930,50	1.465,25	1.465,25
Fabricación y coloc. Azero azero	87.342,27	62.282,00	5.351,47	2.775,74	1.387,87	1.387,87
Formateo metal	34.729,00	71.592,00	-42.732,04	-21.366,02	-10.683,01	-10.683,01
Formateo madera azero	11.275,70	41.204,29	-25.749,59	-12.874,77	-6.437,38	-6.437,38
Formateo madera atapa	2.097,96	2.071,43	-5.413,47	-2.706,73	-1.353,36	-1.353,36
Concreto 245 kg/cm ² asent	6.238,37	27.989,00	-18.797,55	-9.398,77	-4.699,38	-4.699,38
Concreto 245 kg/cm ² azero	42.752,00	71.729,00	-29.845,90	-14.922,95	-7.461,47	-7.461,47
Concreto 245 kg/cm ² campo	11.712,50	8.312,50	-5.199,57	-2.599,78	-1.299,89	-1.299,89
Revoque alveado pared	189.244,00	252.242,29	94.331,71	47.165,85	23.582,92	23.582,92
4) INST. MECÁNICA						
AGUAS RESIDAS						
Agua negra	56.688,00	47.142,00	5.597,14	2.798,57	1.399,28	1.399,28
AGUA POTABLE						
Agua potable	4.029.100,00	23.444,29	1.195,71	597,85	298,92	298,92
DRENAJE FONDO PISCINA						
Emasillado	50.208,00	40.134,29	15.184,61	7.592,30	3.796,15	3.796,15
Piedra bruta	4.245,00	3.029,07	-49,57	-24,78	-12,39	-12,39
Piedra quebrada	10.264,00	13.271,42	-111,45	-55,72	-27,86	-27,86
Grava	1.718,00	1.714,29	-14,29	-7,14	-3,57	-3,57
Refractario	6.254,00	8.429,07	-24,57	-12,28	-6,14	-6,14
Baterías	62.204,00	17.132,06	5.629,57	2.814,78	1.407,39	1.407,39
Tableros	84.000,00	49.000,00	16.500,00	8.250,00	4.125,00	4.125,00
DRENAJE A PARED						
Piedra quebrada	39.364,00	40.299,71	445,71	222,85	111,42	111,42
Tableros	21.204,00	49.000,00	-16.500,00	-8.250,00	-4.125,00	-4.125,00
TOTALES	1.427.618,41	1.361.747,25	48.189,17	-79.742,50	-39.871,21	-39.871,21
SIMULACION POSIBLE UTILIDAD	OPTIMISTA	PROMEDIO	PESEMISTA	R1	R2	UTILIDAD
	48.189,17	-185.756,25	-148.288,33	0,4401017	0,4611000	-99,63110

EXCEL

Cuadro 3 Hoja para revisión de Probabilidades.

Para el cálculo de la utilidad se tomaron 3000 datos. Estos datos permiten, por medio de las herramientas estadísticas, hacer una distribución de frecuencias u ordenamiento de datos en clases o categorías que muestran para cada uno de ellos el número de elementos que contiene la frecuencia.

Con esto en mente se propone una Simulación tomando en cuenta el ordenamiento de los 3000

datos en una Tabla dinámica. Es en este punto donde la información es procesada dando como resultado el promedio, la desviación estándar y finalmente la utilidad con una certeza del 90%.

(ver cuadro 4)

El gráfico que resulta de esta estadística ilustra en buena forma el comportamiento del muestreo.

Microsoft Excel - SCRHNuevo

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana ?

E7

		SIMULACION						
Contar de Cij	Cij	Total	Li	Ls	Nk	Nl	Nk*Ti	Nl*Ti
	-163873--153575	0.77%	-163873	-153575	-158704	0.77%	-1217	163109024
	-153574--143316	3.23%	-153574	-143316	-148445	3.23%	-4800	753494685
	-143315--133057	3.90%	-143315	-133057	-138186	3.90%	-5189	744719483
	-133056--122798	6.80%	-133056	-122798	-127927	6.80%	-9889	1112841578
	-122797--112539	8.10%	-122797	-112539	-117868	8.10%	-9531	1121508418
	-112538--102280	9.40%	-112538	-102280	-107409	9.40%	-10090	1084449189
	-102279--92021	9.10%	-102279	-92021	-97150	9.10%	-8841	858869188
	-92020--81762	8.10%	-92020	-81762	-86891	8.10%	-7038	811553718
	-81761--71503	7.87%	-81761	-71503	-76632	7.87%	-6029	481967123
	-71502--61244	7.17%	-71502	-61244	-66373	7.17%	-4757	315718553
	-61243--50985	6.40%	-61243	-50985	-56114	6.40%	-3591	201521884
	-50984--40726	6.23%	-50984	-40726	-45855	6.23%	-2958	131967117
	-40725--30467	4.90%	-40725	-30467	-35596	4.90%	-1744	62686888
	-30466--20208	5.00%	-30466	-20208	-25337	5.00%	-1261	3288178
	-20207--9949	3.53%	-20207	-9949	-15078	3.53%	-533	833285
	-9948--110	2.77%	-9948	110	-4819	2.77%	-133	842496
	11--10569	3.07%	11	10569	5440	3.07%	167	807537
	10570--20828	2.00%	10570	20828	15699	2.00%	114	4929173
	20829--31087	1.00%	20829	31087	25958	1.00%	260	6738178
	31088--41346	0.63%	31088	41346	31217	0.63%	324	18813488
	41347--51605	0.03%	41347	51605	36476	0.03%	19	72008
Total general	100.00%					100.00%		
						SUMA	76,442.71	7,682,577,589.67
						PROMEDIO	-75,442.71	
						VARIANZA	1,999,975,600.48	
						Desv Est	44,630.36	
						Z0.90	1.38	
						utilidad	-18,258.41	

Introducir

EXCEL

cuadro 4 Datos para simulación y obtención de utilidad

Conclusiones

Con el desarrollo de este proyecto se cumplieron los objetivos planteados y se logró desarrollar un software que facilitará un mejor control de la mano de obra en proyectos constructivos.

Los logros obtenidos con este proyecto se enumeran de la siguiente manera:

- ✓ Se crea un programa que toma en cuenta los factores que afectan el recurso humano como lo son: los factores sociales, culturales, económicos, ambientales y tecnológicos
- ✓ Definición de un código para definición de cuadrillas que permite hacer estimaciones fraccionadas con respecto a mano de obra.
- ✓ Crear una herramienta que logra controlar la duración de las actividades de un proyecto basado simplemente en el costo de la actividad del presupuesto original contra el costo del recurso humano.
- ✓ Revisión de rendimientos por medio de una relación entre presupuesto original vrs. presupuesto histórico.
- ✓ Definición de puntos de equilibrio entre costos positivos y negativos como resultado de la relación entre montos de presupuestos originales e históricos.
- ✓ Introducción de herramientas probabilísticas y estadísticas para la obtención de datos más confiables.

Referencias

Prácticas de Especialidad

Lemus, M. 1985. **EVALUACIÓN Y ANALISIS DE RENDIMIENTO DE LA MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS DE UNO A CUATRO PISOS.** Informe de práctica de especialidad. Escuela de Ingeniería en Construcción, Instituto Tecnológico de Costa Rica. .

Leandro, O. 1985. **RENDIMIENTO MANO DE OBRA Y ANÁLISIS DEL PROCESO CONSTRUCTIVO.** Informe de práctica de especialidad. Escuela de Ingeniería en Construcción, Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Fuentes, A. 1983. **RENDIMIENTOS MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS.** Informe de práctica de especialidad. Escuela de Ingeniería en Construcción, Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Gutiérrez, A.. 1985. **CONTROL DE CALIDAD Y RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA Y MAQUINARIA EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE URBANIZACIÓN.** Informe de práctica de especialidad. Escuela de Ingeniería en Construcción, Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Consultas personales

SOTELA, J.C. 2002. **EXPERIENCIA GENERADA POR LA EMPRESA CONSTRUCTORA COMAC, S. A. EN LA CONSTRUCCIÓN DE UN COMPLEJO DE PISCINAS.** Nicoya. Comunicación personal.