

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES

FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL



METODOLOGIA PARA EL ANALISIS DE LOS
RENDIMIENTOS DE LA MANO DE OBRA EN LA
INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION

(Estudio de Caso Constructora ISHTAR-Obra Gruesa)

Proyecto de Grado para obtener el Título de Ingeniero Industrial

POR: JOSE LUIS RAMOS QUISBERT

TUTOR: FRANKLIN BALTA MONTENEGRO

LA PAZ-BOLIVIA

Mayo, 2016

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

Proyecto de grado:

METODOLOGIA PARA EL ANALISIS DE LOS
RENDIMIENTOS DE LA MANO DE OBRA EN LA
INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION

(Estudio de Caso Constructora ISHTAR-Obra Gruesa)

Presentado por: Univ. José Luis Ramos Quisbert

Para optar al grado académico de *Ingeniero Industrial*

Nota numeral:.....

Nota literal:.....

Ha sido:.....

Director de la carrera de Ingeniería Industrial: Ing. M.Sc. Oswaldo Terán Modregon

Tutor: Ing. Franklin Balta Montenegro

Tribunal: Ing. Jose Luis Gómez Reintsch

Tribunal: Ing. Mario Zenteno Benítez

Tribunal: Ing. Aldo Vargas Pacheco

Tribunal: Ing. Juan Pablo Fernández Rocha

DEDICATORIA.....

A todas las personas que hicieron
posible de este sueño que un día
estaba lejos una realidad,
especialmente a mi madre Irma,
a mi padre Luis que en paz descansa,
a mis hermanas Mónica, Mariela, Carla y
Luz Belén,
A toda mi familia que ha sido el viento
que empuja mis sueños,
y el sol que iluminara este camino.

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

Primeramente a Dios por darme la vida, la salud y la amistad de todas las personas que formaron parte de la realización de este objetivo.

A la Facultad de Ingeniería de la Universidad Mayor de San Andrés por permitirme los medios para realizarme como profesional, especialmente a todo el plantel docente y administrativo de la Carrera de Ingeniería Industrial.

A todas las personas que componen mi familia quienes han forjado mi realización personal a lo largo de toda mi vida,

Al Ing. Franklin Balta Montenegro, por su colaboración y el tiempo dedicado al avance, en la realización del presente Proyecto de Grado.

Al Ing. José Luis Gómez, quien me brindó la oportunidad de realizar el proyecto en la Empresa Constructora ISHTAR, quien durante el pregrado ha sido un ejemplo a seguir para mi persona.

A todos mis compañeros, amigos de la Poderosa Facultad de Ingeniería.

QUE DIOS LOS BENDIGA Y LOS GUARDE POR SIEMPRE.....

INDICE

INDICE DE CUADROS.....	v
INDICE DE FIGURAS.....	ix
INDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	0
SUMMARY	2
CAPITULO 1	4
PRESENTACION DEL PROBLEMA	4
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.2. Objetivos del proyecto.....	4
1.2.1. Objetivo general	4
1.2.2. Objetivos específicos	4
1.3. Justificación.....	5
1.3.1. Justificación Académica.....	5
1.3.2. Justificación Económica.....	5
1.3.3. Justificación Social.....	6
1.4. Limitaciones	6
1.5. Metodología.....	6
1.6. Elaboración de presupuestos y precios unitarios.....	8
1.7. Análisis del sector de la construcción en Bolivia.....	9
CAPITULO 2	14
MARCO TEORICO.....	14
2.1. Conceptos y Marco Teórico	14
2.2. Definición de productividad.....	14
2.3. Rendimiento de la Mano de Obra.....	15
2.3.1. Factores que afectan al Rendimiento de Mano de Obra	16
2.3.2. Metodologías para el cálculo de rendimientos.....	19
2.4. Econometría.....	21

2.4.1.	Concepto de Modelo Econométrico.....	21
2.4.2.	Estimación de los Parámetros de la Ecuación.....	21
2.4.3.	Validación Estadística del Modelo.....	22
2.4.4.	Validación Econométrica del Modelo.....	22
2.5.	La Simulación.....	24
2.5.1.	Definición.....	24
2.5.2.	La simulación Monte Carlo.....	24
2.5.3.	La Simulación Monte Carlo en computadora	25
2.5.4.	Numero de Repeticiones para las Simulaciones	25
CAPITULO 3.....		26
TOMA DE DATOS EN OBRA.....		26
3.1.	Descripción de la obra.....	26
3.2.	Diseño de la matriz de Registro de Rendimientos.....	27
3.3.	Diseño de la Matriz de Registro de Factores de Afectación a los Rendimientos de la Mano de Obra.	29
3.4.	Diseño del Formulario.....	30
3.5.	Registro de datos en obra	34
3.5.1.	Registro de los Factores de Afectación a los Rendimientos de la Mano de Obra	34
3.5.2.	Registro de los Rendimientos de las Actividades	34
3.6.	Observaciones en el procesamiento de datos	52
CAPITULO 4.....		53
METODOLOGIA PARA LA DETEMINACION DE LOS RENDIMIENTOS DE LA MANO DE OBRA		53
4.1.	Introducción.....	53
4.2.	Base del Trabajo.....	53
4.3.	Procedimiento para la determinación de los Rendimientos de la Mano de Obra	54
4.3.1.	Factores de afectación a los rendimientos de la mano de obra	55
4.3.2.	Porcentaje de Afectación de cada Grupo	55

4.4.	Factores de cada Grupo	57
4.5.	Formulación y Evaluación de los Modelos Econométricos	60
4.5.1.	Objetivo.....	60
4.5.2.	Recopilación, Selección y Presentación de la Información	60
4.5.3.	Especificación del Modelo Econométrico	62
4.5.4.	Estimación Matricial de los Parámetros.....	65
4.5.5.	Validación Estadística por el Método Matricial.....	67
4.5.6.	Validación Econométrica por el Método Matricial.....	71
4.5.7.	Resultados Obtenidos del Programa Statgraphics.....	75
4.5.8.	Conclusiones	76
4.5.9.	Modelos de regresión múltiple de Rendimientos de Mano de Obra en las Actividades de Construcción	76
CAPITULO 5		84
SIMULACION DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS		84
5.1.	Formulación del Problema	84
5.2.	Recolección y Procesamiento.....	84
5.2.1.	Definición de los Parámetros de Entrada.....	85
5.2.2.	Definición de Variables de Salida.....	95
5.3.	Construcción del Modelo y Relación de las Variables.....	95
5.4.	Formulación del Simulador	96
5.4.1.	Definir Suposición	96
5.4.2.	Definir Previsión	98
5.5.	Descripción de las Consideraciones Realizadas.....	98
5.6.	Resultados	98
5.6.1.	Rendimiento Albañiles y Ayudantes.....	99
5.6.2.	Costo Albañil, Ayudante y Total Cuadrillas	118
CAPITULO 6		129
ANALISIS ECONOMICO DE LOS RENDIMIENTOS OBTENIDOS		129
6.1.	Análisis Económico por Actividad.....	129

6.1.1. Zapatas de H.A.....	129
6.1.2. Vigas de Fundación de H.A.	132
6.1.3. Columnas de H.A.....	135
6.1.4. Losa Alivianada H=20 Vigueta Pretensada	138
6.2. Análisis Económico de Costos Totales	141
CAPITULO 7.....	144
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	144
7.1. Conclusiones	144
7.2. Recomendaciones.....	145
Glosario.....	146
Bibliografía	148



INDICE DE CUADROS

CUADRO Nro. 1 Diseño del encabezado de la Matriz de Registro de Rendimientos	27
CUADRO Nro. 2 Diseño del encabezado de la matriz para el Registro de Factores de Afectación.....	30
CUADRO Nro. 3 Registro de Rendimientos de las Zapatas de H.A.	36
CUADRO Nro. 4 Resumen Estadístico de Rendimientos de las Zapatas de H.A. ...	37
CUADRO Nro. 5 Categorías de los Rendimientos de los Albañiles (Zapata de H.A.)	38
CUADRO Nro. 6 Categorías de los Rendimientos de los Ayudantes (Zapata de H.A.)	39
CUADRO Nro. 7 Toma de datos de las Vigas de Fundación H.A.	40
CUADRO Nro. 8 Resumen Estadístico de Rendimientos de las Vigas de Fundación de H.A.	41
CUADRO Nro. 9 Categorías de los Rendimientos de los Albañiles (Vigas de Fundación de H.A.)	42
CUADRO Nro. 10 Categorías de los Rendimientos de los Ayudantes (Vigas de Fundación de H.A.)	43
CUADRO Nro. 11 Toma de datos de las Columnas	44
CUADRO Nro. 12 Resumen Estadístico de Rendimientos de las Columnas de H.A.	45
CUADRO Nro. 13 Categorías de los Rendimientos de los Albañiles (Columnas de H.A.)	46
CUADRO Nro. 14 Categorías de los Rendimientos de los Ayudantes (Columnas de H.A.)	47
CUADRO Nro. 15 Toma de datos de la Losa Alivianada H=20	48
CUADRO Nro. 16 Resumen Estadístico de Rendimientos de la Losa Alivianada H=20	49

CUADRO Nro. 17 Categorías de los Rendimientos de los Albañiles (Losa Alivianada H=20)	50
CUADRO Nro. 18 Categorías de los Rendimientos de los Ayudantes (Losa Alivianada H=20)	51
CUADRO Nro. 19 Factores de Afectación de los Rendimientos de la Mano de Obra consideradas en el Proyecto.....	55
CUADRO Nro. 20 Porcentaje de Afectación de cada Categoría	56
CUADRO Nro. 21 Calificación y rango de las Categorías que afectan el Rendimiento de Mano de Obra.....	56
CUADRO Nro. 22 Tabulación de Intervalos del Mismo Ancho con los datos de Temperatura	58
CUADRO Nro. 23 Tabulación de Intervalos del Mismo Ancho con los datos de Precipitación	59
CUADRO Nro. 24 Calificación de la Escala de las Categorías que Afectan a los Rendimientos de Mano de Obra	60
CUADRO Nro. 25 Datos de la Categoría Actividad de la Fecha 16/03/2015	61
CUADRO Nro. 26 Datos para la Regresión Múltiple.....	62
CUADRO Nro. 27 Matriz de Correlaciones (Zapatas de H.A.).....	72
CUADRO Nro. 28 Correlación Ordinal de Spearman para los Rendimientos de los Albañiles (Zapatas de H.A.-Invierno)	73
CUADRO Nro. 29 Modelo de Regresión Lineal Múltiple de Rendimiento de Mano de Obra en la Estación de Verano	77
CUADRO Nro. 30 Modelo de Regresión Lineal Múltiple de los Rendimiento de Mano de Obra para la Estación de Otoño	78
CUADRO Nro. 31 Modelo de Regresión Lineal Múltiple de los Rendimiento de Mano de Obra para la Estación de Invierno	79
CUADRO Nro. 32 Modelo de Regresión Lineal Múltiple de los Rendimiento de Mano de Obra para la Estación de Primavera.....	80

CUADRO Nro. 33 Estadísticos para la Validación Estadística y Econométrica de los Modelos de Regresión Múltiple.....	82
CUADRO Nro. 34 Parámetros de Entrada	85
CUADRO Nro. 35 Parámetros de Entrada Clima.....	85
CUADRO Nro. 36 Determinación de Probabilidades de la Categoría Actividad (Zapatatas de H.A.)	87
CUADRO Nro. 37 Determinación de Probabilidades de la Categoría Equipamiento (Zapatatas de H.A.)	88
CUADRO Nro. 38 Determinación de Probabilidades de la Categoría Trabajador (Zapatatas de H.A.)	89
CUADRO Nro. 39 Determinación de Probabilidades de la Categoría Supervisión (Zapatatas de H.A.)	90
CUADRO Nro. 40 Determinación de Probabilidades de la Categoría Clima - Factor: Temperatura (°C).....	93
CUADRO Nro. 41 Determinación de Probabilidades de la Categoría Clima - Factor: Precipitación (mm).....	94
CUADRO Nro. 42 Variables de Salida del Proceso de Simulación.....	95
CUADRO Nro. 43 Resumen de Percentiles (Zapatatas de H.A.-Vigas de fundacion de H.A.)	116
CUADRO Nro. 44 Resumen de Percentiles (Columnas de H.A.- Losa Alivianada H=20 cm.).....	117
CUADRO Nro. 45 Estadísticos de Salida del Proceso de Simulación (Zapatatas de H.A.)	121
CUADRO Nro. 46 Estadísticos de Salida del Proceso de Simulación (Vigas de Fundacion de H.A.)	123
CUADRO Nro. 47 Estadísticos de Salida del Proceso de Simulación (Columnas de H.A.)	125
CUADRO Nro. 48 Estadísticos de Salida del Proceso de Simulación (Losa Alivianada H=20 cm.)	127

CUADRO Nro. 49	Resumen de Percentiles de los Costos Totales de la Cuadrilla	128
CUADRO Nro. 50	Cuadro comparativo de costos para las Zapatas de H.A.	130
CUADRO Nro. 51	Matriz de diferencia de Costos (Zapatas de H.A.)	131
CUADRO Nro. 52	Cuadro comparativo de costos para las Vigas de Fundacion de H.A.	133
CUADRO Nro. 53	Matriz de diferencia de Costos (Vigas de Fundacion de H.A.)	134
CUADRO Nro. 54	Cuadro comparativo de costos para las Columnas de H.A.	136
CUADRO Nro. 55	Matriz de diferencia de Costos (Columnas de H.A.)	137
CUADRO Nro. 56	Cuadro comparativo para la Losa Alivianada H=20 cm.	139
CUADRO Nro. 57	Matriz de diferencia de Costos (Losa Alivianada H=20 cm.)	140
CUADRO Nro. 58	Matriz de diferencia de Costos Totales	142



INDICE DE FIGURAS

FIGURA Nro. 1 Estructura de Investigación	7
FIGURA Nro. 2 Bolivia: Participación del sector de la construcción en el PIB a precios constantes 2001-2014 (En Porcentaje)	10
FIGURA Nro. 3 La Paz: Índice del Costo de la Construcción por mes según actividad de la Construcción e Insumo (junio 2002=100%)	11
FIGURA Nro. 4 La Paz: Índice del Costo de la Construcción Mensual según tipo de Construcción (Junio 2002=100%)	12
FIGURA Nro. 5 Relación entre Eficiencia, Efectividad y Productividad.....	15
FIGURA Nro. 6 Formulario de Toma de Datos.....	32
FIGURA Nro. 7 Fotografías de la conformación de la Cuadrilla para las Zapatas de H.A.....	37
FIGURA Nro. 8 Categorías de los Rendimientos de los Albañiles (Zapatas de H.A.)	38
FIGURA Nro. 9 Categorías de los Rendimientos de los Ayudantes (Zapatas de H.A.)	39
FIGURA Nro. 10 Fotografías de la conformación de la Cuadrilla para las Vigas de Fundacion de H.A.	41
FIGURA Nro. 11 Categorías de los Rendimientos de los Albañiles (Vigas de Fundacion de H.A.)	42
FIGURA Nro. 12 Categorías de los Rendimientos de los Ayudantes (Vigas de Fundacion de H.A.)	43
FIGURA Nro. 13 Fotografías de la conformación de la Cuadrilla para las Columnas de H.A.....	45
FIGURA Nro. 14 Categorías de los Rendimientos de los Albañiles (Columnas de H.A.)	46
FIGURA Nro. 15 Categorías de los Rendimientos de los Ayudantes (Columnas de H.A.)	47

FIGURA Nro. 16 Fotografías de la conformación de la Cuadrilla para la Losa Alivianada H=20 cm.....	49
FIGURA Nro. 17 Categorías de los Rendimientos de los Albañiles (Losa Alivianada H=20 cm.).....	50
FIGURA Nro. 18 Categorías de los Rendimientos de los Ayudantes (Losa Alivianada H=20 cm.)	51
FIGURA Nro. 19 Grafico de Residuos Estudentizado vs. Rendimiento Albañiles (Zapatras de H.A. – Invierno).....	73
FIGURA Nro. 20 Grafico de Residuos Estudentizado vs. Numero de Fila Rendimiento Albañiles (Zapatras de H.A.- Invierno)	74
FIGURA Nro. 21 Diagrama Circular de las Probabilidades de los Factores que Conforman la Categoría Supervisión – Zapatras de H.A.- Invierno	91
FIGURA Nro. 22 Vista de la Probabilidad para la Distribución Personalizada (Categoría Actividad-Factor Grado de Dificultad-Zaptas de H.A.-Invierno)	97
FIGURA Nro. 23 Vista de la Probabilidad Acumulada para la Distribución Personalizada (Categoría Actividad-Factor Grado de Dificultad-Zaptas de H.A.- Invierno).....	97
FIGURA Nro. 24 Vista de la Probabilidad para la Distribución Personalizada (Categoría Clima-Factor Temperatura-Zaptas de H.A.-Invierno)	97
FIGURA Nro. 25 Vista de la Probabilidad Acumulada para la Distribución Personalizada (Categoría Clima-Factor Temperatura-Zaptas de H.A.-Invierno)	98
FIGURA Nro. 26 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Rendimientos de los Albañiles y Ayudantes-Invierno.....	99
FIGURA Nro. 27 Grafica de Superposición de las Frecuencias Acumuladas de los Rendimientos de los Albañiles y Ayudantes-Invierno	100
FIGURA Nro. 28 Grafica de Superposición de las Frecuencias Acumuladas de los Rendimientos de los Albañiles y Ayudantes-Invierno	101

FIGURA Nro. 29 Grafica de Superposición de las Frecuencias Acumuladas de los Rendimientos de los Albañiles y Ayudantes-Invierno	101
FIGURA Nro. 30 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Rendimientos de Ayudantes-Zapatatas de H.A.	102
FIGURA Nro. 31 Grafica de Superposición de las Frecuencias Acumuladas de los Rendimientos de Ayudantes-Zapatatas de H.A.....	102
FIGURA Nro. 32 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Rendimientos de los Albañiles y Ayudantes-Invierno.....	103
FIGURA Nro. 33 Grafica de Superposición de las Frecuencias Acumuladas de los Rendimientos de los Albañiles y Ayudantes-Invierno	104
FIGURA Nro. 34 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Rendimientos de los Albañiles-Vigas de Fundacion de H.A.....	105
FIGURA Nro. 35 Grafica de Superposición de las Frecuencias Acumuladas de los Rendimientos de los Albañiles-Vigas de Fundacion de H.A.	105
FIGURA Nro. 36 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Rendimientos de los Ayudantes-Vigas de Fundacion de H.A.....	106
FIGURA Nro. 37 Grafica de Superposición de las Frecuencias Acumuladas de los Rendimientos de los Ayudantes-Vigas de Fundacion de H.A	106
FIGURA Nro. 38 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Rendimientos de los Albañiles y Ayudantes-Invierno.....	107
FIGURA Nro. 39 Grafica de Superposición de las Frecuencias Acumuladas de los Rendimientos de los Albañiles y Ayudantes-Invierno	108
FIGURA Nro. 40 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Rendimientos de los Albañiles-Columnas de H.A.	109
FIGURA Nro. 41 Grafica de Superposición de las Frecuencias Acumuladas de los Rendimientos de los Albañiles-Columnas de H.A.....	109
FIGURA Nro. 42 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Rendimientos de los Ayudantes-Columnas de H.A	110

FIGURA Nro. 43 Grafica de Superposición de las Frecuencias Acumuladas de los Rendimientos de los Ayudantes-Columnas de H.A.....	110
FIGURA Nro. 44 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Rendimientos de los Albañiles y Ayudantes-Invierno.....	111
FIGURA Nro. 45 Grafica de Superposición de las Frecuencias Acumuladas de los Rendimientos de los Albañiles y Ayudantes-Invierno	112
FIGURA Nro. 46 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Rendimientos de los Albañiles-Losa Alivianada H=20cm.	113
FIGURA Nro. 47 Grafica de Superposición de las Frecuencias Acumuladas de los Rendimientos de los Albañiles-Losa Alivianada H=20cm.....	113
FIGURA Nro. 48 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Rendimientos de los Ayudantes-Losa Alivianada H=20cm.	114
FIGURA Nro. 49 Grafica de Superposición de las Frecuencias Acumuladas de los Rendimientos de los Ayudantes-Losa Alivianada H=20cm.....	115
FIGURA Nro. 50 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Costos de Albañil, Ayudante y Cuadrilla – Zapata de H.A.....	118
FIGURA Nro. 51 Grafica de Superposición de las Frecuencias Acumulada de los Costos de Albañil, Ayudante y Cuadrilla – Zapata de H.A.	119
FIGURA Nro. 52 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Costos de la Cuadrilla – Zapata de H.A.	120
FIGURA Nro. 53 Grafica de Superposición de las Frecuencias Acumulados de los Costos de la Cuadrilla – Zapata de H.A.....	120
FIGURA Nro. 54 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Costos de la Cuadrilla – Vigas de Fundacion de H.A	122
FIGURA Nro. 55 Grafica de Superposición de las Frecuencias Acumuladas de los Costos de la Cuadrilla – Vigas de Fundacion de H.A	122
FIGURA Nro. 56 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Costos de la Cuadrilla – Columnas de H.A	124

FIGURA Nro. 57 Grafica de Superposición de las Frecuencias Acumulados de los Costos de la Cuadrilla – Columnas de H.A	124
FIGURA Nro. 58 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Costos de la Cuadrilla – Losa Alivianada H=20cm.....	126
FIGURA Nro. 59 Grafica de Superposición de las Frecuencias Acumulados de los Costos de la Cuadrilla – Losa Alivianada H=20cm.	126
FIGURA Nro. 60 Grafica Comparativa de Costos (Zapatas de H.A.)	131
FIGURA Nro. 61 Grafica Comparativa de Costos (Vigas de Fundación de H.A.)	134
FIGURA Nro. 62 Grafica Comparativa de Costos (Columnas de H.A.)	137
FIGURA Nro. 63 Grafica Comparativa de Costos (Losa Alivianada H=20 cm.) .	140



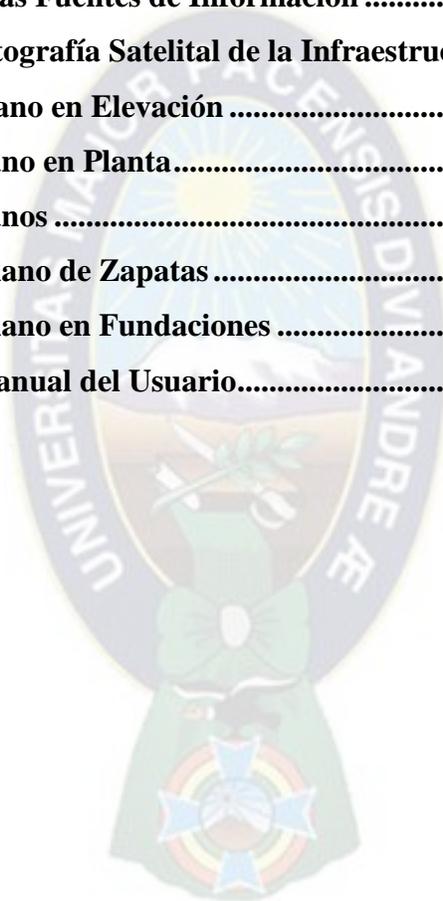
INDICE DE ANEXOS

ANEXO Nro. 1 Factores que afectan al Rendimiento de la Mano de Obra: Diagrama Ishikawa	152
ANEXO Nro. 2 Bolivia: Producto Interno Bruto a precios constantes según Actividad Económica	153
ANEXO Nro. 3 Bolivia: Participación del sector de la construcción en el Producto Interno Bruto a precios constantes de 2001 a 2014 (en porcentaje)	154
ANEXO Nro. 4 Bolivia: Índice del Costo de la Construcción por año según Tipo de Construcción.....	155
ANEXO Nro. 5 La Paz: Cálculos del Índice del Costo de la Construcción	156
ANEXO Nro. 6 Clasificación de los Factores de Afectación de los Rendimientos de la Mano de Obra	157
ANEXO Nro. 7 Matriz de Factores de Afectación de los Rendimientos de la Mano de Obra.....	158
ANEXO Nro. 8 Registro de los Rendimientos de la Mano de Obra para las Zapatas de H.A.....	160
ANEXO Nro. 9 Gráfico de Dispersión (Zapatas de H.A.).....	161
ANEXO Nro. 10 Registro de los Rendimientos de la Mano de Obra para las Vigas de Fundación H.A.	162
ANEXO Nro. 11 Gráfico de Dispersión (Vigas de Fundación de H.A.).....	164
ANEXO Nro. 12 Registro de los Rendimientos de la Mano de Obra para las Columnas de H.A.	165
ANEXO Nro. 13 Gráfico de Dispersión (Columnas de H.A.)	167
ANEXO Nro. 14 Registro de los Rendimientos de la Mano de Obra para la Losa Alivianada H=20 cm.....	168
ANEXO Nro. 15 Gráfico de Dispersión (Losa Alivianada H=20 cm.)	169
ANEXO Nro. 16 Datos de Temperatura y Precipitación para el grupo de Clima	170

ANEXO Nro. 17	Clasificación de los Factores de Afectación de los Rendimientos de la Mano de Obra para los grupos de Actividad, Equipamiento, Supervisión y Trabajador.....	172
ANEXO Nro. 18	Clasificación de los Factores de Afectación de los Rendimientos de la Mano de Obra para el Grupo Clima.....	173
ANEXO Nro. 19	Resumen de Análisis de Rendimiento de Albañiles (Zapatatas de H.A.-Invierno)	174
ANEXO Nro. 20	Grafica de Datos Observados vs. Predichos para el Rendimiento de los Albañiles (Zapatatas de H.A.-Invierno).....	175
ANEXO Nro. 21	Grafica de los Residuos vs. Predichos para el Rendimiento de los Albañiles (Zapatatas de H.A.-Invierno)	176
ANEXO Nro. 22	Grafica de los Residuos vs. Numero de Fila para el Rendimiento de los Albañiles (Zapatatas de H.A.-Invierno).....	177
ANEXO Nro. 23	Determinación de Probabilidades de la Categoría Actividad (Zapatatas de H.A., Columnas de H.A. y Losa Alivianada H=20cm.)	178
ANEXO Nro. 24	Determinación de Probabilidades de la Categoría Equipamiento (Zapatatas de H.A., Columnas de H.A. y Losa Alivianada H=20cm.)	179
ANEXO Nro. 25	Determinación de Probabilidades de la Categoría Supervisión (Zapatatas de H.A., Columnas de H.A. y Losa Alivianada H=20cm.)	180
ANEXO Nro. 26	Determinación de Probabilidades de la Categoría Trabajador (Zapatatas de H.A., Columnas de H.A. y Losa Alivianada H=20cm.)	181
ANEXO Nro. 27	Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes – Zapata de H.A.-Otoño	182
ANEXO Nro. 28	Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes – Zapata de H.A.- Primavera.....	183
ANEXO Nro. 29	Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes – Zapata de H.A.- Verano	184
ANEXO Nro. 30	Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes – Vigas de Fundacion de H.A.-Otoño.....	185

ANEXO Nro. 31 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes – Vigas de Fundacion de H.A.-Primavera	186
ANEXO Nro. 32 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes – Vigas de Fundacion de H.A.-Verano.....	187
ANEXO Nro. 33 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes – Columnas de H.A.-Otoño	188
ANEXO Nro. 34 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes – Columnas de H.A.-Primavera.....	189
ANEXO Nro. 35 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes – Columnas de H.A.-Verano	190
ANEXO Nro. 36 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes – Losa Alivianada H=20 cm.-Otoño	191
ANEXO Nro. 37 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes – Losa Alivianada H=20 cm.-Primavera.....	192
ANEXO Nro. 38 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes – Losa Alivianada H=20 cm.-Verano	193
ANEXO Nro. 39 Análisis de la Sensibilidad de los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes – Zapatas de H.A.- Invierno.....	194
ANEXO Nro. 40 Análisis de la Sensibilidad de los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes – Vigas de Fundación de H.A.- Invierno.....	195
ANEXO Nro. 41 Análisis de la Sensibilidad de los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes – Columnas de H.A.- Invierno	196
ANEXO Nro. 42 Análisis de la Sensibilidad de los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes – Losa Alivianada - Invierno.....	197
ANEXO Nro. 43 Estadísticas de los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes Zapatas de H.A.....	198
ANEXO Nro. 44 Estadísticas de los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes Vigas de Fundacion de H.A.	199

ANEXO Nro. 45 Estadísticas de los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes Columnas de H.A.	200
ANEXO Nro. 46 Estadísticas de los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes Losa Alivianada H=20cm.....	201
ANEXO Nro. 47 Costos Totales Promedios Obtenidos del Proceso de Simulación, Registro de Datos y las Fuentes de Información	202
ANEXO Nro. 48 Fotografía Satelital de la Infraestructura Residencial	203
ANEXO Nro. 49 Plano en Elevación	204
ANEXO Nro. 50 Plano en Planta.....	205
ANEXO Nro. 51 Planos	206
ANEXO Nro. 52 Plano de Zapatas	207
ANEXO Nro. 53 Plano en Fundaciones	208
ANEXO Nro. 54 Manual del Usuario.....	209





RESUMEN

El Proyecto de Grado se realizó en la Empresa Constructora ISHTAR, en una Infraestructura Residencial, registrando la cantidad de avance y el tiempo de las Actividades de la Obra Gruesa, determinando los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes en la ejecución de sus tareas, también "Factores de Afectación" a los cuales se encuentra expuesta la mano de obra. Las actividades del Proyecto se centraron en los siguientes Ítems de la Obra Gruesa: Zapatas de Hormigón Armado (H.A.), Vigas de Fundación de H.A., Columnas de H.A. y por último la Losa Alivianada H=20 cm.

La metodología propuesta para la determinación y análisis de los Rendimientos de mano de Obra está en función a los Factores de Afectación para las actividades consideradas en el Proyecto. Se identificaron y analizaron cinco categorías de estos Factores que son: Clima, Supervisión, Equipamiento, Trabajador y Actividad, cada uno integrado de su correspondiente escala de calificación.

La técnica de observación, permitió el registro de datos mediante el diseño y llenado de formularios, se realizó un análisis econométrico con los Rendimientos como variable dependiente y la calificación de los Factores de Afectación como variable independiente, con sus respectivas validaciones estadísticas y econométricas. Se determinaron las probabilidades de ocurrencia para los posibles eventos de cada uno de los factores, que se utilizan en la aplicación del modelo de Simulación Monte Carlo, que considera la relación de las variables con resultados del análisis econométrico y las variables de salida son los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes además de los Costos de la Mano de Obra respectivos.

Los resultados del costo de la Mano de Obra medido y evaluado por el proyecto para los Ítems elegidos, comparado con valores existentes en el mercado local (Revista P&C, Revista CADECO y Web INSUCONS), muestran variaciones según los siguientes rangos:



Zapatas de H.A. entre 3,7% a 26,1% Vigas de Fundación de H.A. entre 2,5% a 17,8%

Columnas de H.A. entre 5,1% a 23,4% Losas Alivianada H=20 cm. entre 5,6% a 36,8%

Conclusiones

(a) Se conformó una Base de Datos de los Rendimientos de Mano de Obra para cuatro actividades importantes de la Obra Gruesa. (b) Los resultados del proyecto muestran diferencias en costos, de las fuentes de información en el mercado local que oscilan entre 2,5% a 36,8% para los Ítems Considerados. (c) Se desarrolló la Macro WORKFORCE que mediante la introducción de Factores de Afectación, dan como resultado predicción de rendimientos de mano de obra y la simulación de tiempos de ejecución de las actividades. (d) La metodología permitirá a las empresas constructoras planificar de manera efectiva sus actividades con la información recolectada.

Recomendaciones

(a) Es importante para las diferentes empresas constructoras conformar su propia base de datos, actualizando constantemente los Rendimientos de Mano de Obra con registros de cada construcción. (b) El proyecto fue desarrollado para una Obra y cuatro Ítems de Obra gruesa, por lo tanto es recomendable ampliar el número de Ítems analizados, en función al tipo y cantidad de Obras (c) La implantación de la Macro WORFORCE para la totalidad de Ítems de una obra representa un costo mínimo adicional, ya que las tareas de Registro de datos son sencillas y pueden ser realizadas por el Director de Obra previa capacitación.

Palabras claves: Rendimientos de la Mano de Obra, Factores de Afectación, Clima, Supervisión, Equipamiento, Trabajador, Actividad.



SUMMARY

Grade's Project was developed in the ISHTAR Construction Company in a Residential Infrastructure, registering advance and the time activity of structural work, It showed up Builder Performances and Assistant in the execution their activities, also " Factors of Affectation" of the workforce. Project activities were centered on the following structural work Items: Reinforced Concrete Basement (R.C.), Reinforced Concrete Beams, Reinforced Concrete Columns and finally the Lightened slabs Height=20 cm.

The methodology proposed to determine and to analyze the workforce Performances is in function to the Affectation Factors considering activities in the Project. Then it is to determine and to analyze five classes of these Factors: Climate; supervision; equipment; worker and Activity, formed each one of his corresponding qualification scale.

The technical of observation, allowed the register of data by the design and filled of Forms, an econometric analysis was developed with the Performances as dependent changeable and the qualification of the Factors of Affectation as independent changeable, with their respective statistical and econometric validations. Then I determined the likelihoods for the possible events of each one of the factors that was using in the Monte Carlo Simulation model, the relation of the variables with results of the econometric analysis and the output variables was the Performances of Builder and Assistants, also the workforce Costs respective.

The results of workforce Costs to show and to evaluate by the project for the Items chosen, compared with existing values in the local market (P&C Magazine, CADECO Magazine and INSUCONS Web), to show variations according to the following ranks:

Reinforced Concrete Basement between 3,7% to 26,1%

Reinforced Concrete Beams between 2,5% to 17,8%

Reinforced Concrete Columns between 5,1% to 23,4%

Lightened slabs Height=20 cm. between 5,6% to 36,8%



Conclusions

(a) I constituted a database of the Performances of the workforce for four important activities of the Structural Work. (b) The results of the project show differences in costs, of the sources of information in the local market that was between 2,5% to 36,8% for the Considered Items. (c) The WORKFORCE Macro was developed for the project, if you introduce the Affectation Factors, then you have as result Prediction of workforce performances and the simulated time of the activities termination. (d) The methodology will allow to the Construction Companies are planning of effective way the activities with recorded information.

Recommendations

(a) It is very important for the different construction companies constitute the database of the Performances of workforce with registers of each construction constantly. (b) The project was developed for four Items of the Structural Work, is recommendable increasing the quantity of Items analyzed, in different types and quantity infrastructures (c) The establishment of the WORKFORCE Macro for all the Items of a work represents an additional minimum cost, because the Register of data are easy with training to the Work Manager.

Words keys: Manpower performances, Affectation Factors; Climate; Supervision; Equipment, Worker, Activity.



CAPITULO 1

PRESENTACION DEL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema surge de la preocupación que tiene el sector de la construcción por no contar con información apropiada para la realización del presupuesto real para un proyecto de construcción. Cuál es el grado de confianza que nosotros tenemos o deberíamos de tener con respecto a los rendimientos brindados por fuentes que se tiene en el mercado local.

En Bolivia a comparación de otros países no se cuentan con proyectos realizados alrededor de este tema, debido a que no se da importancia a las condiciones en las que trabaja la Mano de Obra y que finalmente determinan su rendimiento, el plazo de ejecución y costo de la Construcción

Cada proyecto de construcción es único y diferente con respecto a otro, debido a la tipología que tiene, por lo tanto para cada proyecto se varían los rendimientos de mano de obra , los mismos que son afectados por una serie de factores que se analizan mediante un diagrama Ishikawa como se puede apreciar en el Anexo Nro. 1.

1.2. Objetivos del proyecto

1.2.1. Objetivo general

Proponer una metodología para la determinación de los Rendimientos de Mano de Obra en función a la calificación de Factores de Afectación, aplicados a la construcción de la obra gruesa de una Infraestructura Residencial en la Empresa Constructora ISHTAR S.R.L.

1.2.2. Objetivos específicos

- ✓ Definir, Identificar y analizar los factores que afectan la productividad de la mano de obra.



- ✓ Mediante un análisis econométrico determinar una relación entre los Rendimientos y Factores de Afectación.
- ✓ Realizar un modelo de simulación que nos permita pronosticar los Rendimientos de Mano de Obra para la planificación de los proyectos de Construcción.
- ✓ Hacer un análisis de los rendimientos obtenidos en campo, por observación y medición directa, así como la interpretación del registro de imágenes y videos para establecer los factores de afectación.
- ✓ Comparar los rendimientos y costos encontrados con otras fuentes de información que se encuentran disponibles en el mercado local.
- ✓ Realizar un análisis estadístico de la situación actual de la industria de la construcción en Bolivia.

1.3. Justificación

1.3.1. Justificación Académica

Ante los constantes cambios de tecnología, el crecimiento número de empresas constructoras y el aumento de la competitividad para licitaciones de proyectos de construcción, se hace importante en el sector de la construcción, utilizar conceptos como productividad, rendimientos, eficiencia, eficacia, procesos, tiempos, recursos entre otros.

Las herramientas y competencias que tiene un ingeniero industrial hacen que se pueda trascender a este sector, en el cual actualmente tiene muy poca participación y en donde se puede participar en todo el ciclo del proyecto

1.3.2. Justificación Económica

En la actualidad la mayoría de las empresas constructoras tiene muchos problemas debido principalmente a la alta rotación de personal que tienen, lo cual genera importantes retrasos en el avance del proyecto.

Esto a su vez genera sanciones y pérdidas económicas importantes para las empresas debido al pago de multas que se estipulan en los contratos de construcción cuando no se cumple con el plazo fijado. Contar con la base de datos de los rendimientos de sus



trabajadores y una metodología que permita pronosticar los mismos, es importante para la planificación de futuros proyectos con las mismas características, y económicamente traería resaltantes réditos en la fase de planificación para las empresas constructoras.

1.3.3. Justificación Social

En Bolivia a comparación de otros países como son Estados Unidos, Chile y Colombia no se han puesto en práctica metodologías de mejoramiento específicamente para la mano de obra, ya que es una parte importante en los costos y avance de un proyecto de construcción.

La elaboración de este documento está hecho con el fin de despertar el interés de las empresas constructoras que se encuentran en nuestro país, en la aplicabilidad de metodologías de Ingeniería Industrial, para encontrar rendimientos de la mano de obra en procesos constructivos, y obtener como resultado empresas competitivas para obtener la satisfacción del cliente y de los trabajadores de la empresa.

1.4. Limitaciones

Como las actividades de construcción son múltiples y varían de acuerdo a cada tipología de construcción, en el presente proyecto solo se aborda el análisis de aquellos Ítems o actividades realizadas en la construcción de la obra gruesa de una infraestructura residencial, con la ayuda de formularios, cámaras y filmadoras.

1.5. Metodología

Para el proyecto de grado se utilizara un enfoque cuantitativo y una investigación descriptiva, considerando a Roberto Sampieri en su libro “Metodología de la Investigación Científica” menciona que: **“Busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población”**¹ en este caso se hará la descripción de los Rendimientos de la Mano de Obra. La estructura de investigación se muestra en el Figura Nro. 1.

¹ (SAMPIERI, FERNANDEZ CALLADO, & BAPTISTA Lucio, 2010)



FIGURA Nro. 1 Estructura de Investigación



Fuente: Elaborado en base a (Sampieri, Fernandez Callado, & Baptista Lucio, 2010)



1.6. Elaboración de presupuestos y precios unitarios

Actualmente para la elaboración de Presupuestos en la Industria de la Construcción en Bolivia, aproximadamente un 80% de las empresas constructoras lo hacen en base a la Revista de PRESUPUESTOS & CONSTRUCCION², en donde se presenta una guía de productos y servicios, precio de materiales, precios unitarios y guía de proveedores como puntos más sobresalientes de la misma.

La secuencia de pasos que se utiliza para realizar un presupuesto es la siguiente:

- **Grafica.-** Es la presentación de infraestructuras en dos o tres dimensiones mediante planos de elevación, en planta, cubiertas, cimentación entre otros, o mediante programas como el Auto CAD, Sketchup entre otros.
- **Identificación de Ítems.-** Es la identificación de todas las actividades que se deben de realizar para la construcción de la edificación.
- **Cómputos Métricos.-** Es el cálculo de los volúmenes áreas o longitudes que se desean construir de acuerdo a la unidad métrica que manejen los ítems elegidos.
- **Precios Unitarios.-** Es el precio total de la unidad de medición de un ítem con los recargos correspondientes de acuerdo a los márgenes de la empresa constructora, aquí es donde se trabaja con datos brindados por la Revista de PRESUPUESTOS & CONSTRUCCION u otras fuentes de información del medio local. Además para realizarlo necesariamente deberá considerar las Especificación Técnica (Documento que guía la elaboración de un precio unitario y permite su correcta construcción). La misma que se conforma de las siguientes partes:
 - ✓ Definición y descripción del ítem
 - ✓ Materiales e insumo de construcción
 - ✓ Maquinaria, equipo y herramientas de construcción.
 - ✓ Procedimiento
 - ✓ Medición

² C, P. &. (Febrero-Mayo de 2014). PRESUPUESTO & CONSTRUCCION. 57. Bolivia.



- ✓ Formas de pago
- ✓ Denominación del ítem
- **Presupuesto.-** Es el monto total de inversión obtenido para la construcción de una edificación. Mediante el producto de los cómputos métricos y los precios unitarios con la siguiente formula:

$$Presupuesto = \sum_{i=1}^n PU_i * CM_i$$

Para la realización de presupuestos en la actualidad se usan también una serie de programas entre los más conocidos están por ejemplo el PRESCOM, QUARK, PRESTO entre otros.

1.7. Análisis del sector de la construcción en Bolivia

Para el proyecto de grado es importante realizar el análisis del sector de la construcción porque desempeña un papel fundamental en la economía nacional, debido a que guarda una interrelación con diversos sectores económicos, la participación de la actividad de la construcción se resume en la interacción de 44 sectores, 24 demandan directamente servicios del sector de la construcción y 20 sectores de la economía que abastecen a la construcción de manera directa. Por lo cual se convierte en un multiplicador de la economía generando empleo masivo y demandando insumos nacionales.

Para este análisis se usara el crecimiento del PIB (Producto Interno Bruto) a precios constantes, como se puede apreciar en el Anexo Nro. 2. Según este cuadro se puede apreciar que el PIB ha tenido un crecimiento significativo en los 14, equivalente a una tasa anual de crecimiento del 3,92%³ y un incremento del 71,39%⁴ desde el año 2001 hasta el año 2014.

$$^3 I = \left(\sqrt[14]{\frac{40.588.156}{22.732.700}} - 1 \right) * 100 = 3,92\%$$

$$^4 r = \left(\frac{40.588.156 - 22.732.700}{22.732.700} \right) * 100\% = 71,39\%$$

Si analizamos solamente el sector de la construcción en los 14 años que se muestra en el Anexo Nro. 2 este tiene una tasa anual de crecimiento del 5,65% y un incremento de 115,82% considerados el año 2001 al 2014.

En el Anexo Nro. 3 se puede observar que el sector de la construcción ha aumentado su participación en el PIB a precios constantes desde un 3,5% en el año 2001, hasta un 4,41% en el año 2014, se puede observar un comportamiento cíclico es decir con subidas y bajadas que se pueden apreciar de mejor manera en el Figura Nro. 2 con principales bajadas en los años del 2003 al 2005 ya que su aporte al PIB es demasiado bajo, a partir del 2005 va creciendo esta magnitud hasta alcanzar un valor máximo de 4,41% en el año 2014, y un valor mínimo de 2,92% en el año 2004.

FIGURA Nro. 2 Bolivia: Participación del sector de la construcción en el PIB a precios constantes 2001-2014 (En Porcentaje)



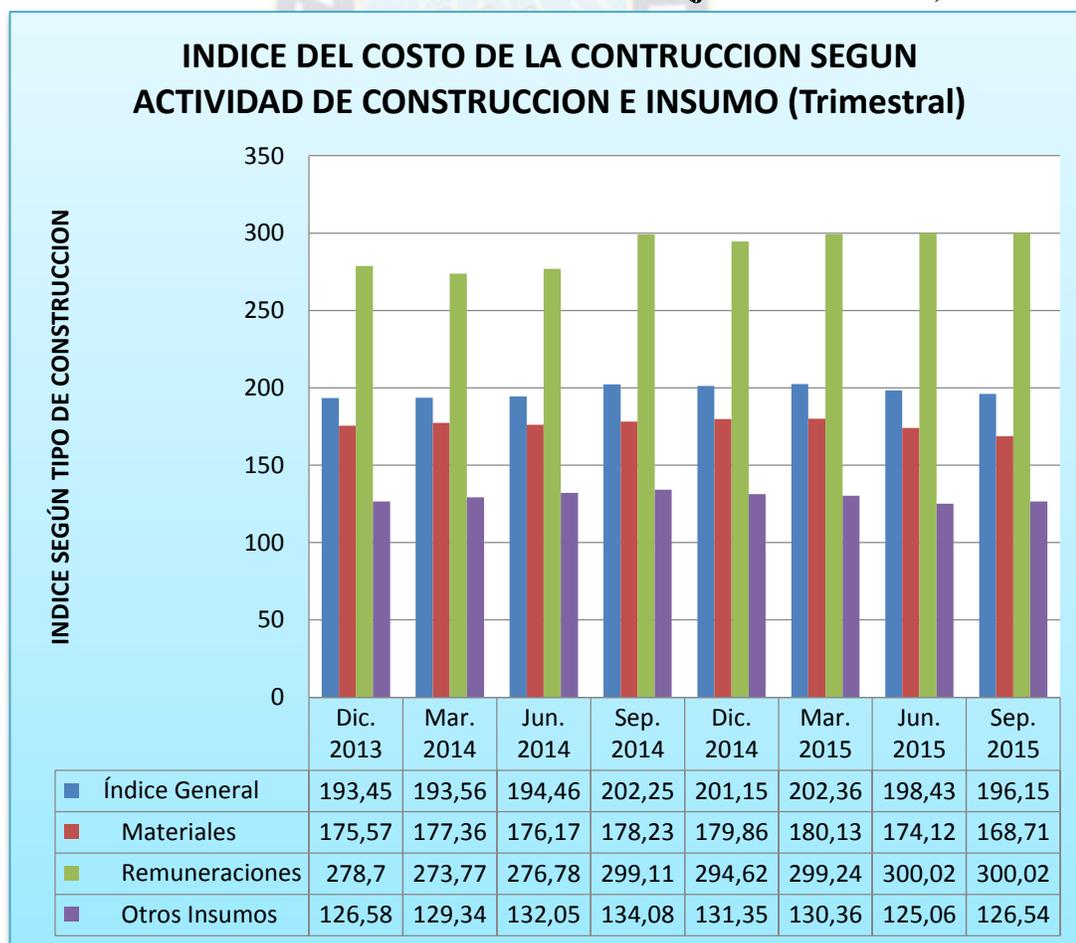
Fuente: Elaborado en base al INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA

El índice de costos de construcción (ICC) mide la variación de precios de un período a otro, de los insumos (Materiales, Mano de Obra, Maquinarias y Herramientas) que intervienen en las Actividades Económicas de la Construcción (Construcción, Terminación, Instalación y Otras actividades económicas). Toda la información referente a este Índice según tipo de construcción a nivel Bolivia se muestra con mayor detalle en

el Anexo Nro. 4, donde los datos calculados son en base al año 2002 en el mismo se tomara el valor de 100 así en el año 2014 el valor llego a 196,03., muestran un crecimiento sostenido del ICC, para el periodo 2002-2014 con una tasa promedio anual de crecimiento del 5,77%, también se puede apreciar un crecimiento de un 96,03%.

Como el proyecto se realiza en la ciudad de La Paz es importante ver el crecimiento que tuvo el Índice de Costo De Construcción (ICC) en esta región, mediante los cálculos mostrados en el Anexo Nro. 5 se observa que el Índice General del Costo de Construcción tiene una tasa promedio anual de crecimiento del 1,48% y un crecimiento total de 96,15%, tomando como base el mes de Junio del 2002 con el valor de 100.

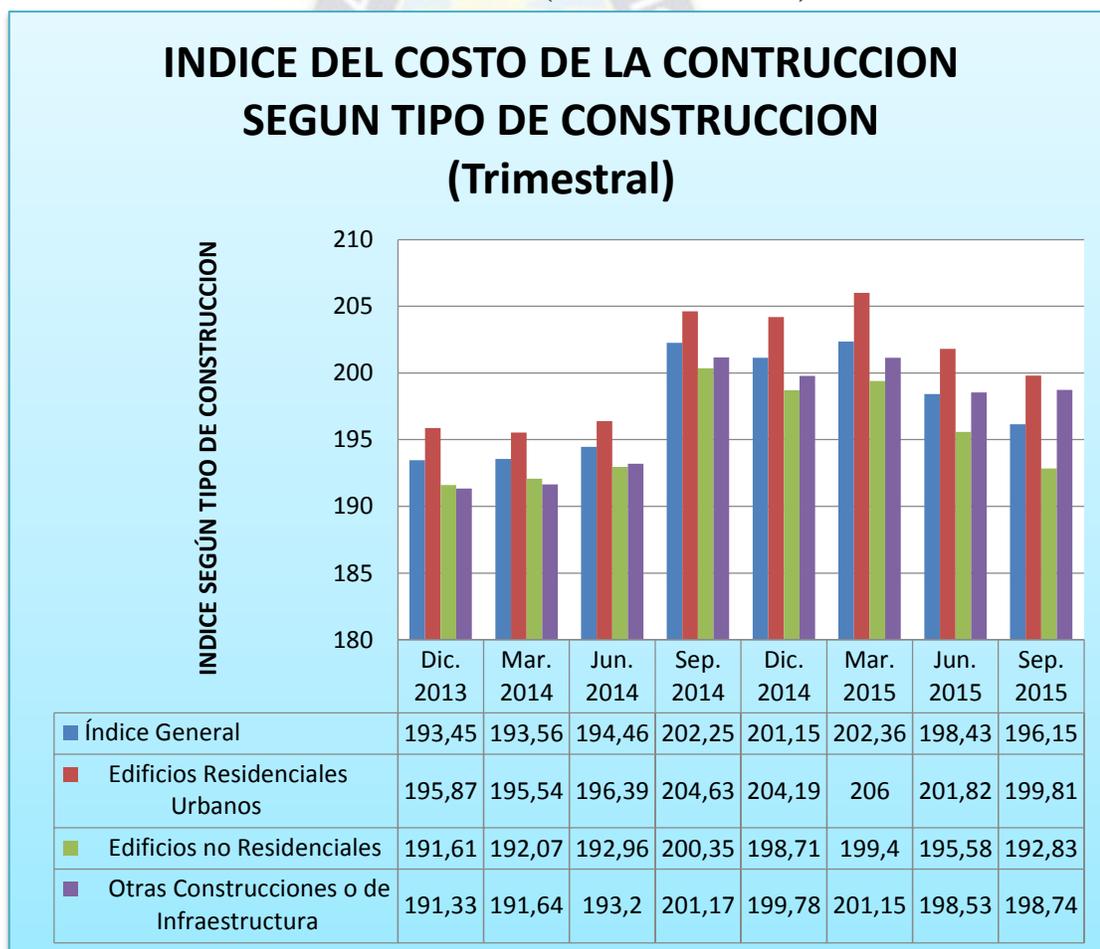
FIGURA Nro. 3 La Paz: Índice del Costo de la Construcción por mes según actividad de la Construcción e Insumo (junio 2002=100%)



Fuente: Elaboración con base en datos del Instituto Nacional de Estadística (INE)

Mediante un análisis de incremento porcentual mostrados en la Figura Nro. 3 y el Anexo Nro. 5, que de los insumos requeridos para la construcción de una infraestructura (Materiales, Remuneración y otros insumos), el que más aumento fue las remuneraciones teniendo una variación del 200%, seguido de los precios de los materiales con un 68,71% y por ultimo otros insumos requeridos con 26,54%, toda esta información es analizada considerando como año base al 2002, este año no se muestra en la tabla debido a la gran cantidad de datos con los que se cuenta, solo se muestran los datos más recientes.

FIGURA Nro. 4 La Paz: Índice del Costo de la Construcción Mensual según tipo de Construcción (Junio 2002=100%)



Fuente: Elaboración con base en datos del Instituto Nacional de Estadística (INE)



Siguiendo la misma secuencia de cálculos que los anteriores y analizando la Figura Nro.4 y el Anexo Nro. 5, se observa un crecimiento en el costo de los tipos de construcción, el mayor crecimiento es los Edificios Residenciales Urbanos con un crecimiento del 99,81% con respecto a los costos del año 2002, seguido de otras construcciones e infraestructura con un 98,74% y por último los edificios no residenciales con un 92,83% en La Paz.

En conclusión el sector de la construcción está en un constante crecimiento, y aporta de gran manera a la economía de nuestro país, que se refleja claramente en los cuadros referentes al PIB, por lo tanto se hace importante el desarrollo de proyectos dirigidos a mejorar este sector como es el caso del presente proyecto de grado.





CAPITULO 2

MARCO TEORICO

2.1. Conceptos y Marco Teórico

Es común que en los proyectos de construcción se planee con mucho detalle los intereses del cliente, y en cambio se dedique muy poco tiempo en la planeación del trabajo de la empresa constructora en el proyecto. Sin la mencionada planeación es muy difícil que los objetivos del proyecto sean alcanzados a tiempo y dentro del presupuesto.

Para un mejor entendimiento de los términos que se usaran en el presente proyecto, se expondrá a continuación un marco teórico de los conceptos claves para unificar la comprensión de los mismos entre el autor y el lector.

2.2. Definición de productividad

En general por productividad entendemos la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción y los recursos necesarios para obtenerla. Estos recursos son varios y de distintos tipos como recursos materiales, humanos, financieros, etc.

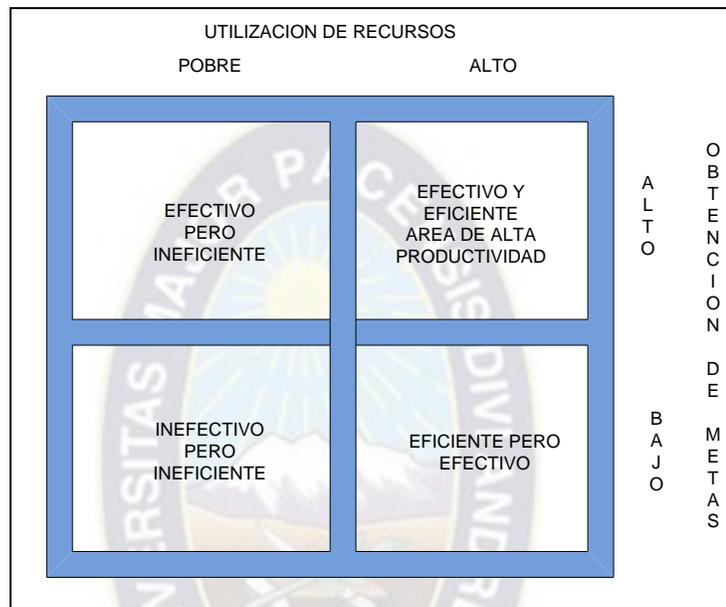
Una productividad mayor implicaría la obtención de mayores resultados con la menor cantidad de los diferentes tipos de recursos que existen, o el logro de una mayor productividad de volumen y calidad con el mismo insumo. Por lo tanto la productividad de manera resumida, está definida como la relación entre lo producido y gastado en la misma. Se puede expresar como:

$$Productividad = \frac{Cantidad\ Producida}{Recursos\ Empleados}$$

La importancia de la productividad radica esencialmente en que se utilice menor cantidad de insumos para la ejecución de las actividades desarrollados en la industria de la construcción, de manera de obtener mayor cantidad de producto con menores recursos empleados, lo que significa un ahorro en tiempo y utilización de recursos. Esto se lograra

a partir de aumento de efectividad y eficacia a la hora de realizar cualquier trabajo como se puede ver en la siguiente figura:

FIGURA Nro. 5 Relación entre Eficiencia, Efectividad y Productividad



Fuente: Elaboración con base en Administración de Operaciones de Construcción, SERPELL ALFREDO

Los insumos requeridos en la industria de la construcción son principalmente maquinaria y equipos, mano de obra y materiales. Con respecto a la mano de obra esto depende mucho de los rendimientos que tiene los mismos y para optimizarlos se debe de analizar los factores que influyen en la misma.

2.3. Rendimiento de la Mano de Obra

El rendimiento de la mano de obra es el tiempo que emplea un obrero o una cuadrilla para ejecutar completamente una determinada cantidad de obra. Se encuentra relacionado directamente con el avance o ejecución del proyecto, se puede cuantificar por mediciones realizadas en las obras y está sujeto a las condiciones del ambiente de trabajo y los empleados.⁵

⁵Presupuestos de la Construcción (CONSUEGRA, 2006)



$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Tiempo Utilizado}}{\text{Cantidad Producida}}$$

2.3.1. Factores que afectan al Rendimiento de Mano de Obra

Hay una serie de factores que pueden influir en los rendimientos de la mano de obra en la industria de la construcción, según un estudio hecho por el Arquitecto Botero hace una clasificación, mencionando que los factores más importantes que se deberían de tomar en cuenta en un proyecto de construcción son los siguientes:

2.3.1.1. *Economía General*

Este factor está referido a la situación económica de la región en donde se desarrolla el proyecto. Los aspectos que se debe considerar en este factor son los siguientes:

- El volumen de trabajo
- La posibilidad de empleo
- Tendencia de los negocios en general

Si después de un análisis se llega a la conclusión de que estos aspectos son buenos para una determinada región, la productividad tiende a rebajar debido a que si el sector está bien se hace más difícil encontrar la mano de obra que sea calificada tanto en la parte de los obreros como el de los supervisores, mientras en el caso de que la economía se encuentre en estado normal, la productividad tiende a mejorar, porque se dispone de personal calificado para realizar labores de supervisión y ejecución de actividades. Esta categoría produce una reacción directa y en cadena con las otras seis categorías que menciona el autor del presente trabajo.

2.3.1.2. *Aspectos Laborales*

Considerar que existe una estrecha relación entre la productividad de la mano de obra y las condiciones laborales en la cuales se realiza el proyecto. Requerir de personal capacitado en un sector lejano influye también en el aumento de los salarios por parte de los empleadores en la mayoría de las ocasiones, los aspectos que se consideraran en esta categoría son los siguientes:



- Tipo de Contrato.- Por ejemplo el sistema de subcontratación a destajo favorece a la productividad de la mano de obra en comparación al sistema a jornal.
- Sindicalismo.- Esto desfavorece la productividad cuando los empleados mal entienden este término.
- Incentivos.- Una política de incentivos podría aumentar el rendimiento de las cuadrillas de trabajo.
- Ambiente de Trabajo.- Una relación buena entre los compañeros, personal obrero y jefes, esto sumado a un buen ambiente de trabajo en donde se considere los factores humanos aumentara el rendimiento de la mano de obra.
- Seguridad Social.- La tranquilidad que le ofrece a los obreros contar con un seguro que cubra a él y su familia en caso de cualquier accidente, motiva a un aumento en el desempeño de sus funciones.
- Seguridad Industrial.- la implementación de planes de seguridad en los ambientes de trabajo aporta de gran manera a la tranquilidad de los obreros y en consecuencia el aumento de la productividad.

2.3.1.3. *Clima*

El estado del tiempo es un factor importante en el rendimiento de los obreros y poco controlable para el ser humano, los factores dentro de esta categoría son:

- Estado del Tiempo.- Contar con condiciones buenas del estado del tiempo aumentara el desempeño de los trabajadores.
- Temperatura.- Contar con temperaturas muy bajas o muy altas afecta negativamente al rendimiento de la mano de obra.
- Condiciones del Suelo.- Terrenos inestables o las lluvias que ocasionan condiciones muy críticas del estado del suelo donde se realiza las actividades afectan al desempeño de las actividades.
- Cubierta.- Las condiciones del tiempo es un problema que se podría controlar si se contara con una cubierta, lo cual no es posible de realizar siempre.



2.3.1.4. *Actividad*

La relación de una actividad con otras, el plazo de ejecución del mismo y el contar con los recursos necesarios para la realización de la misma son factores que afectan al rendimiento de la mano de obra. Los factores analizados en esta categoría son:

- Grado de dificultad.- La realización de una actividad se ve afectada dependiendo del grado de dificultad que presente la misma.
- Riesgo.- El peligro al cual este sometido el trabajador en el desarrollo de una actividad, disminuirá su rendimiento.
- Discontinuidad.- La presencia de interferencias e interrupciones en el desarrollo de una actividad afecta negativamente al rendimiento de los obreros.
- Orden y aseo.- Contar con ambientes limpios y organizados aumenta el desempeño laboral.
- Actividades predecesoras.- La calidad de la superficie en donde se realiza una actividad afecta al rendimiento de la mano de obra.
- Tipicidad.- El rendimiento sube si se tienen los mismos procedimientos, ya que le facilita al obrero desarrollar la curva de aprendizaje.

2.3.1.5. *Equipamiento*

El disponer de los equipos necesarios, y en las condiciones requeridas, su mantenimiento y reparación continua afecta al desempeño de los obreros, los principales factores en esta categoría son:

- Herramienta.- La calidad, estado de las mismas afecta de gran manera a la actividad desarrollada.
- Equipo.- El estado y disponibilidad de la misma afecta a los rendimientos.
- Mantenimiento.- Un plan de mantenimiento preventivo, correctivo o predictivo aumentaría la productividad de la mano de obra.
- Elementos de Protección.- Está considerando en este factor todos los equipos que intervienen en la seguridad industrial de los trabajadores de la empresa.



2.3.1.6. Supervisión

La calidad y experiencia del personal encargado en la parte de supervisión de la mano de obra es muy importante, los factores que se consideran en esta categoría son:

- Criterios de aceptación.- El contar con la experiencia suficiente para aceptar o rechazar una actividad es importante en la supervisión de las actividades.
- Seguimiento.- El grado de supervisión en las diferentes etapas del proceso.
- Gestión de la Calidad.- La implementación de la gestión de la calidad aumentaría en gran manera la calidad de cada proceso.

2.3.1.7. Trabajador

Los afectos personales del trabajador deben de considerarse porque afectan al desempeño del mismo. Los factores a considerar en esta categoría son:

- Situación personal.- La tranquilidad de un trabajador y el de su familia generan un clima de trabajo agradable.
- Ritmo de trabajo.- Dependiendo de la actividad y el ritmo de trabajo que exija el mismo, la empresa constructora de marcar políticas de descanso que garanticen el normal rendimiento de la mano de obra.
- Habilidad.- Algunos obreros asimilan de manera rápida la realización de algunas tareas lo que favorece al desempeño de la mano de obra.
- Desempeño.- La actitud y la voluntad de los trabajadores en el desarrollo de las actividades son importantes, este factor puede controlarse en el proceso de contratación del mismo.

2.3.2. Metodologías para el cálculo de rendimientos

Considerando la particularidad de la industria de la construcción, así como la gran cantidad de factores que afectan la productividad a la realización de sus actividades comunes, no es recomendable determinar los rendimientos utilizando metodologías de procesos industrializados. (CONSUEGRA, 2006)



En la revisión de la bibliografía se utilizan básicamente los siguientes métodos que se podrían aplicar para la determinación de rendimientos de la mano de obra en la industria de la construcción.

2.3.2.1. Promedio de Resultados

Este rendimiento se refiere directamente a la cantidad de mano de obra expresada en horas-hombre el cual puede ser entre uno o más trabajadores para la ejecución de unas determinada cantidad de obra en particular. Este sistema se basa en la recolección frecuente de información en diferentes etapas de la realización del proyecto, para luego tabular para obtener promedios representativos.

2.3.2.2. Ajustado por los Factores de Afectación

Esta metodología tiene base en el trabajo de la Ing. Triny Hernández en su obra: “APOYO EN EL ESTUDIO SOBRE LA MEDICION DE LA PRODUCTIVIDAD Y RENDIMIENTOS UTILIZADO PARA LA EJECUCION DE LAS ACTIVIDADES, BASADO EN EL ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS”. El cual menciona que para encontrar el rendimiento estándar se debe de ajustar los simples promedios de resultados por los factores de afectación de los Rendimientos de la Mano de Obra, que se mencionaron anteriormente de acuerdo a la escala presentada en el Anexo Nro. 6.

2.3.2.3. Estudio de Tiempos y Movimientos

Esta metodología es usada comúnmente en el rendimiento industrial, fundamentado en la producción en masa, es decir trabajos de un solo tipo, trabajos en puestos fijos y los cuales se desarrolla esencialmente con ayuda de la tecnología. Estas características son muy diferentes a las que se puede apreciar en la industria de la construcción, debido que aquí nosotros vemos diferentes actividades, no se trabaja en puestos fijos, y la mayoría de estas actividades se realizan de forma manual, es por lo cual en el presente proyecto de grado no se trabajara con esta metodología.



2.4. Econometría

La econometría se considera una rama de la economía, que hace uso extensivo de modelos matemáticos y estadísticos, así como la programación lineal y teoría de juegos para analizar, interpretar y hacer predicciones sobre determinados sistemas.

Los modelos econométricos no solo se aplican a campos como la economía, también en áreas como la gestión de empresas, gestión de procesos productivos e incluso temas sociales, es la razón por la cual se usara esta ciencia para determinar la relación entre los factores de afectación y los Rendimientos de Mano de Obra.

2.4.1. Concepto de Modelo Económico

La econometría tiene como objetivo explicar una variable en función de otras. Es decir primero se definen las variables (endógenas, exógenas) que explican y determinan el modelo, los parámetros estructurales que acompañan a las variables. Las ecuaciones y su formulación en su forma matemática, la perturbación aleatoria que explica la parte no sistemática del modelo y los datos estadísticos. Comúnmente se aplica el siguiente procedimiento:

2.4.2. Estimación de los Parámetros de la Ecuación

A partir del modelo econométrico especificado, en esta etapa se procede a la estimación, fase estadística que asigna valores numéricos a los parámetros de la ecuación del modelo. Para ello se utilizan métodos estadísticos como pueden ser: Mínimos Cuadrados Ordinarios, Máxima Verosimilitud, Mínimos Cuadrados Bietapicos, etc. Al recibir los parámetros el valor numérico definen el concepto de estructura que ha de tener valor estable en tiempo especificado.

El modelo General tiene la siguiente forma:

$$Y_t = \beta_1 + \beta_2 X_{2t} + \beta_3 X_{3t} + \beta_4 X_{4t} + \beta_5 X_{5t} + \beta_6 X_{6t} + U_t$$

Donde:

Y_t = Variable Dependiente



X_{nt} = Variable Independiente

$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6$ = Parámetros de la Ecuación

U_t = Variable de Perturbación

La otra etapa en la elaboración del modelo es la verificación y contrastación, donde se someten los parámetros y la variable aleatoria a unos contrastes estadísticos para cuantificar los términos probabilísticos para la validez del modelo estimado.

2.4.3. Validación Estadística del Modelo

Los principales estadísticos a considerar son los siguientes:

- Coeficiente de Determinación
- Coeficiente de Determinación Corregido
- Estimación de la Varianza Residual
- Matriz de Varianzas y Covarianzas
- Significancia de los Parámetros Estimados
- Prueba de Significancia Global

2.4.4. Validación Econométrica del Modelo

Los siguientes fenómenos son considerados para la validación econométrica:

2.4.4.1. *Multicolinealidad*

Es un fenómeno de tipo muestral que surge de información no experimental, no existe un método único para la detectarla o medir su fuerza. Lo que se tiene en realidad son ciertas reglas prácticas, algunas formales y otras informales. Si consideramos algunas de ellas, estas serían:

- Una R^2 elevada pero pocas razones de t significativas.- El presentar una R^2 alta es decir un valor por encima a 0.8, la prueba F en la mayoría de los casos demostrara que tiene una buena significancia global, pero el problema surge cuando la pruebas



t individuales muestran que ningún coeficiente de pendiente o muy pocos son estadísticamente diferente de cero.

- **Altas correlaciones entre parejas de regresoras o variables independientes.-** consiste en observar el coeficiente de correlación de orden cero o entre dos regresoras, si este valor es alto, comúnmente superior al valor de 0,8, el problema de multicolinealidad es alto, no se debe considerar las relaciones para el termino constante, esto se puede apreciar mejor en la matriz de correlaciones.

2.4.4.2. *Heteroscedasticidad*

Un supuesto importante es que las perturbaciones U_i que aparecen en la función de regresión son homoscedasticas es decir que todas tienen la misma varianza. Hay diferentes métodos para la detección de heteroscedasticidad formales como informales. Como se mostrara a continuación.

- **Método Grafico.-** Esto solo consiste en la observación de las gráficas de los residuos estudentizados versus el Rendimiento del Albañil, y ver que no exista un patrón sistemático entre las dos variables, lo cual sugiere que tal vez no haya heteroscedasticidad entre los datos.
- **Prueba de Correlación de orden de Spearman.-** Mediante un análisis multivariado de las correlaciones que existen entre la variable independiente del modelo, se obtuvo la correlación ordinal Spearman. El rango de estos coeficientes de correlación va de -1 a +1 y miden la fuerza de asociación entre las variables. El tercer número de cada bloque de la tabla es un valor P que prueba la significancia estadística de las correlaciones estimadas, los valores de P debajo de 0,05 indican correlaciones significativas diferentes de cero.

2.4.4.3. *Autocorrelacion*

Este es el problema que se presenta cuando el termino del error del periodo anterior esta correlacionado positivamente con el termino de error del periodo anterior. Hay diferentes métodos para la detección de correlación en un modelo econométrico. Para este caso específico se usaran los siguientes:



- **Método Gráfico.-** Este método consiste en la observación de que no existan ningún tipo de tendencias en la gráfica de Residuos Estudentizado versus Número de Fila.
- **Prueba de Durbin Watson.-** Esta es la prueba más conocida para detectar la correlación serial, basada en los residuos estimados que se calculan de manera rutinaria en los análisis de regresión.

2.5. La Simulación

2.5.1. Definición

La simulación es un tipo específico de modelización por la que se trata de representar la realidad de una forma simplificada. Al igual que ocurre con los modelos matemático-estadísticos, los modelos de simulación cuenta con una serie de parámetros de entrada y resultados o variables de salida.

2.5.2. La simulación Monte Carlo

La simulación Monte Carlo es una técnica que combina conceptos estadísticos (muestreo aleatorio) con la capacidad que tiene las computadoras para generar números pseudo-aleatorios y automatizar cálculos. La clave es crear un modelo matemático del sistema o proceso que se quiere analizar, identificando aquellas variables (inputs del modelo) cuyo comportamiento aleatorio determina el comportamiento global del sistema, después de esto el experimento consiste en:

- Generar muestras aleatorias con ayuda del ordenador para los inputs.
- Analizar el comportamiento ante los valores generados, tras repetir n veces este experimento, se tendrá n observaciones sobre el comportamiento del sistema. Obviamente “El análisis será tanto más preciso cuanto mayor sea el número n de experimentos que se lleva a cabo.



Según Marcelo Claudio Perisse “El Método Monte Carlo es una herramienta de investigación y planeamiento, básicamente es una técnica de muestreo artificial, empleada para operar numéricamente sistemas complejos que tengan componentes aleatorios.

2.5.3. La Simulación Monte Carlo en computadora

Son muchos los autores que han apostado por utilizar hojas de cálculo para realizar la Simulación Monte Carlo. La potencia de las hojas de cálculo reside en su universalidad, en su facilidad de uso, en su capacidad para recalcular valores. Excel tiene complementos a través de los cuales se realiza la simulación como Crystall Ball y Risk Simulator.

2.5.4. Numero de Repeticiones para las Simulaciones

Cuando se modela un sistema mediante un programa de computadora los resultados que se obtengan se deben analizar de manera estadística, puesto que la simulación se basa en conjuntos de aleatorios que representan los posibles valores obtenidos en la realidad en cada variable, en consecuencia para tener una visión clara de lo que es posible que ocurra con mayor probabilidad, es necesario utilizar diversos conjuntos de aleatorios estudiar en el sentido estadístico los resultados de la simulación.



CAPITULO 3

TOMA DE DATOS EN OBRA

El procesamiento de la información se la realizo en la obra que se describirá en el siguiente punto solamente hasta la fase de obra gruesa de la misma, con la ayuda de dos cámaras fotográficas, una especialmente para realizar las grabaciones y la otra para tomar fotos, se hizo seguimiento al avance que se tuvo en la obra y el tiempo de ejecución mediante un formulario para recabar los datos con la mayor exactitud posible.

3.1. Descripción de la obra

Es importante realizar la descripción de la obra que está sujeta a estudio porque cada obra presente diferentes tipos de características, dependiendo del uso previsto, y la aplicación de esta metodología arroja resultados diferentes que son característicos de cada obra.

La obra en la cual se está realizando el presente proyecto consiste en la ampliación de una infraestructura residencial. La cual se observa con mayor detalle en los planos mostrados en los Anexos Nro. 48 al 53.

- Localización

La infraestructura residencial se encuentra ubicada en la Zona Aruntaya, Urbanización Aruntaya en el Ex Fundo Irpavi, se encuentra entre la Avenida El Vergel y una Avenida sin nombre y la casa todavía no cuenta con un número de casa, (Ver Anexo Nro. 48).

- Características Generales

Esta infraestructura está construida sobre un área de terreno de lote legal y real de 500 m², la misma cuanta con una superficie construida de 633,10 m², y la superficie de ampliación prevista es de 235.49 m², los cuales se encuentran distribuidos de la siguiente manera:

- ✓ Planta Baja



Compuesto por el dormitorio de servicio con 8,9 m², la lavandería con 6,35 m², un baño con un área de 3,51 m², y los demás 60 m² se encuentran repartidos entre la planta libre y los jardines, obteniendo de esta manera un área total de la planta baja de 70,77 m².

✓ Primer Piso

Está compuesto por un baño de 4,37 m², la cocina con un área de 12,46 m², un pequeño depósito de 1,9 m², un total de 51,56 m² distribuidos entre la sala, el comedor y el bar, y los restantes 4,8 m² entre los ingresos vehiculares y descansos, obteniendo una superficie total del primer piso 75,1 m².

✓ Segundo Piso

Está compuesto por 3 dormitorios de diferentes superficies el primero 14,42 m², el segundo con 9,35 m², y el tercero con un área de 13,18 m², también está compuesto por dos baños el primero con 6,44 m², y el segundo baño con 7,53 m², un balcón con un área de 3,06 m², una terraza con 3,64 m², y los restantes 27,64 m² destinados a ser la sala para el segundo piso, obteniendo una superficie total para el segundo piso de 81,62 m².

3.2. Diseño de la matriz de Registro de Rendimientos

Para la toma de datos de la obra se realizó esta matriz, de tal manera de captar la mayor cantidad de datos posible. Además en esta matriz se realizara el cálculo de los rendimientos por la relación existente entre los el tiempo de ejecución de una actividad y el cómputo métrico de la misma.

CUADRO Nro. 1 Diseño del encabezado de la Matriz de Registro de Rendimientos

ZAPATAS DE H.A.																		
T	Dimensiones			Volumen (m3)	Grado de Avance (%)	Total m3	Ubicación		Tarea	Cuadrilla de Trabajo		Registro de Tiempos			Duración		Rendimiento Mano de Obra	
	b	h	l				X	Y		Albañil	Ayudante	Fecha Inicio	Hora Inicio	Fecha Final	Hora Final	Días	Horas	Rend. Gen. (HR/m3)

Fuente: Elaboración Propia



Primeramente se deberá anotar el nombre de la actividad a la cual se está haciendo referencia como por ejemplo ZAPATAS DE H.A. Ahora se hará una breve descripción de las columnas que conforman la presente matriz.

- ❖ **TC:** Se especificara el piso en el cual se está desarrollando el Ítem en análisis con la siguiente simbología Planta Baja (PB), Primer Piso (1), Segundo Piso (2) y Tercer Piso (3).

Dimensiones

- ❖ **b:** Ancho que presenta la sección de él ítem que se esté midiendo.
- ❖ **h:** Altura que presenta la sección de él ítem que se esté midiendo.
- ❖ **l:** Longitud que presenta el ítem que se está midiendo.

Computo Métrico Ítem: Esta columna hace referencia al volumen o área en la que se mide un determinado ítem por ejemplo m³ en columnas y m² en muros de ladrillo.

Grado de Avance: En base a la observación se estimara un porcentaje de Avance de los Ítems que se encuentra en Análisis.

Total (m³ o m²): En la Industria de la Construcción no es común que se realice solo un Ítem sino varias a la vez, en esta columna se suman los cálculos métricos de todas las realizadas hasta una determinada fecha

Ubicación

- ❖ **X:** Es la ubicación que tiene el determinado ítem en el eje de las abscisas del plano de una infraestructura.
- ❖ **Y:** Es la ubicación que tiene el determinado ítem en el eje de las coordenadas del plano de una infraestructura.

Cuadrilla de Trabajo



- ❖ **Albañil:** En esta casilla se anota el número de Albañiles que desarrollaron el ítem, también se aclara que en el presente proyecto no se tomara en cuenta los encofradores o armadores como personas diferentes a los Albañiles ya que no existen personas encargadas en específico de estas actividades.
- ❖ **Ayudante:** En esta casilla se anotara el número de ayudantes que se encontraban desarrollando la presente actividad.

Registro de Tiempos

- ❖ **Fecha de Inicio:** Se registra la fecha en que se Inició la Actividad.
- ❖ **Hora de Inicio:** La hora de la fecha de Inicio en la que se empezó la Actividad.
- ❖ **Fecha de Finalización:** Se registra la fecha en que se Finalizó la Actividad.
- ❖ **Hora de Finalización:** La hora de la fecha de Finalización en la que se terminó la Actividad.

Duración Medida

- ❖ **Días:** Es la diferencia entre la Fecha de Inicio y la Fecha de Finalización en el cual se realizó el desarrollo una actividad expresada en días.
- ❖ **Horas:** Es la Duración media expresado en Horas

3.3. Diseño de la Matriz de Registro de Factores de Afectación a los Rendimientos de la Mano de Obra.

Como parte de la aplicación de la metodología que se explicara más adelante, es necesario registrar los factores de afectación a los rendimientos de mano de obra, en este caso se trabajara con cinco categorías que son: Actividad, Clima, Equipamiento, Supervisión y Trabajador, los cuales son evaluados de acuerdo a la clasificación que se muestra en el Anexo Nro. 6. Según este cuadro se da una numeración del 1 al 5 a los factores de cada una de las categorías de acuerdo a las condiciones en las cuales se encuentran desarrollando una actividad la cuadrilla de trabajo.

CUADRO Nro. 2 Diseño del encabezado de la matriz para el Registro de Factores de Afectación

Fecha	FACTORES DE EVALUACION														Factores de Evaluación Finales														
	ACTIVIDAD				CLIMA		EQUIPAMIENTO			SUPERVISION		TRABAJADOR			Promedios Factores de Evaluación			Promedios Factores de Evaluación en Porcentajes											
	Dificultad	Peligro	Interrupciones	Orden v Aseo	Actividades Predecesoras	Tipicidad	Lluvia	Temperatura	Cubierta	Herramienta	Disponibilidad	Confiabilidad	Elementos de Protección	Instrucción	Seguimiento	Supervisor	Cansancio	Habilidad	Conocimiento	Capacitación	Actividad	Clima	Equipamiento	Supervisión	Trabajador	Actividad	Clima	Equipamiento	Supervisión

Fuente: Elaboración Propia

3.4. Diseño del Formulario

Este formulario nos servirá para la realización del seguimiento de la obra. Y el diseño está fundamentado tomando en cuenta dos aspectos sumamente importantes como: La información que se quiere recoger y una fácil manipulación en los sitios de medición. Los datos básicos que se deben de incorporar en el formulario según la bibliografía es:⁶

- ✓ **Obra:** Se debe de identificar de manera clara cuál es la obra en la cual se está realizando la medición, además de incluir datos sobre ella, en este caso la obra en donde se realizó la toma de datos solamente es una y llevara este nombre en todos los formularios.
- ✓ **Encuestador:** Es indispensable también el registro del nombre de la persona que realizo la toma de datos, en este caso también el autor del presente proyecto de grado fue el que realizo las observaciones.
- ✓ **Actividad:** Se debe describir claramente que actividad se está midiendo y las unidades de medida con las cuales se está trabajando.
- ✓ **Descripción:** Si es necesario se debe de realizar una descripción precisa de la actividad que se está analizando.

⁶Botero, L. F. (s.f.). Análisis de Rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción. 2002.



- ✓ **Cuadrilla:** Se debe anotar el número de obreros que participan en el desarrollo de la actividad. Además del cargo que ocupan cada uno de ellos, este formulario además nos servirá de manera importante cuando se analicen los factores que afectan a los rendimientos de la mano de obra en la metodología presentada más adelante.
- ✓ **Tiempo consumido:** El mismo debe de permitir el registro de los tiempos de duración del desarrollo de las actividades, la hora de entrada y salida como también el tiempo de interrupciones que se pudieron observar.
- ✓ **Cantidad de obra:** El formulario debe de presentar la cantidad de obra ejecutada, muchas veces se presenta difícil el llenado de este dato debido a que se deben de realizar determinadas actividades para la realización de las mismas, por ejemplo el armado del fierro antes del vaciado de la columna.
- ✓ **Grado de Avance:** En esta parte se asignará un porcentaje de Avance que se tiene del Ítem.

Tomando en cuenta todo lo mencionado anteriormente se hizo el diseño del siguiente formulario de recolección de datos que nos servirá para el desarrollo del trabajo:



FIGURA Nro. 6 Formulario de Toma de Datos

FORMATO DE REGISTRO DE TIEMPOS DE MANO DE OBRA					
Fecha:					
Constructora:					
Descripción de la Obra:					
ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL DIA					
Actividad 1:			U.M.:		
Descripción de la Actividad:					
Actividad 2:			U.M.:		
Descripción de la Actividad:					
CUADRILLAS DE TRABAJO					
	Actividad 1		Actividad 2		
	Albañiles	Ayudantes	Albañiles	Ayudantes	
Numero:					
Hora de Inicio:					
Hora de Finalización:					
Cantidad Ejecutada:					
Grado de Avance					
FACTORES DE EVALUACION					
ACTIVIDAD	Dificultad		CLIMA	Lluvia	
	Peligro			Temperatura	
	Interrupciones			Cubierta	
	Orden y Aseo		EQUIPAMIENTO	Herramienta	
	Actividades Predecesoras			Disponibilidad	
	Tipicidad			Confiabilidad	
TRABAJADOR	Cansancio		SUPERVISION	Elem. De Protección	
	Habilidad			Instrucción	
	Conocimiento			Seguimiento	
	Capacitación			Supervisor	
Observaciones:					

Fuente: Elaboración con base en (CELIS, 2007)



A continuación se describe cada uno de los espacios incluidos en el formulario:

Fecha: Se anota el día en el cual se realizó la observación.

Constructora: Este formulario está diseñado de manera que se pueda adoptar a otras empresas constructoras, aunque en este caso específicamente solo se trabajara con la Empresa Constructora ISHTAR S.R.L.

Descripción de la Obra: Este espacio está previsto para anotar el nombre de la obra donde se hace la observación, bajo la idea que en el futuro los resultados de este proyecto sean comparados con los resultados de otros proyectos.

Actividad: Se anota el nombre de la actividad que se está realizando, donde se debe de tratar de ser lo más específico posible.

Unidades de Medida (U.M.): Se escribe la unidad con la cual se está midiendo la actividad (m², m³, ml).

Descripción de la Actividad: este espacio se debe llenar con información relevante e importante de la actividad que se está realizando.

Numero: En este espacio se debe llenar el número de oficiales como ayudantes que se están requiriendo para el desarrollo de la actividad.

Hora de Inicio: Es la hora del empiezo de la realización de la actividad.

Hora de Finalización: Se anota la hora en la cual finalizo el trabajo.

Cantidad Ejecutada: Se anota el cómputo métrico del Ítem que se esté desarrollando.

Grado de Avance: Se anota un porcentaje de Avance según considere el que registre la información.

Factores de Evaluación: Se diseñó este espacio para evaluar los factores de las siguientes categorías: Actividad, equipamiento, supervisión y clima. Se emplea el cuadro del Anexo



Nro. 6 para la valoración de cada uno de estos factores y poder desarrollar la metodología que se mostrara más adelante.

Observaciones: Se prevé este espacio para anotar cualquier situación importante e imprevista durante la observación o con el fin de justificar los datos que se encuentran anotados en el formulario y facilitar el procesamiento de la información.

3.5. Registro de datos en obra

Mencionar que para el proyecto de grado, el registro de datos se lo realizo mediante el llenado del Formulario de Toma de Datos que se mostró anteriormente en los días en los cuales se estuvo en la obra, para después almacenar toda la información a las matrices anteriormente mencionadas (Cuadro Nro. 1 y 2).

3.5.1. Registro de los Factores de Afectación a los Rendimientos de la Mano de Obra

En la metodología que se describirá más adelante es importante el registro de los factores que afectan a los rendimientos dividido en cinco categorías Actividad, Equipamiento, Clima, Trabajador y Supervisión, el cual se lo realizara mediante el formulario de toma de Datos, para después trasladar estos datos en la Matriz de Registro de los Factores de Afectación como se muestra en el Anexo Nro. 7.

Los mismos fueron evaluados en base al Anexo Nro. 6, como se mencionó anteriormente, la numeración dada a cada factor es bajo el criterio de la persona que registra la información de acuerdo a lo visto y registrado durante la permanencia en obra. La misma se encuentra registrado en el Anexo Nro. 7 con el detalle de los registros de las cinco categorías y las fechas en las cuales se realizaron las mismas.

3.5.2. Registro de los Rendimientos de las Actividades

En esta parte se describe los ítems que se vieron durante el desarrollo del proyecto de grado. En donde se hace el llenado de información de manera cronológica y secuencial de acuerdo a las actividades que realizaba la cuadrilla de trabajo cuando se estuvo en la obra y que se pudieron observar.



Mencionar que fue complejo la estimación de los tiempos exactos, porque la cuadrilla de trabajo no realizaba las mismas tareas y se dividían en varias actividades en una jornada de trabajo. También se obtuvo los cómputos métricos de las actividades asignándole un porcentaje de avance de acuerdo al criterio del observador.

La codificación manejada en la ubicación de los ítems está de acuerdo a los planos que nos brindó la empresa, por lo cual se aconseja revisar los respectivos mismos para una buena comprensión y lectura de los datos mostrados en las matrices de registro de información que se mostrara a continuación, se debe considerar también que los Registros de Rendimientos se mostraran en forma reducida es decir solamente con algunas de las columnas que conforman la Matriz de Registro de Rendimientos, debido a la extensión de la misma.

3.5.2.1. Zapatas

En la obra que fue analizada y estudiada se presentan 18 zapatas distribuidas a lo largo del terreno, de las cuales la mayoría tiene diferentes cómputos métricos, dependiendo del lugar y el soporte que represente para la estructura. Cuando se llegó a la obra se apreció que la mayoría de las zapatas ya estaban excavadas y solamente unas cuantas eran las que faltaban por lo cual no se cuenta con la suficiente muestra para trabajar con el ítem excavación y no se tomara en cuenta en el presente proyecto. Para mayor detalle de los mismos se puede ver el plano de fundaciones en el Anexo Nro. 53 en donde se encuentra la localización de las zapatas de acuerdo a la simbología que se usa en la tabla matriz de información. A continuación se muestra el Registro de Rendimientos de las Zapatas de H.A. en forma reducida, la Matriz completa se puede apreciar en el Anexo Nro. 8.

**CUADRO Nro. 3 Registro de Rendimientos de las Zapatas de H.A.**

ZAPATAS DE H.A.								
Total m3	Personal		Registro de Tiempos		Duración ⁷		Rendimiento Mano de Obra	
	Albañil	Ayudante	Fecha Inicio	Fecha Final	Días	Horas	Rendimiento Albañiles ⁸	Rendimiento Ayudantes ⁹
0,52	2,00	3,00	16/03/2015	16/03/2015	1,00	8,00	30,48	45,72
1,42	2,00	3,00	16/03/2015	17/03/2015	1,50	12,00	16,93	25,39
1,70	2,00	3,00	16/03/2015	18/03/2015	1,50	12,00	14,12	21,18
2,62	2,00	3,00	16/03/2015	19/03/2015	3,50	28,00	21,34	32,00
2,50	2,00	3,00	17/03/2015	20/03/2015	1,50	12,00	9,60	14,40
1,82	2,00	2,50	20/03/2015	21/03/2015	1,00	8,00	8,77	10,97
4,06	2,00	2,50	20/03/2015	23/03/2015	3,00	24,00	11,83	14,79
0,73	2,50	3,00	24/03/2015	24/03/2015	1,00	8,00	27,31	32,77
1,65	2,50	3,00	24/03/2015	25/03/2015	2,00	16,00	24,28	29,14
1,57	2,00	3,00	26/03/2015	27/03/2015	1,50	12,00	15,27	22,90
3,23	2,00	3,00	26/03/2015	30/03/2015	3,00	24,00	14,86	22,30
0,26	1,00	2,00	20/04/2015	20/04/2015	0,50	4,00	15,43	30,86
0,58	1,00	2,00	20/04/2015	21/04/2015	1,00	8,00	13,89	27,78
0,38	1,00	2,00	22/04/2015	23/04/2015	0,75	6,00	15,63	31,25
0,19	1,00	1,00	07/05/2015	08/05/2015	0,50	4,00	20,83	20,83

Fuente: Elaboración con base en las actividades que realiza la empresa

En base a los datos obtenidos del Rendimiento de los Albañiles y Ayudantes, se realizara el análisis de las variables de manera independiente, así como un análisis multivariado de las mismas. Para la realización de este tipo de cálculos se usó programas estadísticos como es el caso de SPSS Statistics 17.0, Statgraphics Centurion y también el Programa Crystall Ball que también nos ayudara en los cálculos más adelante.

En primera instancia mediante un análisis estadístico independiente de las variables anteriormente mencionadas se obtuvieron los siguientes resultados:

⁷ Duración = Fecha Inicial – Fecha Final

⁸ Rendimiento Albañiles = (Total Cómputos Métricos/Duración Horas)*Numero Albañiles

⁹ Rendimiento Ayudantes = (Total Cómputos Métricos/Duración Horas)*Numero Ayudantes

CUADRO Nro. 4 Resumen Estadístico de Rendimientos de las Zapatas de H.A.

Estadísticas	Rendimiento Albañil	Rendimiento Ayudante
Media	17,3715805	25,4858676
Mediana	15,4320988	25,3894369
Desviación estándar	6,27632994	8,82721886
Varianza	39,3923175	77,9197928
Sesgo	0,61460965	0,33741856
Curtosis	2,24922466	2,72309235
Coefficiente de variación	0,36129873	0,3463574
Mínimo	8,77337281	10,966716
Máximo	30,4805448	45,7208173
Ancho de rango	21,707172	34,7541012
Error estándar medio	1,62054142	2,27917811

Fuente: Elaboración con base en las actividades que realiza la empresa

Los resultados nos muestran que en promedio es necesario 17,37 horas de los albañiles y 25,48 horas de los ayudantes por cada m³ de Zapatas de H.A. construidos. Obteniendo una desviación estándar de 6,27 y 8,82 respectivamente, durante la elaboración de las diferentes zapatas se contaba con diferentes cuadrillas de trabajo, pero en la mayoría de los casos se encuentra conformada por 2 albañiles y 3 ayudantes. Como se puede apreciar en la siguiente figura.

FIGURA Nro. 7 Fotografías de la conformación de la Cuadrilla para las Zapatas de H.A.



Fuente: Fotografías tomadas en el seguimiento de la obra

Durante la permanencia en la obra se tuvo diferentes tipos de rendimientos de acuerdo a las condiciones laborales en las cuales se encontraban desarrollando una actividad, teniendo como mínimo los rendimientos de 8,77 y 10,96 (Hr/m³) y como máximo los rendimientos de 30,48 y 45,72 (Hr/m³) para los albañiles y ayudantes respectivamente.

Se realizó también la clasificación de los Rendimientos en tres niveles que son Alto, Medio y Bajo, dividiendo en diferentes intervalos del mismo ancho como se puede apreciar en los cuadros y gráficas, las frecuencias muestran el número de datos en cada intervalo y las frecuencias relativas muestran las proporciones en cada intervalo, este procedimiento se lo realizara para los albañiles y ayudantes.

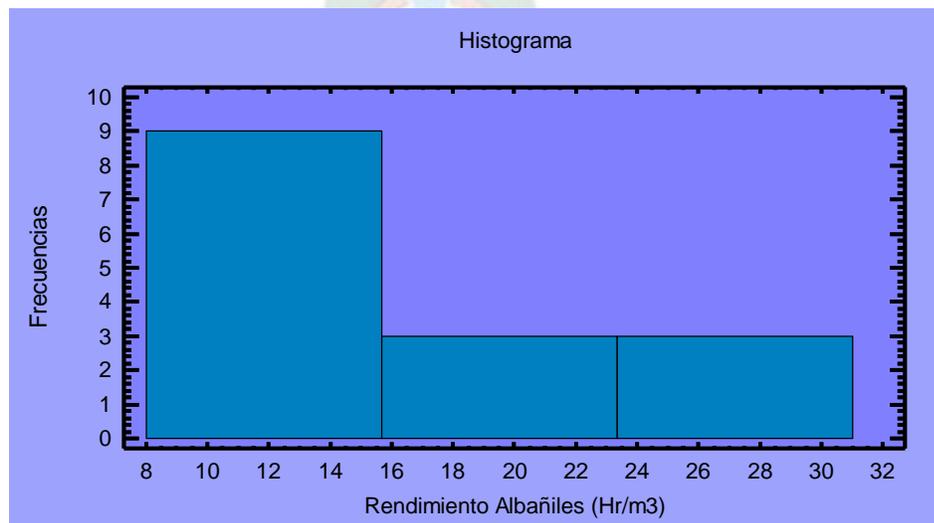
CUADRO Nro. 5 Categorías de los Rendimientos de los Albañiles (Zapatatas de H.A.)

<i>Rendimiento</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Frecuencia Relativa</i>	<i>Frecuencia Acumulada</i>	<i>Frecuencia Rel. Acum.</i>
Alto	8,0	15,67	9	0,6000	9	0,6000
Medio	15,67	23,33	3	0,2000	12	0,8000
Bajo	23,33	31,0	3	0,2000	15	1,0000

Fuente: Elaboración con base en las actividades que realiza la empresa

Un 60% de los datos con pertenecen al Rendimiento Alto en el Intervalo de 8-16 (Hr/m³), y los otros 2 son los Rendimientos Bajo y Medio con 20% para cada uno de ellos.

FIGURA Nro. 8 Categorías de los Rendimientos de los Albañiles (Zapatatas de H.A.)



Fuente: Elaboración con base en las actividades que realiza la empresa

Realizando la misma secuencia de cálculos para los Ayudantes:

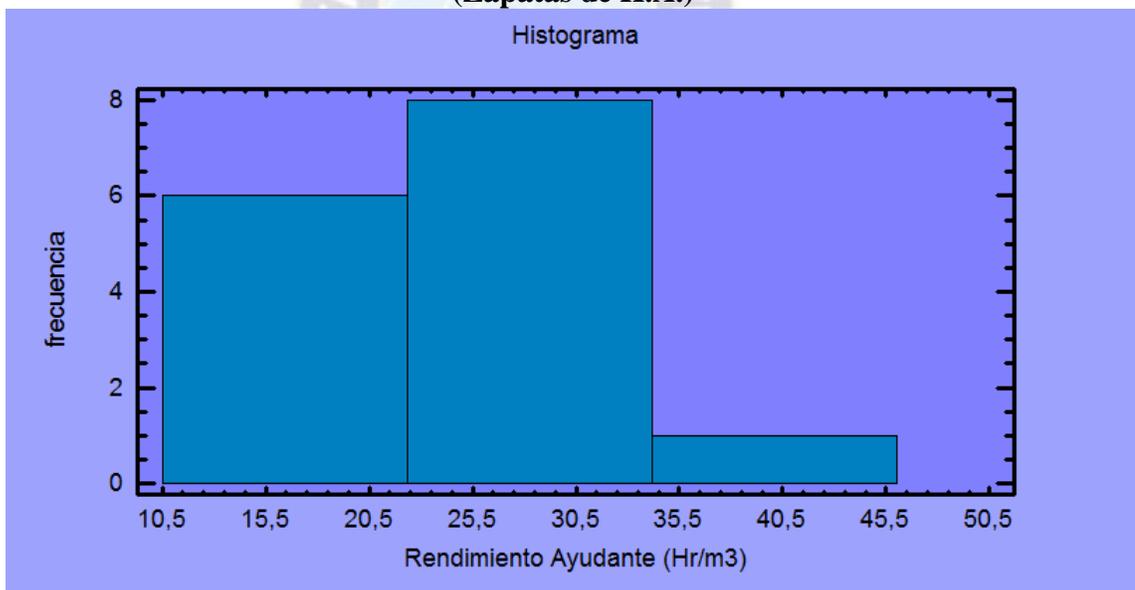
CUADRO Nro. 6 Categorías de los Rendimientos de los Ayudantes (Zapatas de H.A.)

Rendimiento	Límite Inferior	Límite Superior	Frecuencia	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Rel. Acum.
Alto	10,5	22,3333	6	0,4000	6	0,4000
Medio	22,3333	34,1667	8	0,5333	14	0,9333
Bajo	34,1667	46,0	1	0,0667	15	1,0000

Fuente: Elaboración con base en las actividades que realiza la empresa

En este cuadro se puede apreciar que se tiene un 53,33% de los datos con un Rendimiento Medio en el Intervalo de 22,33-34,17 (Hr/m³), y los otros 2 son los Rendimientos Bajo y Medio con 6,67% y 40% respectivamente.

FIGURA Nro. 9 Categorías de los Rendimientos de los Ayudantes (Zapatas de H.A.)



Fuente: Elaboración con base en las actividades que realiza la empresa

En un análisis multivariado se puede ver la relación que existe entre las variables de Rendimientos de Albañiles y Rendimientos de Ayudantes. En el Anexo Nro. 9 Se muestra el grafico de Dispersión para el Ítem de Zapatas de H.A.



3.5.2.2. Vigas de Fundación de Hormigón Armado

Para el registro de información de las Vigas de Fundación de H.A. se tomó los datos de un punto a otro y no puntos en específico como se hizo en el caso de las zapatas, por lo tanto la longitud que presente este ítem esta medido desde el punto que indica inicio, hasta la ubicación que indica el punto final. Se debe de tomar en cuenta que en la presente obra primero se realizaba el vaciado de las vigas de fundación y recién se realizaba el encofrado de las columnas. A continuación se muestra el Registro de Rendimientos de las Vigas de Fundación de H.A. en forma reducida, la Matriz completa se puede apreciar en el Anexo Nro. 10.

CUADRO Nro. 7 Toma de datos de las Vigas de Fundación H.A.

VIGAS DE FUNDACION DE H.A.								
Total m3	Personal		Registro de Tiempos		Duración		Rendimiento Mano de Obra	
	Albañil	Ayudante	Fecha Inicio	Fecha Final	Días	Horas	Rendimiento Albañiles	Rendimiento Ayudantes
0,24	1,00	2,00	06/04/2015	06/04/2015	0,40	3,20	13,40	26,79
0,53	1,00	2,00	06/04/2015	07/04/2015	0,80	6,40	12,08	24,15
0,84	2,00	4,00	06/04/2015	07/04/2015	1,00	8,00	19,14	38,27
1,19	2,00	4,00	06/04/2015	08/04/2015	1,20	9,60	16,08	32,15
0,18	2,00	3,00	08/04/2015	08/04/2015	0,25	2,00	21,87	32,81
0,55	2,00	3,00	08/04/2015	08/04/2015	0,80	6,40	23,33	35,00
0,73	2,00	3,00	08/04/2015	09/04/2015	1,00	8,00	21,87	32,81
0,91	1,50	3,50	08/04/2015	09/04/2015	1,20	9,60	15,75	36,75
0,22	1,00	2,00	21/04/2015	21/04/2015	0,50	4,00	17,91	35,82
0,41	1,00	2,00	21/04/2015	22/04/2015	1,00	8,00	19,60	39,19
0,58	1,00	2,00	21/04/2015	22/04/2015	1,20	9,60	16,60	33,20
0,68	1,00	2,00	21/04/2015	22/04/2015	1,50	12,00	17,64	35,27
0,24	1,00	2,00	24/04/2015	24/04/2015	0,50	4,00	16,51	33,02
0,50	1,00	2,00	24/04/2015	24/04/2015	1,00	8,00	15,93	31,86
0,81	1,00	2,00	24/04/2015	25/04/2015	1,30	10,40	12,88	25,76

Fuente: Elaboración con base en las actividades que realiza la empresa

Mediante un análisis estadístico independiente de las variables de los Rendimientos de los Albañiles y la de los Ayudantes se obtuvieron los siguientes resultados mostrados a continuación:

CUADRO Nro. 8 Resumen Estadístico de Rendimientos de las Vigas de Fundación de H.A.

Estadísticas	Rendimiento Albañiles (Hr/m3)	Rendimiento Ayudante (Hr/m3)
Media	17,3710667	32,8562579
Mediana	16,5992323	33,0196467
Modo	21,872266	32,808399
Desviación estándar	3,34033881	4,37827197
Varianza	11,1578633	19,1692654
Sesgo	0,17581911	-0,57127056
Curtosis	1,91396461	2,26126905
Coefficiente de variación	0,19229325	0,13325534
Mínimo	12,0772947	24,1545894
Máximo	23,330417	39,1926318
Ancho de rango	11,2531223	15,0380424
Error estándar medio	0,86247177	1,13046496

Fuente: Elaboración con base en las actividades que realiza la empresa

Los resultados nos dicen que en promedio se necesita 17,37 horas para el Albañil y de 32 ,85 horas de Ayudante por cada m3 de Viga de Fundación de H.A. con una desviación estándar de 3,34 y 4,37 respectivamente.

FIGURA Nro. 10 Fotografías de la conformación de la Cuadrilla para las Vigas de Fundación de H.A.



Fuente: Fotografías tomadas en el seguimiento de la obra

En la fotografía se observa una cuadrilla de trabajo de 2 albañiles y 2 ayudantes que era la conformación en la mayoría de los casos, en algunos casos también se contaba con solo un albañil y un ayudante, mientras las otras personas se encontraban realizando otras actividades como por ejemplo el alistado del encofrado de las columnas.

El menor tiempo para la realización de un metro cubico de Vigas de Fundación de H.A. fue de 12,07 horas para los albañiles y de 24,15 horas para los ayudantes, y el tiempo máximo requerido fue de 23,34 horas para los albañiles y de 39,2 horas para los ayudantes.

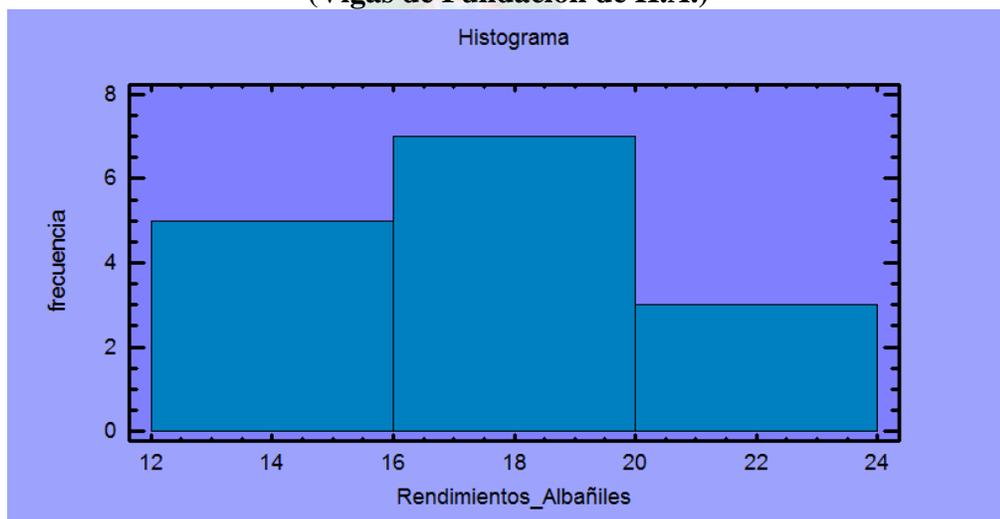
CUADRO Nro. 9 Categorías de los Rendimientos de los Albañiles (Vigas de Fundación de H.A.)

<i>Rendimiento</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Frecuencia Relativa</i>	<i>Frecuencia Acumulada</i>	<i>Frecuencia Rel. Acum.</i>
Alto	12	16	5	0,3333	5	0,3333
Medio	16	20	7	0,4667	12	0,8
Bajo	20	24	3	0,2	15	1

Fuente: Elaboración con base en las actividades que realiza la empresa

Realizando la clasificación de los rendimientos en los niveles medio alto y bajo se observa que se tiene un 46,67% de los datos con un Rendimiento Medio en el Intervalo de 16-20 (Hr/m³), y los otros 2 son los Rendimientos Bajo y Medio con 33,33% y 20% respectivamente.

FIGURA Nro. 11 Categorías de los Rendimientos de los Albañiles (Vigas de Fundación de H.A.)



Fuente: Elaboración con base en las actividades que realiza la empresa

Realizando la misma secuencia de cálculos para los Ayudantes:

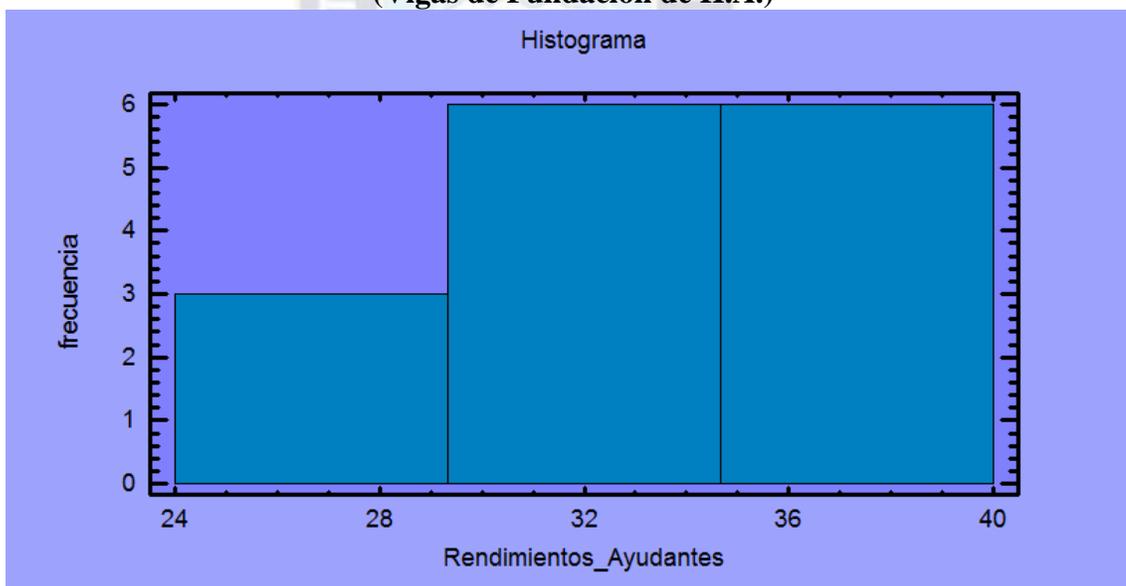
CUADRO Nro. 10 Categorías de los Rendimientos de los Ayudantes (Vigas de Fundación de H.A.)

Rendimiento	Límite Inferior	Límite Superior	Frecuencia	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Rel. Acum.
Alto	24	29,3333	3	0,2	3	0,2
Medio	29,333	34,6667	6	0,4	9	0,6
Bajo	34,666	40	6	0,4	15	1

Fuente: Elaboración con base en las actividades que realiza la empresa

Con los resultados se observa que un 40% de los datos con un Rendimiento Medio y Bajo en el Intervalo de 29,33-34,67 (Hr/m³) y 34,67-40 (Hr/m³) respectivamente, y el Rendimiento Alto con solo 20% de los datos

FIGURA Nro. 12 Categorías de los Rendimientos de los Ayudantes (Vigas de Fundación de H.A.)



Fuente: Elaboración con base en las actividades que realiza la empresa

En un análisis multivariado se puede ver la relación que existe entre las variables de Rendimientos de los Albañiles y la de los Ayudantes. En el Anexo Nro. 11 .Se muestra el grafico de Dispersión para el Ítem de Vigas de Fundación de H.A.

3.5.2.3. Columnas

Se realizó el vaciado de tres losas y no como estaba planificado en un principio, que eran solo 2 losas y acabar todo con una cubierta. Por lo tanto se debe de aclarar que se hizo el



vaciado de las columnas en la planta baja para levantar el primer piso, en el primer piso para el segundo piso, y en el segundo piso para el levantamiento de la terraza. En la columna TC del cuadro se refiere al nivel en la cual se realizó el vaciado de las mismas. A continuación se muestra el Registro de Rendimientos de las Columnas de H.A. en forma reducida, la Matriz completa se puede apreciar en el Anexo Nro. 12

CUADRO Nro. 11 Toma de datos de las Columnas

COLUMNAS DE H.A.								
Total m3	Cuadrilla de Trabajo		Registro de Tiempos		Duración		Rendimiento Mano de Obra	
	Oficial	Ayudante	Fecha Inicio	Fecha Final	Días	Horas	Rendimiento Albañiles	Rendimiento Ayudantes
0,16	1,00	2,00	10/04/2014	10/04/2015	0,45	3,60	23,04	46,08
0,30	1,00	2,00	10/04/2014	11/04/2015	0,90	7,20	24,25	48,51
0,47	1,00	2,00	10/04/2014	13/04/2015	1,40	11,20	23,89	47,79
0,38	1,50	3,00	13/04/2015	14/04/2015	0,80	6,40	25,18	50,36
0,64	2,00	4,00	14/04/2015	15/04/2015	1,00	8,00	25,07	50,15
1,13	2,00	4,00	14/04/2015	16/04/2015	2,00	16,00	28,29	56,57
0,19	1,00	1,50	20/04/2015	21/04/2015	0,70	5,60	29,87	44,80
0,27	2,00	2,50	23/04/2015	23/04/2015	0,60	4,80	36,14	45,18
0,47	2,00	2,50	23/04/2015	24/04/2015	1,10	8,80	37,55	46,93
0,19	1,00	2,00	27/04/2015	28/04/2015	0,50	4,00	21,33	42,67
0,31	1,00	2,00	27/04/2015	28/04/2015	0,80	6,40	20,48	40,96
0,16	1,00	1,50	10/05/2015	11/05/2015	0,60	4,80	30,72	46,08
0,65	2,00	2,50	26/05/2015	27/05/2015	1,40	11,20	34,73	43,41
1,00	2,00	2,50	26/05/2015	29/05/2015	2,20	17,60	35,20	44,00
0,61	2,00	2,50	15/06/2015	16/06/2015	1,50	12,00	39,67	49,59
1,00	2,00	2,50	15/06/2015	18/06/2015	2,20	17,60	35,20	44,00

Fuente: Elaboración con base en las actividades que realiza la empresa

Mediante un análisis estadístico independiente de las variables de los Rendimientos de los Albañiles y la de los Ayudantes se obtienen los siguientes resultados:

CUADRO Nro. 12 Resumen Estadístico de Rendimientos de las Columnas de H.A.

Estadísticas	Rendimiento Albañiles (Hr/m3)	Rendimiento Ayudante (Hr/m3)
Media	29,41	46,69
Mediana	29,08	46,08
Modo	35,20	44,00
Desviación estándar	6,30	3,80
Varianza	39,64	14,46
Sesgo	0,12	0,85
Curtosis	1,40	3,44
Coefficiente de variación	0,21	0,08
Mínimo	20,48	40,96
Máximo	39,67	56,57
Ancho de rango	19,19	15,61
Error estándar medio	1,57	0,95

Fuente: Elaboración con base en las actividades que realiza la empresa

Mediante los resultados obtenidos se puede decir que en promedio se necesita 29,41 horas para el Albañil y de 46,69 horas de Ayudante por cada m³ de Columnas de H.A. con una desviación estándar de 6,30 y 3,80 respectivamente.

FIGURA Nro. 13 Fotografías de la conformación de la Cuadrilla para las Columnas de H.A.



Fuente: Fotografías tomadas en el seguimiento de la obra

Mediante el tiempo de seguimiento en la obra se observó que la conformación de la cuadrilla de trabajo para el Ítem de Columnas de H.A. fue de 2 albañiles y 3 ayudantes en más ocasiones. El menor tiempo para la realización de un metro cubico de Columnas de H.A. fue de 20,48 horas para los albañiles y de 40,96 horas para los ayudantes, y el tiempo máximo requerido fue de 39,67 horas para los albañiles y de 56,57 horas para los ayudantes.

Realizando una clasificación de los rendimientos entre medio alto y bajo se presenta los siguientes cuadros y figuras.

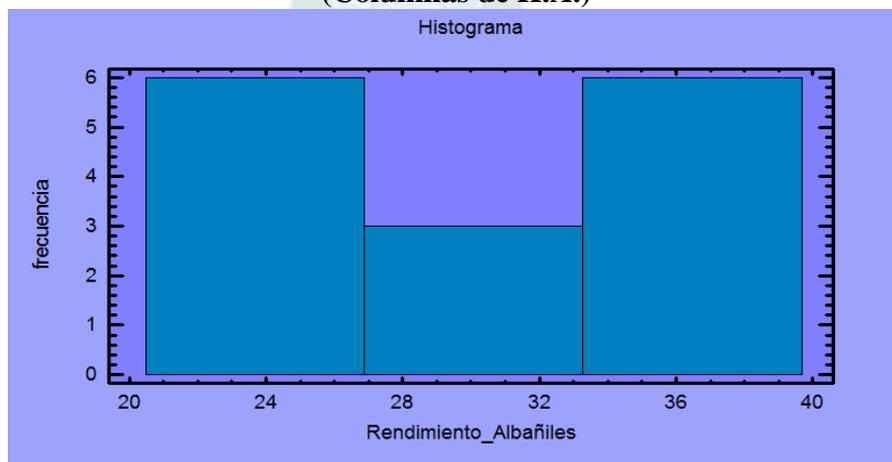
CUADRO Nro. 13 Categorías de los Rendimientos de los Albañiles (Columnas de H.A.)

<i>Rendimiento</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Frecuencia Relativa</i>	<i>Frecuencia Acumulada</i>	<i>Frecuencia Rel. Acum.</i>
Alto	20,48	26,88	6,00	0,38	7,00	0,44
Medio	26,88	33,27	3,00	0,19	10,00	0,63
Bajo	33,27	39,67	6,00	0,38	16,00	1,00

Fuente: Elaboración con base en las actividades que realiza la empresa

En este caso se observaron más datos comprendidos entre los Rendimientos Altos y Bajos con 38% cada uno, con sus límites de 20,48-26,88 (Hr/m³) para los Rendimientos Altos y de 33,27-39,67 (Hr/m³) para los Rendimientos Bajos, y finaliza el Rendimiento Medio de 26,88-33,27 (Hr/m³) con solo un 19%.

FIGURA Nro. 14 Categorías de los Rendimientos de los Albañiles (Columnas de H.A.)



Fuente: Elaboración con base en las actividades que realiza la empresa

Realizando la misma secuencia de cálculos para los Ayudantes:

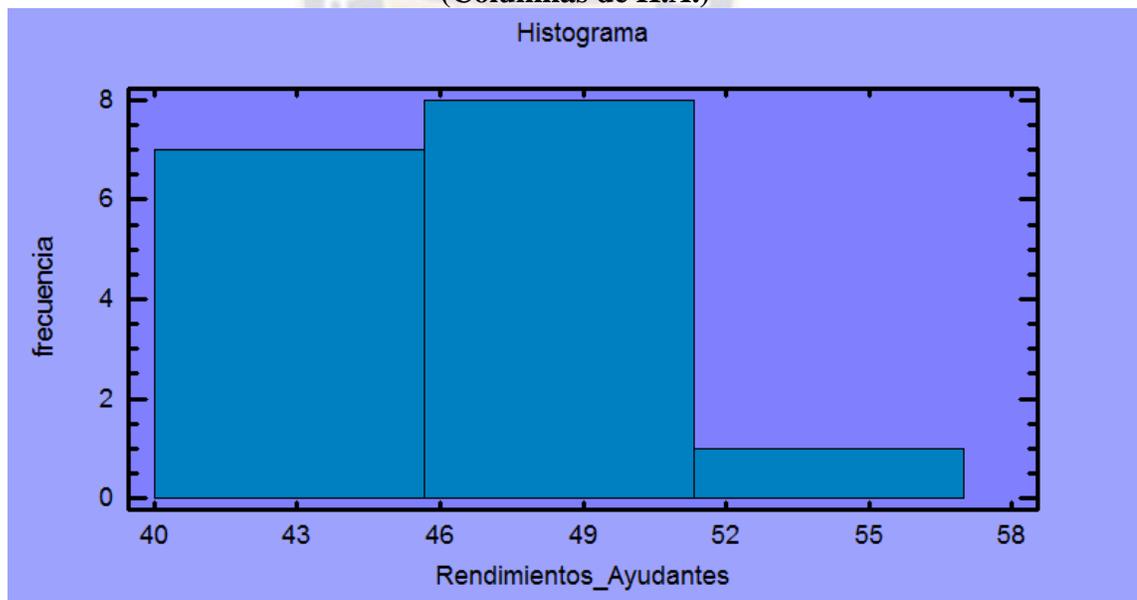
CUADRO Nro. 14 Categorías de los Rendimientos de los Ayudantes (Columnas de H.A.)

Rendimiento	Límite Inferior	Límite Superior	Frecuencia	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Rel. Acum.
Alto	40,00	45,67	7,00	0,44	7,00	0,44
Medio	45,67	51,33	8,00	0,50	15,00	0,94
Bajo	51,33	57,00	1,00	0,06	16,00	1,00

Fuente: Elaboración con base en las actividades que realiza la empresa

El mayor porcentaje de datos está en el Rendimiento Medio con 50% en el Intervalo de 45,67-51,33 (Hr/m³), seguido del Rendimiento Alto con 44% con un intervalo comprendido entre 40-45,67 (Hr/m³) y por último el Rendimiento Bajo con solo un 6%.

FIGURA Nro. 15 Categorías de los Rendimientos de los Ayudantes (Columnas de H.A.)



Fuente: Elaboración con base en las actividades que realiza la empresa

En un análisis multivariado se puede ver la relación que existe entre las variables de Rendimientos de los Albañiles y la de los Ayudantes. En el Anexo Nro. 13 se muestra el gráfico de Dispersión para el Ítem de Columnas de H.A.



3.5.2.4. Losa Alivianada

Para la toma de datos se considera solamente la superficie de la losa, porque la altura o el espesor que tiene la misma son constantes de 20 cm. Además se pone PB por ser la planta baja en donde se hizo el armado de los puntales y el fierro antes de vaciar la losa, así también si se pone 1 es porque se realizó el mismo procedimiento en este piso y así sucesivamente. A continuación se muestra el Registro de Rendimientos de las Zapatas de H.A. en forma reducida, la Matriz completa se puede apreciar en el Anexo Nro. 14

CUADRO Nro. 15 Toma de datos de la Losa Alivianada H=20

LOSA ALIVIANADA H=20 cm. VIGUETA PRETENSADA								
m3	Personal		Registro de Tiempos		Duración		Rendimiento Mano de Obra	
	Oficial	Ayudante	Fecha Inicio	Fecha Final	Días	Horas	Rendimiento Albañiles	Rendimiento Ayudantes
15,02	2,5	4,5	11/05/2015	12/05/2015	1,2	9,6	1,60	2,88
26,29	2,5	4,5	11/05/2015	13/05/2015	2,5	20	1,90	3,42
37,55	2,5	4,5	11/05/2015	15/05/2015	3,5	28	1,86	3,36
48,82	2,5	4,5	11/05/2015	16/05/2015	4,5	36	1,84	3,32
60,08	2,5	4,5	11/05/2015	18/05/2015	5	40	1,66	3,00
75,10	2,5	4,5	11/05/2015	21/05/2015	7,5	60	2,00	3,60
24,49	2,5	4,5	01/06/2015	03/06/2015	2	16	1,63	2,94
40,81	2,5	4,5	01/06/2015	05/06/2015	4	32	1,96	3,53
57,13	2,5	4,5	01/06/2015	08/06/2015	5,5	44	1,93	3,47
81,62	2,5	4,5	01/06/2015	10/06/2015	8,5	68	2,08	3,75
12,24	2,5	4,5	22/06/2015	23/06/2015	1,5	12	2,45	4,41
28,57	2,5	4,5	22/06/2015	25/06/2015	3,5	28	2,45	4,41
53,05	2,5	4,5	22/06/2015	26/06/2015	4,5	36	1,70	3,05
69,38	2,5	4,5	22/06/2015	29/06/2015	6	48	1,73	3,11
81,62	2,5	4,5	22/06/2015	30/06/2015	7,5	60	1,84	3,31

Fuente: Elaboración con base en las actividades que realiza la empresa

Mediante un análisis estadístico independiente de los Rendimientos de los Albañiles y de los Ayudantes se obtuvieron los siguientes resultados:

CUADRO Nro. 16 Resumen Estadístico de Rendimientos de las Losa Alivianada H=20cm.

Estadísticas	Rendimiento Albañiles (Hr/m3)	Rendimiento Ayudante (Hr/m3)
Media	1,91	3,44
Mediana	1,86	3,36
Desviación estándar	0,26	0,47
Varianza	0,07	0,22
Sesgo	0,91	0,91
Curtosis	2,83	2,83
Coefficiente de variación	0,14	0,14
Mínimo	1,60	2,88
Máximo	2,45	4,41
Ancho de rango	0,85	1,53
Error estándar medio	0,07	0,12

Fuente: Elaboración con base en las actividades que realiza la empresa

Mediante los resultados obtenidos se puede decir que en promedio se necesita 1,91 horas para el Albañil y de 3,44 horas de Ayudante por cada m² de Losa Alivianada H=20cm. con una desviación estándar de 0,26 y 0,47 respectivamente.

FIGURA Nro. 16 Fotografías de la conformación de la Cuadrilla para las Losa Alivianada H=20 cm.



Fuente: Fotografías tomadas en el seguimiento de la obra

En la fotografía se ve el alistado de la losa un día antes del vaciado de la primera losa, en la mayoría de ocasiones la cuadrilla de trabajo estaba conformada por 3 albañiles y 5 ayudantes, en esta foto solo se muestra a cuatro trabajadores los demás ayudantes se encuentran en la parte de abajo asegurando los puntales. El menor tiempo requerido para la realización de un metro cuadrado de losa alivianada es de 1,60 horas para albañiles y 2,88 para los ayudantes, el mayor tiempo requerido para los albañiles es de 2,45 horas y 4,41 horas para los ayudantes.

Realizando una clasificación por niveles de los rendimientos se tiene los siguientes resultados:

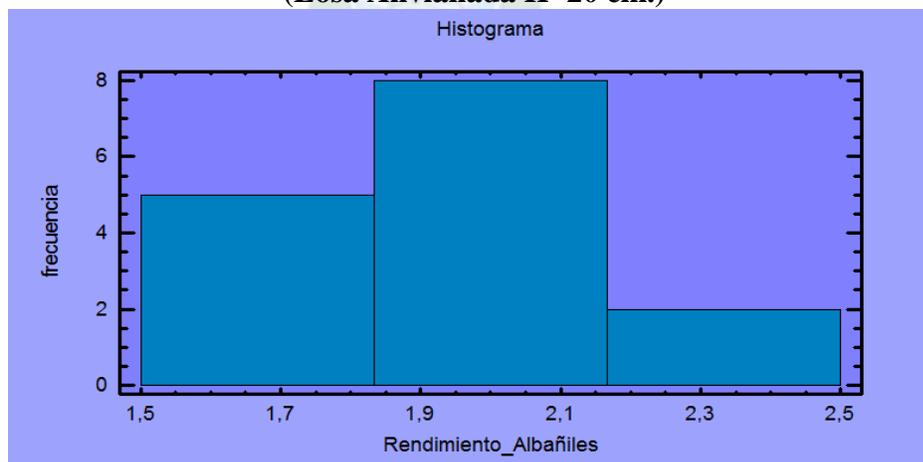
**CUADRO Nro. 17 Categorías de los Rendimientos de los Albañiles
(Losa Alivianada H=20 cm.)**

<i>Rendimiento</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Frecuencia Relativa</i>	<i>Frecuencia Acumulada</i>	<i>Frecuencia Rel. Acum.</i>
Alto	1,5	1,83333	5	0,3333	5	0,3333
Medio	1,83333	2,16667	8	0,5333	13	0,8667
Bajo	2,16667	2,5	2	0,1333	15	1

Fuente: Elaboración con base en las actividades que realiza la empresa

En las presentes observaciones el 53 % de los datos se encuentran comprendidos entre 1,83 y 2,16 (Hr/m³) es decir en el Rendimiento medio seguido de un 33% de los datos que comprenden el Rendimiento alto y un 13,33% en el Rendimiento Bajo.

**FIGURA Nro. 17 Categorías de los Rendimientos de los Albañiles
(Losa Alivianada H=20 cm.)**



Fuente: Elaboración con base en las actividades que realiza la empresa

Realizando la misma secuencia de cálculos para los Ayudantes se tiene:

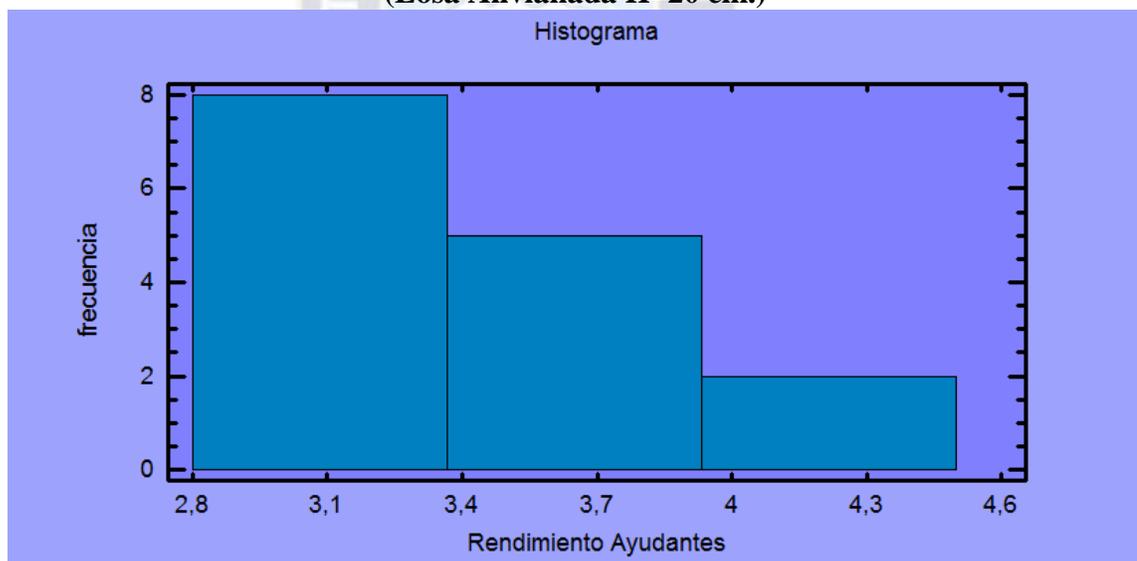
CUADRO Nro. 18 Categorías de los Rendimientos de los Ayudantes (Losa Alivianada H=20 cm.)

Rendimiento	Límite Inferior	Límite Superior	Frecuencia	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Rel. Acum.
Alto	2,8	3,36667	8	0,5333	8	0,5333
Medio	3,3666	3,93333	5	0,3333	13	0,8667
Bajo	3,9333	4,5	2	0,1333	15	1

Fuente: Elaboración con base en las actividades que realiza la empresa

La mayor cantidad de datos se encuentran comprendidos en el intervalo entre 2,8 y 3,36 (Hr/m²) con un 53,33% que corresponde al Rendimiento Alto, seguido del Rendimiento Medio con un 33,33% y por último se encuentra el Rendimiento Bajo con un 13,33%.

FIGURA Nro. 18 Categorías de los Rendimientos de los Ayudantes (Losa Alivianada H=20 cm.)



Fuente: Elaboración con base en las actividades que realiza la empresa

En un análisis multivariado se puede ver la relación que existe entre las variables de Rendimientos de los Albañiles y la de los Ayudantes. En el Anexo Nro. 15 se muestra el gráfico de Dispersión para el Ítem de la Losa Alivianada H=20cm.



3.6. Observaciones en el procesamiento de datos

En este punto se abordara las observaciones que se apreciaron durante el proceso de registro de información y también en el proceso de cálculo para determinar los rendimientos estándar. Las observaciones son las siguientes:

- En los cuadros se muestran dos fechas una del inicio de la actividad y el otro del final de la actividad, cada una con una respectiva hora estimada, por tanto la duración total no es nada más que la diferencia entre las horas de estas dos fechas, que se encuentran en días como en horas.
- Para la transformación del tiempo en días a tiempo en horas se utilizara el valor de 8 horas solamente porque a las horas de trabajo se restó los horarios de la comida y los dos descansos que siempre se tiene en una jornada laboral, debido a que este valor se registró en la mayoría de ocasiones en las cuales se tomó los datos de la obra.
- En el caso de la factores de evaluación se tomó una media de los datos registrados hasta la fecha que se acabaron cada uno de los ítems, esto para que los datos en donde se alistaban los ítems también influyan en la medida de los rendimientos.
- Se consideró un porcentaje de avance para realizar la estimación de los rendimientos, se debe aclarar que esto depende del criterio del autor de la presente obra y esto puede diferir de acuerdo a otros criterios.



CAPITULO 4

METODOLOGIA PARA LA DETERMINACION DE LOS RENDIMIENTOS DE LA MANO DE OBRA

4.1. Introducción

Una de las fases más importantes que deberían considerar las empresas constructoras es la fase de planeación, debido a que usualmente es en donde se realiza la elaboración de presupuestos. Sin embargo es posible que los presupuestos previstos resulten poco útiles durante el proceso constructivo, debido a que las consideraciones iniciales no se adaptan a las condiciones reales de la obra, en la mayoría de los casos. Razón por la cual se podría realizar un análisis de los resultados obtenidos para establecer una base de datos lo suficientemente confiable y poder realizar la simulación en base a las diferentes condiciones a las que se encuentran expuestas las cuadrillas de trabajo durante el desarrollo de las actividades.

4.2. Base del Trabajo

Para la realización del presente proyecto de grado no se encontró documentación existente con respecto a metodologías para la determinación de los rendimientos de la mano de obra a nivel nacional, por lo tanto el presente proyecto de grado tiene bases de referencia en proyectos desarrollados en países como Chile y Colombia entre los más sobresalientes a nivel Latinoamericano.

En la búsqueda de esta documentación que sirva de base se encontró el trabajo elaborado por los Ingenieros Antonio Cano y Gustavo Duque con la obra “RENDIMIENTOS Y CONSUMOS DE MANO DE OBRA” en el año 2000. El presente estudio menciona una manera de clasificar los diferentes factores que afectan a los rendimientos de la mano de obra y expuso los mismos en siete categorías. Además de presentar lineamientos generales para evaluar su influencia positiva o negativa. En una segunda publicación, al autor tuvo en cuenta consideraciones matemáticas para realizar la evaluación de dichos factores.



Asignándoles una ponderación a estos siete factores, otro importante aporte para el desarrollo del proyecto es el trabajo desarrollado por la Ingeniera Triny Carolina Hernández Celis con la obra “APOYO EN EL ESTUDIO SOBRE LA MEDICION DE PRODUCTIVIDAD Y RENDIMIENTOS, CONSUMO DE MATERIALES, MANO DE OBRA Y EQUIPOS UTILIZADOS PARA LA EJECUCION DE ACTIVIDADES, BASADO EN EL ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS”. De este trabajo se pudo extraer los lineamientos para la realización de la clasificación de los Factores de Afectación de los Rendimientos de Mano de Obra.

4.3. Procedimiento para la determinación de los Rendimientos de la Mano de Obra

En el proceso constructivo de una obra y la planeación de la misma mediante los presupuestos se deben tener en cuenta los materiales, mano de obra, maquinaria y equipo. Sin embargo el proyecto está enfocado esencialmente a la mano de obra, ya que a consideración del autor este es el recurso que define el ritmo de trabajo en la construcción.

Teniendo en cuenta los diferentes factores que afectan al desarrollo de las actividades de la mano de obra, se considera que la eficiencia de la cantidad de obra ejecutada por una cuadrilla de trabajo en una determinada unidad de tiempo, puede variar en un rango de 0 a 100%. Es decir se produciría el valor de 0% si la cuadrilla no ha hecho absolutamente nada y por el contrario se presentaría el valor de 100% si llegamos a la máxima eficiencia teórica posible. Se debe de aclarar que ninguno de los dos extremos son reales solo teóricos.

En estudios hechos en otros países sobre la medición de los rendimientos de la mano de obra se encuentran resultados que son muy dispersos y diferentes unos de otros debido a la gran cantidad de factores que afectan a la misma, por lo cual se hace necesario la identificación y cuantificación de estos factores para obtener rendimientos confiables que nos pueda servir para la elaboración de presupuestos de proyectos futuros. Los distintos autores que realizaron trabajos con respecto a la productividad en obras de construcción,



indican que el rendimiento normal de la mano de obra está dentro de un rango que varía entre un 55 a un 70%, dentro de la escala de 0 a 100%.

4.3.1. Factores de afectación a los rendimientos de la mano de obra

En el desarrollo del presente proyecto se indicó que existen 7 factores, los cuales fueron mencionados y descritos anteriormente en el punto 2.3.1. del marco teórico en el Capítulo 2. El proyecto solo considera el registro de información de 5 factores debido a que son los más importantes a criterio del autor.

CUADRO Nro. 19 Factores de Afectación de los Rendimientos de la Mano de Obra consideradas en el Proyecto

Numero	Factores de Afectación
1	Clima
2	Actividad
3	Equipamiento
4	Supervisión
5	Trabajador

Fuente: Elaboración con base en (CELIS, 2007)

Los rendimientos en el ambiente de trabajo serán afectados por estos factores ya sea positiva o negativamente.

4.3.2. Porcentaje de Afectación de cada Grupo

En las investigaciones y estudios que fueron base para el proyecto, se observó cómo algunos factores pueden afectar de mayor manera a la productividad en comparación a otros. Es por lo cual se definió una escala de calificación para cada uno de los factores.

El rango de calificaciones que se mostrara a continuación es en base al trabajo del Arquitecto Botero Botero en su obra “ANÁLISIS DE RENDIMIENTOS Y CONSUMOS DE MANO DE OBRA”. En donde se puede apreciar el porcentaje de afectación de cada Categoría.



CUADRO Nro. 20 Porcentaje de Afectación de cada Categoría

Grupo	Rango (%)
Clima	40 a 80
Actividad	55 a 75
Equipamiento	50 a 75
Supervisión	40 a 80
Trabajador	60 a 75

Fuente: Elaboración con base en (BOTERO, 2002)

En la matriz de registro de información se observó el llenado de cinco de los factores de afectación en los cuales se usaba una escala del 0 al 5 dependiendo de las condiciones del ambiente de trabajo que se tenía en una determinada fecha en base al Cuadro mostrado en el Anexo Nro. 6. Entonces como parte de la metodología que se describe a continuación, se realizara la asignación de porcentajes a la escala de números mencionados. Esto en cada uno de los cinco factores que se mencionaron anteriormente.

CUADRO Nro. 21 Calificación y rango de las Categorías que afectan el Rendimiento de Mano de Obra

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

Fuente: Elaboración con base en (BOTERO, 2002)

En la etapa de análisis, y procedimiento para la obtención de resultados se volverán los números de la escala del 1 al 5 en su respectivo porcentaje asignado, para afectar los rendimientos en base a estos resultados.



4.4. Factores de cada Grupo

Para la realización de la simulación que se mostrara más adelante debemos definir todos los factores que conforman cada grupo. Mencionar que se tomara todos los factores mostrados en el Anexo Nro. 6 (Clasificación de los Factores de Afectación de los Rendimientos de la Mano de Obra), realizando una variación con respecto al grupo de Clima debido a que esto no depende de la ubicación de la obra, tampoco de los trabajadores, etc. Este grupo solo depende de las condiciones climáticas y el periodo de tiempo en el cual se encuentra desarrollando la obra, razón por la cual se extrajo datos de Temperatura y Precipitación de fuentes como el Instituto Nacional de Estadística (INE), Ministerio de Medio Ambiente y Agua, y por el ultimo del Gobierno Autónomo Municipal de La Paz, como se muestra en el Anexo Nro. 16

Como se puede observar necesitamos distribuir los datos de Temperatura y Precipitación en 5 Subfactores para poder evaluar en diferentes escalas de calificación desde el 1 al 5 como se realizó con los anteriores grupos, para lo cual se hizo una tabulación de frecuencias, dividiendo el rango de datos en intervalos del mismo ancho y contando el número de datos en cada intervalo.

En el caso específico de la temperatura se realizó una doble tabulación de frecuencias porque el rendimiento de los obreros mejorara mientras las temperaturas no se encuentren ni en sus máximos ni mínimos valores, primero se encontró la media general y después recién se realizó la tabulación doble de frecuencias tanto abajo como arriba de la media.



CUADRO Nro. 22 Tabulación de Intervalos del Mismo Ancho con los datos de Temperatura

PRIMAVERA				
Clase	Límite Inferior	Límite Superior	Límite Inferior	Límite Superior
5	12,3	14,48	10,09	12,3
4	14,48	16,66	7,88	10,09
3	16,66	18,84	5,67	7,88
2	18,84	21,02	3,46	5,67
1	21,02	23,2	1,25	3,46
INVIERNO				
Clase	Límite Inferior	Límite Superior	Límite Inferior	Límite Superior
5	6,88	9,45	9,45	11,91
4	4,31	6,88	11,91	14,37
3	1,74	4,31	14,37	16,83
2	-0,83	1,74	16,83	19,29
1	-3,4	-0,83	19,29	21,75
OTOÑO				
Clase	Límite Inferior	Límite Superior	Límite Inferior	Límite Superior
5	7,464	10,13	10,13	12,504
4	4,798	7,464	12,504	14,878
3	2,132	4,798	14,878	17,252
2	-0,534	2,132	17,252	19,626
1	-3,2	-0,534	19,626	22
VERANO				
Clase	Límite Inferior	Límite Superior	Límite Inferior	Límite Superior
5	10,056	11,87	11,87	13,796
4	8,242	10,056	13,796	15,722
3	6,428	8,242	15,722	17,648
2	4,614	6,428	17,648	19,574
1	2,8	4,614	19,574	21,5

Fuente: Elaboración con base en datos de Ministerio de Medio Ambiente y Agua

Para el caso de la Precipitación solamente se realizó una tabulación de frecuencias simple debido a que no se realiza el mismo criterio que se realizó con la temperatura como en el siguiente cuadro:



CUADRO Nro. 23 Tabulación de Intervalos del Mismo Ancho con los datos de Precipitación

PRIMAVERA			
Clase	Límite Inferior	Límite Inferior	Punto Medio
5	30	46	38
4	46	62	54
3	62	78	70
2	78	94	86
1	94	110	102
INVIERNO			
Clase	Límite Inferior	Límite Inferior	Punto Medio
5	0	8	4
4	8	16	12
3	16	24	20
2	24	32	28
1	32	40	36
OTOÑO			
Clase	Límite Inferior	Límite Inferior	Punto Medio
5	0	8	4
4	8	16	12
3	16	24	20
2	24	32	28
1	32	40	36
VERANO			
Clase	Límite Inferior	Límite Inferior	Punto Medio
5	56	76	66
4	76	96	86
3	96	116	106
2	116	136	126
1	136	156	146

Fuente: Elaboración con base en datos de Ministerio de Medio Ambiente y Agua

Con los datos obtenidos se puede proceder a realizar los cuadros definitivos de clasificación de factores de afectación de los rendimientos de mano de obra, en el Anexo Nro. 17 se observa para los primeros cuatro grupos y en el Anexo Nro. 18 solamente para el grupo de Clima.



4.5. Formulación y Evaluación de los Modelos Econométricos

La econometría se considera una rama de la economía, que hace uso extensivo de modelos matemáticos y estadísticos, así como la programación lineal y teoría de juegos para analizar, interpretar y hacer predicciones sobre determinados sistemas.

Los modelos econométricos no solo se aplican a campos como la economía, también en áreas como la gestión de empresas, gestión de procesos productivos e incluso temas sociales, es la razón por la cual se usara esta ciencia para describir las variables que afectan a los Rendimientos de Mano de Obra en la Industria de la Construcción.

4.5.1. Objetivo

Presentar modelos que expliquen el valor de los Rendimientos de Mano de Obra en función a las 5 categorías anteriormente mencionadas (Actividad, Clima, Supervisión, Equipamiento y Trabajador).

4.5.2. Recopilación, Selección y Presentación de la Información

El procedimiento de recopilación y selección de la Información se presentó en el Capítulo 3 de Toma de Datos. La variable dependiente, Rendimiento del Albañil o Ayudante de los diferentes Ítems están presentados en los cuadros 3, 7, 11 y 15 del Capítulo 3. Las variables independientes tienen un tratamiento especial, porque son afectados por los porcentajes mostrados en el Cuadro Nro. 20. se mostrara un pequeño ejemplo de los cálculos para llevar la escala de calificación de los subfactores a un valor porcentual.

CUADRO Nro. 24 Calificación de la Escala de las Categorías que Afectan a los Rendimientos de Mano de Obra

Grupo	Rango % (x)	0	1	2	3	4	5	Razón de Cambio	
Clima (y)	40	80	40	48	56	64	72	80	8
Actividad (y)	55	75	55	59	63	67	71	75	4
Equipamiento (y)	50	75	50	55	60	65	70	75	5
Supervisión (y)	40	80	40	48	56	64	72	80	8
Trabajador (y)	60	75	60	63	66	69	72	75	3

Fuente: Elaboración con base en datos del Cuadro Nro. 21



El anterior cuadro integra la razón de cambio contante de cada una de las categorías El procedimiento para llevar los datos recabados en la escala de calificación (1-5), a su correspondiente porcentaje es el siguiente:

- ✓ **Primero.-** Mediante la toma de Información que se muestra en el Anexo Nro. 7 se extrajo la siguiente información para la Categoría de Actividad.

CUADRO Nro. 25 Datos de la Categoría Actividad de la Fecha 16/03/2015

Fecha	ACTIVIDAD						Promedio	Promedio Porcentaje
	Dificultad	Peligro	Interrupciones	Orden y Aseo	Actividades	Tipicidad		
16/03/2015	3	4	4	1	3	5	3,3333	68,333

Fuente: Elaboración con base en datos del Cuadro Nro. 7

- ✓ **Segundo.-** Con los datos extraídos se calcula el Promedio, para toda la Categoría Actividad.

$$\text{Promedio Actividad} = \frac{3 + 4 + 4 + 1 + 3 + 5}{6} = 3,33333$$

- ✓ Tercero.- Se procede a cambiar el Resultado del Promedio Actividad en su forma porcentual con la siguiente formula.

$$\text{Promedio Porcentaje Actividad} = y = m(x - x_1) + y_1$$

Donde:

- ✓ x, y = x es el promedio obtenido, y es el valor en porcentaje que se desea obtener de ese promedio.
- ✓ x1, y1= Son dos puntos cualquiera del Cuadro Nro. 24 por ejemplo (2,63)
- ✓ m = Pendiente obtenida de la relación entre las diferencias de dos puntos cualquiera del cuadro Nro. 25.



$$m = \frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2} = \frac{75 - 63}{5 - 2} = 4$$

Y reemplazando en la Ecuación se tiene lo siguiente:

$$\text{Promedio Porcentaje Actividad} = y = 4(3,3333 - 2) + 63 = 68,333\%$$

Este procedimiento fue aplicado a todos los datos que se tienen en el Anexo Nro.7 para cambiar la escala de calificación (1-5) a su valor porcentual.

4.5.3. Especificación del Modelo Econométrico

Mostrar todas relaciones sería bastante extenso, porque la Categoría Clima se dividió en las 4 estaciones del año, cada una de las mismas se deben relacionar con los Rendimientos registrados para los Albañiles y Ayudantes de los 4 Ítems que se consideran en el Proyecto de Grado. Razón por la cual solo se tomara un ejemplo en este caso para los registros de los Rendimientos de Albañiles del Ítem de Zapatas de H.A. en la estación de Invierno.

CUADRO Nro. 26 Datos para la Regresión Múltiple

ZAPATAS DE H.A.									
Rendimiento Albañil	Rendimiento Ayudante	Promedio Porcentaje Actividad	Promedio Porcentaje Equipamiento	Promedio Porcentaje Supervisión	Promedio Porcentaje Trabajador	Promedio Porcentaje Clima Invierno	Promedio Porcentaje Clima Primavera	Promedio Porcentaje Clima Otoño	Promedio Porcentaje Clima Verano
8,8	11,0	66,3	66,3	72,0	69,0	72,0	76,0	76,0	76,0
9,6	14,4	64,3	65,0	69,3	69,0	76,0	72,0	72,0	76,0
11,8	14,8	65,7	68,8	69,3	71,3	68,0	72,0	72,0	72,0
13,9	27,8	63,7	62,5	72,0	69,8	72,0	76,0	64,0	76,0
14,1	21,2	66,3	65,0	66,7	72,0	68,0	76,0	64,0	64,0
14,9	22,3	65,7	60,0	66,7	68,3	76,0	64,0	80,0	72,0
15,3	22,9	66,3	60,0	64,0	69,8	76,0	80,0	80,0	68,0
15,4	30,9	69,0	70,0	66,7	68,3	60,0	72,0	60,0	72,0
15,6	31,3	66,3	58,8	64,0	68,3	76,0	60,0	72,0	60,0
16,9	25,4	69,7	62,5	64,0	67,5	68,0	64,0	72,0	60,0
20,8	20,8	68,3	62,5	64,0	66,8	68,0	52,0	60,0	72,0
21,3	32,0	64,3	62,5	74,7	72,0	56,0	68,0	64,0	52,0
24,3	29,1	65,0	65,0	56,0	69,0	72,0	68,0	56,0	64,0
27,3	32,8	65,0	63,8	72,0	67,5	56,0	60,0	60,0	64,0
30,5	45,7	63,0	61,3	64,0	70,5	56,0	52,0	56,0	48,0



VIGAS DE FUNDACION DE H.A.

Rendimiento Albañil	Rendimiento Ayudante	Promedio Porcentaje Actividad	Promedio Porcentaje Equipamiento	Promedio Porcentaje Supervisión	Promedio Porcentaje Trabajador	Promedio Porcentaje Clima Invierno	Promedio Porcentaje Clima Primavera	Promedio Porcentaje Clima Otoño	Promedio Porcentaje Clima Verano
12,1	24,2	67,0	68,8	66,7	67,5	72,0	76,0	76,0	76,0
12,9	25,8	67,0	67,5	64,0	70,5	72,0	72,0	72,0	76,0
13,4	26,8	65,7	66,3	61,3	71,3	76,0	72,0	72,0	72,0
15,7	36,7	71,0	65,0	72,0	71,3	60,0	76,0	64,0	76,0
15,9	31,9	68,3	68,8	53,3	70,5	76,0	76,0	64,0	64,0
16,1	32,2	66,3	62,5	61,3	70,5	76,0	64,0	80,0	72,0
16,5	33,0	66,3	63,8	61,3	67,5	76,0	80,0	80,0	68,0
16,6	33,2	69,0	68,8	61,3	67,5	68,0	72,0	60,0	72,0
17,6	35,3	69,0	68,8	56,0	68,3	68,0	60,0	72,0	60,0
17,9	35,8	64,3	63,8	58,7	70,5	72,0	64,0	72,0	60,0
19,1	38,3	69,0	60,0	61,3	68,3	68,0	52,0	60,0	72,0
19,6	39,2	68,3	71,3	64,0	66,8	56,0	68,0	64,0	52,0
21,9	32,8	66,3	63,8	58,7	66,8	68,0	68,0	56,0	64,0
21,9	32,8	65,0	68,8	64,0	69,0	56,0	60,0	60,0	64,0
23,3	35,0	65,7	62,5	61,3	69,0	56,0	52,0	56,0	48,0

COLUMNAS DE H.A.

Rendimiento Albañil	Rendimiento Ayudante	Promedio Porcentaje Actividad	Promedio Porcentaje Equipamiento	Promedio Porcentaje Supervisión	Promedio Porcentaje Trabajador	Promedio Porcentaje Clima Invierno	Promedio Porcentaje Clima Primavera	Promedio Porcentaje Clima Otoño	Promedio Porcentaje Clima Verano
20,5	41,0	67,7	63,8	66,7	69,8	76,0	76,0	76,0	76,0
21,3	42,7	65,0	63,8	69,3	69,8	76,0	72,0	72,0	76,0
23,0	43,4	66,3	61,3	74,7	68,3	72,0	72,0	72,0	72,0
23,9	44,0	67,0	63,8	64,0	71,3	76,0	76,0	64,0	76,0
24,3	44,8	65,7	65,0	69,3	68,3	72,0	76,0	64,0	64,0
25,1	45,2	67,7	60,0	66,7	69,8	76,0	64,0	80,0	72,0
25,2	46,1	69,7	65,0	72,0	71,3	60,0	80,0	80,0	68,0
28,3	46,1	65,7	60,0	72,0	67,5	68,0	72,0	60,0	72,0
29,9	46,9	67,7	62,5	64,0	70,5	68,0	60,0	72,0	60,0
30,7	47,8	66,3	66,3	58,7	70,5	68,0	64,0	72,0	60,0
34,7	48,5	67,0	61,3	61,3	67,5	72,0	52,0	60,0	72,0
35,2	49,6	68,3	66,3	69,3	68,3	56,0	68,0	64,0	52,0
36,1	50,1	66,3	60,0	58,7	71,3	68,0	68,0	56,0	64,0
37,5	50,4	67,0	63,8	64,0	69,8	56,0	60,0	60,0	64,0
39,7	56,6	65,7	62,5	56,0	68,3	56,0	52,0	56,0	48,0

LOSA ALIVIANADA H= 20 cm.									
Rendimiento Albañil	Rendimiento Ayudante	Promedio Porcentaje Actividad	Promedio Porcentaje Equipamiento	Promedio Porcentaje Supervisión	Promedio Porcentaje Trabajador	Promedio Porcentaje Clima Invierno	Promedio Porcentaje Clima Primavera	Promedio Porcentaje Clima Otoño	Promedio Porcentaje Clima Verano
1,6	2,9	67,0	67,5	66,7	69,0	68,0	76,0	76,0	76,0
1,6	2,9	65,7	65,0	72,0	66,8	68,0	72,0	72,0	76,0
1,7	3,0	66,3	61,3	64,0	69,8	76,0	72,0	72,0	72,0
1,7	3,1	65,7	62,5	72,0	69,0	68,0	76,0	64,0	76,0
1,7	3,1	65,0	63,8	64,0	68,3	76,0	76,0	64,0	64,0
1,8	3,3	66,3	63,8	74,7	69,0	60,0	64,0	80,0	72,0
1,8	3,3	63,7	61,3	64,0	67,5	76,0	80,0	80,0	68,0
1,9	3,4	65,0	61,3	66,7	70,5	68,0	72,0	60,0	72,0
1,9	3,4	64,3	60,0	66,7	66,8	72,0	60,0	72,0	60,0
1,9	3,5	67,7	67,5	69,3	69,0	56,0	64,0	72,0	60,0
2,0	3,5	62,3	61,3	64,0	69,8	72,0	52,0	60,0	72,0
2,0	3,6	61,7	61,3	61,3	68,3	76,0	68,0	64,0	52,0
2,1	3,8	65,7	65,0	56,0	69,0	72,0	68,0	56,0	64,0
2,5	4,4	66,3	60,0	72,0	69,8	56,0	60,0	60,0	64,0
2,5	4,4	67,7	63,8	64,0	67,5	56,0	52,0	56,0	48,0

Fuente: Elaboración con base en datos del Anexo Nro. 7, 8, 10, 12 y 14

El anterior cuadro presenta los datos utilizados en la elaboración del análisis econométrico para todos los ítems y las estaciones del año, el ejemplo se realizara en Zapatas de H.A.- Invierno por tanto se usara los datos resaltados con celeste en el Cuadro Nro. 26.

El modelo General tiene la siguiente forma:

$$Y_t = \beta_1 + \beta_2 X_{2t} + \beta_3 X_{3t} + \beta_4 X_{4t} + \beta_5 X_{5t} + \beta_6 X_{6t} + U_t$$

Donde:

Y_t = Rendimiento de la Mano de Obra del Albañil (Hr/m³)

X_{2t} = Promedio Porcentaje Actividad

X_{3t} = Promedio Porcentaje Equipamiento

X_{4t} = Promedio Porcentaje Supervisión



X_{5t} = Promedio Porcentaje Trabajador

X_{6t} = Promedio Porcentaje Clima

$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6$ = Parámetros de la Ecuación

U_t = Variable de Perturbación

4.5.4. Estimación Matricial de los Parámetros

Para la demostración se usará el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios, con la aplicación de matrices para el Rendimiento de los Albañiles del Ítem Zapatas de H.A. en la estación de invierno. La Formula General para la estimación de parámetros es:

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

Con los datos de Rendimiento Albañil como variable dependiente y Promedio Porcentaje de Actividad, Equipamiento, Supervisión, Trabajador y Clima de Invierno como Variables Independientes mediante el Cuadro Nro. 26.

Y=	8,77	X=	1	66,33	66,25	72	69	72
	9,6		1	64,33	65	69,33	69	76
	11,83		1	65,67	68,75	69,33	71,25	68
	13,89		1	63,67	62,5	72	69,75	72
	14,12		1	66,33	65	66,67	72	68
	14,86		1	65,67	60	66,67	68,25	76
	15,27		1	66,33	60	64	69,75	76
	15,43		1	69	70	66,67	68,25	60
	15,63		1	66,33	58,75	64	68,25	76
	16,93		1	69,67	62,5	64	67,5	68
	20,83		1	68,33	62,5	64	66,75	68
	21,34		1	64,33	62,5	74,67	72	56
	24,28		1	65	65	56	69	72
	27,31		1	65	63,75	72	67,5	56
	30,48		1	63	61,25	64	70,5	56

Ahora se calcularán todas las matrices necesarias para aplicar la Formula General de la determinación de Parámetros.



$$X^T = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 66,33 & 64,33 & 65,67 & 63,67 & 66,33 & 65,67 & 66,33 & 69 & 66,33 & 69,67 & 68,33 & 64,33 & 65 & 65 & 63 \\ 66,25 & 65 & 68,75 & 62,5 & 65 & 60 & 60 & 70 & 58,75 & 62,5 & 62,5 & 62,5 & 65 & 63,75 & 61,25 \\ 72 & 69,33 & 69,33 & 72 & 66,67 & 66,67 & 64 & 66,67 & 64 & 64 & 64 & 74,67 & 56 & 72 & 64 \\ 69 & 69 & 71,25 & 69,75 & 72 & 68,25 & 69,75 & 68,25 & 68,25 & 67,5 & 66,75 & 72 & 69 & 67,5 & 70,5 \\ 72 & 76 & 68 & 72 & 68 & 76 & 76 & 60 & 76 & 68 & 68 & 56 & 72 & 56 & 56 \end{pmatrix}$$

$$X^T * X = \begin{pmatrix} 15 & 988,99 & 953,75 & 1005,34 & 1038,75 & 1020 \\ 988,99 & 65257,2379 & 62901,4625 & 66251,3311 & 68465,55 & 67272,64 \\ 953,75 & 62901,4625 & 60782,8125 & 63960,4125 & 66058,125 & 64770 \\ 1005,34 & 66251,3311 & 63960,4125 & 67691,5734 & 69650,4675 & 68213,72 \\ 1038,75 & 68465,55 & 66058,125 & 69650,4675 & 71970,1875 & 70602 \\ 1020 & 67272,64 & 64770 & 68213,72 & 70602 & 70160 \end{pmatrix}$$

La inversa de esta matriz es:

$$(X^T * X)^{-1} = \begin{pmatrix} 485,179303 & -3,13019498 & 0,20950861 & -0,2991425 & -3,74172354 & -0,18953097 \\ -3,13019498 & 0,03194173 & -0,00640932 & 0,00217447 & 0,01890997 & -0,00034612 \\ 0,20950861 & -0,00640932 & 0,00906269 & -0,00091916 & -0,00509301 & 0,00075198 \\ -0,2991425 & 0,00217447 & -0,00091916 & 0,00393557 & -0,00123449 & 0,00052843 \\ -3,74172354 & 0,01890997 & -0,00509301 & -0,00123449 & 0,0414718 & 0,00043509 \\ -0,18953097 & -0,00034612 & 0,00075198 & 0,00052843 & 0,00043509 & 0,00145575 \end{pmatrix}$$

La otra parte de la Formula General para determinar los parámetros es:

$$X^T * Y = \begin{pmatrix} 260,57 \\ 17136,4565 \\ 16490,275 \\ 17342,4944 \\ 18032,25 \\ 17276,4 \end{pmatrix}$$

Y por último en el reemplazo de la Formula General se tiene:



$$\beta = (X^T X)^{-1} (X^T Y) = \begin{pmatrix} 303,59099 \\ -1,23810313 \\ -0,58263413 \\ -0,72073067 \\ -0,97867052 \\ -0,75682604 \end{pmatrix}$$

Con lo cual el modelo quedaría de la siguiente manera:

$$Y_t = 303,59 - 1,238X_{2t} - 0,582X_{3t} - 0,72X_{4t} - 0,978X_{5t} - 0,756X_{6t}$$

Interpretación del Modelo:

- Pendiente Actividad = El valor del rendimiento disminuye en 1,238 horas por cada 1% de aumento en el valor en porcentaje de la categoría Actividad.
- Pendiente Equipamiento = El valor del rendimiento disminuye en 0,582 horas por cada 1% de aumento en el valor en porcentaje de la categoría Equipamiento.
- Pendiente Supervisión = El valor del rendimiento disminuye en 0,72 horas por cada 1% de aumento en el valor en porcentaje de la categoría Supervisión.
- Pendiente Trabajador = El valor del rendimiento disminuye en 0,978 horas por cada 1% de aumento en el valor en porcentaje de la categoría Trabajador.
- Pendiente Clima = El valor del rendimiento disminuye en 0,756 horas por cada 1% de aumento en el valor en porcentaje de la categoría Clima.¹⁰

4.5.5. Validación Estadística por el Método Matricial

Se realizara el cálculo de diferentes estadísticos que nos permitan evaluar el modelo.

- ❖ Coeficiente de Determinación

$$R^2 = \frac{SCR}{SCT} = \frac{\hat{\beta}^T X^T Y - n\bar{Y}^2}{Y^T Y - n\bar{Y}^2}$$

¹⁰ Se debe aclarar que si disminuye el valor del rendimiento, es beneficioso debido a que se tarda menos horas en realizar una unidad de un determinado ítem.



$$SCR = \widehat{\beta}^T X^T Y - n\widehat{Y}^2 = 5060,0784 - 15 * 17,37133^2 = 533,63$$

$$SCT = Y^T Y - n\widehat{Y}^2 = 5077,9969 - 15 * 17,37133^2 = 551,548$$

$$SCE = SCT - SCR = 17,918$$

$$R^2 = \frac{SCR}{SCT} = \frac{\widehat{\beta}^T X^T Y - n\widehat{Y}^2}{Y^T Y - n\widehat{Y}^2} = \frac{533,63}{551,548} = 0,9675 = 96,75\%$$

Por lo tanto la variación en el porcentaje de las categorías de actividad, clima equipamiento, supervisión y trabajador, explica el 96,75% de la variación del Rendimiento de los Albañiles, por lo que existe un ajuste bueno.

- ❖ Coeficiente de Determinación Corregido

$$\overline{R^2} = 1 - (1 - R^2) * \frac{n - 1}{n - k} = 1 - (1 - 0,9675) * \frac{15 - 1}{15 - 6} = 0,9495 = 94,95\%$$

- ❖ Estimación de la Varianza Residual

$$\widehat{\sigma}_u^2 = \frac{SCE}{n - k} = \frac{17,918}{15 - 6} = 1,9909$$

- ❖ Matriz de Varianzas y Covarianzas

$$V(\widehat{\beta}) = \sigma_u^2 * (X^t * X)^{-1} =$$

$$V(\widehat{\beta}) = \begin{bmatrix} 965,968382 & -6,23206588 & 0,41712145 & -0,59557816 & -7,44958949 & -0,37734694 \\ -6,23206588 & 0,06359443 & -0,01276065 & 0,00432926 & 0,03764882 & -0,00068911 \\ 0,41712145 & -0,01276065 & 0,01804337 & -0,00183 & -0,01013993 & 0,00149715 \\ -0,59557816 & 0,00432926 & -0,00183 & 0,00783552 & -0,00245781 & 0,00105209 \\ -7,44958949 & 0,03764882 & -0,01013993 & -0,00245781 & 0,08256834 & 0,00086624 \\ -0,37734694 & -0,00068911 & 0,00149715 & 0,00105209 & 0,00086624 & 0,00289834 \end{bmatrix}$$

Con lo que se tiene los siguientes resultados de la varianza de los parámetros:

$$\begin{aligned} \sigma_{\beta_1}^2 &= 965,968382 & \sigma_{\beta_4}^2 &= 0,00783552 \\ \sigma_{\beta_2}^2 &= 0,06359443 & \sigma_{\beta_5}^2 &= 0,08256834 \\ \sigma_{\beta_3}^2 &= 0,01804337 & \sigma_{\beta_6}^2 &= 0,00289834 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\sigma_{\beta 1} &= 31,0800319 & \sigma_{\beta 4} &= 0,0885185 \\ \sigma_{\beta 2} &= 0,25217936 & \sigma_{\beta 5} &= 0,28734707 \\ \sigma_{\beta 3} &= 0,13432561 & \sigma_{\beta 6} &= 0,0538362\end{aligned}$$

❖ Significancia de los Parámetros Estimados

i. Formulación de la Hipótesis

$$H_0: \beta_1 = 0; \beta_2 = 0; \beta_3 = 0; \beta_4 = 0; \beta_5 = 0; \beta_6 = 0$$

$$H_a: \beta_1 \neq 0; \beta_2 \neq 0; \beta_3 \neq 0; \beta_4 \neq 0; \beta_5 \neq 0; \beta_6 \neq 0$$

ii. Estadístico de Prueba

Se calcula mediante la siguiente formula:

$$t_c = \frac{\widehat{\beta}_n - \beta_{n0}}{\sigma_{\beta_n}}$$

En todos los casos $\beta_{n0} = 0$

Se tiene los siguientes resultados:

$$\begin{aligned}t_{c1} &= 9,76803986 & t_{c4} &= -8,14214986 \\ t_{c2} &= -4,90961325 & t_{c5} &= -3,40588305 \\ t_{c3} &= -4,3374761 & t_{c6} &= -14,0579308\end{aligned}$$

iii. Estadístico Teórico

$$t_{\alpha/2}^{n-k} = t_{0,05/2}^{15-6} = t_{0,025}^9 = 2,252$$

iv. Contraste

$$|t_{cn}| > t_{\alpha/2}^{n-k} \quad \text{Se rechaza la } H_0$$

$$|t_{cn}| < t_{\alpha/2}^{n-k} \quad \text{Se acepta la } H_0$$



Realizando una comparación de valores se puede ver en todos los casos se rechaza H_0 .

v. Conclusiones

No se puede rechazar que los parámetros $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$ y β_6 sean significativos a un 5 % de nivel de significancia.

❖ Prueba de Significancia Global

i. Formulación de la Hipótesis

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = \beta_6 = 0$$

$$H_a: \beta_1 \neq \beta_2 \neq \beta_3 \neq \beta_4 \neq \beta_5 \neq \beta_6 \neq 0$$

ii. Estadístico Crítico

Para llenar la tabla se necesita la siguiente información:

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Suma Media de Cuadrados	Fc
Regresión	k-1	SCR	SCMR=SCR/k-1	Fc=SCMR/SCME
Error	n-k	SCE	SCME=SCE/n-k	
Total	n-1	SCT		

La tabla ANOVA llenada con la información es la siguiente:

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Suma Media de Cuadrados	Fc
Regresión	5	533,630011	106,726002	53,6055303
Error	9	17,918562	1,99095134	
Total	14	551,548573		

iii. Estadístico Teórico

$$F_{\alpha}^{(k-1;n-k)} = F_{0,05}^{(5;9)} = 3,37$$



iv. Contraste

$$F_c > F_{\alpha}^{(k-1;n-k)} \quad \text{Se rechaza la } H_0$$

$$F_c < F_{\alpha}^{(k-1;n-k)} \quad \text{Se acepta la } H_0$$

Mediante la comparación se puede observar que se rechaza la H_0 .

v. Conclusiones

Se puede concluir que se acepta que el modelo es significativo de forma global, al 5% del nivel de confianza.

4.5.6. Validación Econométrica por el Método Matricial

Con respecto a la validación econométrica se considera básicamente tres características importantes que son la multicolinealidad, heterocedasticidad y autocorrelación.

4.5.6.1. Multicolinealidad

La multicolinealidad es un fenómeno de tipo muestral que surge de información no experimental, no existe un método único para la detectarla o medir su fuerza. Lo que se tiene en realidad son ciertas reglas prácticas, algunas formales y otras informales. Si consideramos algunas de ellas, estas serían:

Una R^2 elevada pero pocas razones de t significativas.- El presentar una R^2 alta es decir un valor por encima a 0.8, la prueba F en la mayoría de los casos demostrara que tiene una buena significancia global, pero el problema surge cuando la pruebas t individuales muestran que muy pocos o ningún coeficiente de pendiente son estadísticamente diferente de cero.

Altas correlaciones entre parejas de regresoras o variables independientes.- Consiste en observar el coeficiente de correlación de orden cero o entre dos regresoras, si este valor es alto, comúnmente superior al valor de 0,8, el problema de multicolinealidad es alto, no



se debe considerar las relaciones para el termino constante, esto se puede apreciar mejor en la matriz de correlaciones generado mediante el programa de statgraphics.

CUADRO Nro. 27 Matriz de Correlaciones (Zapatas de H.A.)

	CONSTANTE	Promedio Actividad	Promedio Clima	Promedio Equipamiento	Promedio Supervisión	Promedio Trabajador
CONSTANTE	1	-0,7951	-0,2255	0,0997	-0,2165	-0,8341
Promedio Actividad	-0,7951	1	-0,0508	-0,3765	0,1941	0,5193
Promedio Clima	-0,2255	-0,0508	1	0,2071	0,2206	0,056
Promedio Equipamiento	0,0997	-0,3765	0,2071	1	-0,154	-0,2625
Promedio Supervisión	-0,2165	0,1941	0,2206	-0,154	1	-0,0966
Promedio Trabajador	-0,8341	0,5193	0,056	-0,2625	-0,0966	1

Fuente: Elaboración con base en la salida del Programa Statgraphics

Mediante estas consideraciones se puede decir que no hay presencia de multicolinealidad debido a:

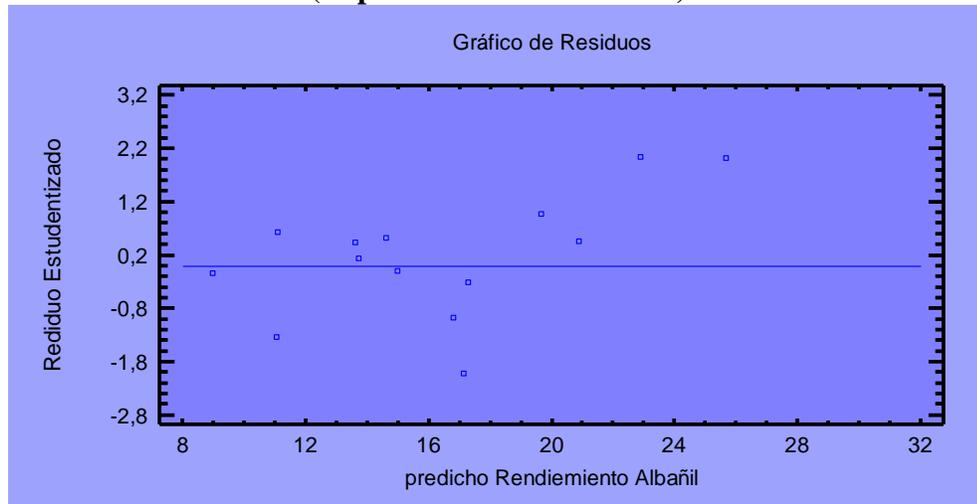
- El valor de la R^2 es alta, pero también los coeficientes de pendientes son estadísticamente diferente a 0 mediante el contraste de la t de student.
- Como se puede apreciar en la Matriz de Correlaciones del Cuadro Nro. 27, los coeficientes de correlaciones entre las diferentes variables independientes no excede el valor de 0,8.

4.5.6.2. Heteroscedasticidad

Un supuesto importante es que las perturbaciones U_i que aparecen en la función de regresión son homoscedasticas es decir que todas tienen la misma varianza. Hay diferentes métodos para la detección de heteroscedasticidad formales como informales. Como se mostrara a continuación.

Método Grafico.- Esto solo consiste en la observación de las gráficas de los residuos estudentizados versus el Rendimiento del Albañil, y ver que no exista un patrón sistemático entre las dos variables, lo cual sugiere que tal vez no haya heteroscedasticidad entre los datos.

FIGURA Nro. 19 Gráfico de Residuos Estudentizado vs. Rendimiento Albañiles (Zapatatas de H.A.- Invierno)



Fuente: Elaboración con base en las actividades que realiza la empresa

Prueba de Correlación de orden de Spearman.- Mediante un análisis multivariado de las correlaciones que existen entre la variable independiente del modelo, se obtuvo la correlación ordinal Spearman. El rango de estos coeficientes de correlación va de -1 a +1 y miden la fuerza de asociación entre las variables. El tercer número de cada bloque de la tabla es un valor P que prueba la significancia estadística de las correlaciones estimadas, los valores de P debajo de 0,05 indican correlaciones significativas diferentes de cero.

CUADRO Nro. 28 Correlación Ordinal de Spearman para los Rendimientos de los Albañiles (Zapatatas de H.A.-Invierno)

	Promedio Actividad	Promedio Clima	Promedio Equipamiento	Promedio Supervisión	Promedio Trabajador
Promedio Actividad		0,1001	0,12	-0,3581	-0,4964
		-15	-15	-15	-15
Promedio Clima	0,1001		0,6535	0,1803	0,0633
	-15		-15	-15	-15
Promedio Equipamiento	0,12	-0,2953		0,3402	0,1316
	-15	-15		-15	-15
Promedio Supervisión	-0,3581	-0,2408	0,3402		0,2926
	-15	-15	-15		-15
Promedio Trabajador	0,1803	0,3675	0,2031		
	-0,4964	-0,1138	0,1316	0,2926	
	-15	-15	-15	-15	
	0,0633	0,6703	0,6224	0,2735	

Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Statgraphics

Mediante estas consideraciones se puede decir que no hay presencia de heteroscedasticidad por las siguientes razones:

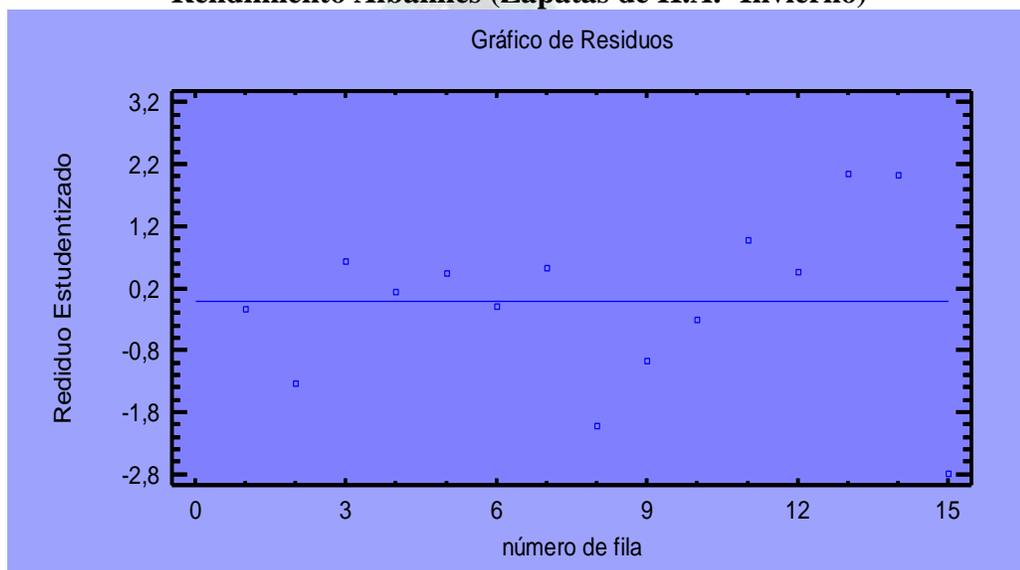
- En la Figura Nro. 19 Se puede apreciar que no hay un patrón sistemático de las variables independientes, lo que sugiere que no hay una heteroscedasticidad entre los datos.
- Mediante el Cuadro Nro. 28 Se aprecia que no hay correlación entre las variables, pero también que no hay heteroscedasticidad, porque los valores de los coeficientes de correlación de Spearman se encuentran entre -1 a +1.

4.5.6.3. Autocorrelacion

Este problema se presenta cuando el termino del error esta correlacionado positivamente con el termino de error del periodo anterior. Hay diferentes métodos para la detección de correlación en un modelo econométrico. Para este caso específico se usaran los siguientes:

Método Grafico.- Este método consiste en la observación de que no existan ningún tipo de tendencias en la gráfica de Residuos Estudentizado versus Número de Fila como se aprecia en la siguiente Figura:

FIGURA Nro. 20 Grafico de Residuos Estudentizado vs. Numero de Fila Rendimiento Albañiles (Zapatatas de H.A.- Invierno)



Fuente: Elaboración con base en las actividades que realiza la empresa



Prueba de Durbin Watson.- Esta es la prueba más conocida para detectar la correlación serial, basada en los residuos estimados que se calculan de manera rutinaria en los análisis de regresión. Mediante el Análisis realizado en el Programa Statgraphics se obtuvo un Estadístico de Durbin Watson de 1,7377. Para conocer si existe autocorrelación entre las variables se hará uso de una tabla de estadístico de Durbin Watson para determinar d_L y d_U . Para el uso de la tabla se necesita de los valores: $n=15$ número de observaciones y $k=5$ que es el número de variables explicativas excluyendo el término constante con un nivel de significancia del 5%.

De donde se obtiene $d_L = 0,562$ y $d_U = 2,22$

0	Rechazo H_0 , evidencia de autocorrelación positiva	0,56	Zona de Indecisión	1,78	No rechace H_0 o H_0^* o ambas	2	No rechace H_0 o H_0^* o ambas	2,22	Zona de Indecisión	3,438	Rechazo H_0 , evidencia de autocorrelación negativa
---	---	------	--------------------	------	------------------------------------	---	------------------------------------	------	--------------------	-------	---

En conclusión se puede decir que no existe presencia de autocorrelación debido que en el método gráfico no se distingue ningún tipo de tendencia, y el Estadístico Durbin Watson por comparación se encuentra en la Zona de Indecisión con un 95% de nivel de significancia.

4.5.7. Resultados Obtenidos del Programa Statgraphics

Para la verificación de los resultados obtenidos mediante el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios con la Aplicación de Matrices, se realizó la comparación con los resultados que arrojaron en el programa Statgraphics.

Como se puede ver en la Anexo Nro. 19 (Resultados de la Corrida en el Programa Statgraphics), los resultados son prácticamente iguales con algunas diferencias en decimales, que no influyen en el modelo, además se presentan las Gráficas Anexo Nro. 20, 21 y 22 que generaron el programa donde se puede ver con un método gráfico la presencia de multicolinealidad o autocorrelación.



4.5.8. Conclusiones

Mediante un Análisis tanto Estadístico como Econométrico se demostró que el modelo cumple con todas las especificaciones requeridas para ser validado, además de mostrar la forma de cálculo y lectura de los Estadísticos de validación para el modelo.

4.5.9. Modelos de regresión múltiple de Rendimientos de Mano de Obra en las Actividades de Construcción

El procedimiento mostrado se realizó para todos los Ítems en diferentes Estaciones del Año. El mostrar la forma de cálculo de cada uno de ellos es una tarea bastante extensa, razón por la cual el anterior ejemplo nos sirvió para verificar los resultados obtenidos mediante el Programa de Statgraphics,

En cuadros posteriores se podrá observar todas las Ecuaciones obtenidas directamente mediante el Programa Estadístico mencionado, teniendo una certeza que los Resultados son los apropiados como se verifico anteriormente.

Estos cuadros muestran el detalle de las ecuaciones obtenidas para los albañiles y ayudantes de todos los Ítems, en las cuatro estaciones del año, como se observa no todas las ecuaciones presentan las 5 categorías, debido a que sus coeficientes de pendientes no eran significativos a un nivel de significancia de un 5%.



CUADRO Nro. 29 Modelo de Regresión Lineal Múltiple de Rendimiento de Mano de Obra en la Estación de Verano

ZAPATAS DE H.A. – VERANO	
Rendimiento Albañil	126,87 - 0,491528*Promedio Clima - 0,639696*Promedio Equipamiento - 0,539924*Promedio Supervisión
Rendimiento Ayudante	350,265 - 1,23229*Promedio Actividad - 0,687664*Promedio Clima - 0,903188*Promedio Equipamiento – 2,02803*Promedio Trabajador
VIGAS DE FUNDACION – VERANO	
Rendimiento Albañil	69,5468 - 0,24917*Promedio Clima - 0,253973*Promedio Equipamiento - 0,305868*Promedio Supervisión
Rendimiento Ayudante	132,079 - 0,327605*Promedio Equipamiento - 0,423029*Promedio Supervisión - 0,489078*Promedio Actividad – 0,280537*Promedio Clima
COLUMNAS H.A. – VERANO	
Rendimiento Albañil	138,815 - 0,595707*Promedio Clima - 0,693908*Promedio Equipamiento - 0,403114*Promedio Supervisión
Rendimiento Ayudante	122,577 - 0,49341*Promedio Actividad - 0,363408*Promedio Clima - 0,282504*Promedio Supervisión
LOSA ALIVIANADA H=20cm. –VERANO	
Rendimiento Albañil	7,65744 - 0,0557541*Promedio Actividad - 0,0171156*Promedio Clima - 0,0145657*Promedio Supervisión
Rendimiento Ayudante	13,8365 - 0,1015*Promedio Actividad - 0,0306146*Promedio Clima - 0,0260614*Promedio Supervisión

Fuente: Elaboración con base en datos de los Reportes de Statgraphics



CUADRO Nro. 30 Modelo de Regresión Lineal Múltiple de los Rendimiento de Mano de Obra para la Estación de Otoño

ZAPATAS DE H.A. – OTOÑO	
Rendimiento Albañil	197,601 - 0,700522*Promedio Clima - 0,819154*Promedio Equipamiento - 0,543394*Promedio Supervisión - 0,644769*Promedio Trabajador
Rendimiento Ayudante	127,971 + 1,05192*Promedio Actividad - 0,84657*Promedio Clima - 0,727823*Promedio Equipamiento - 1,02466*Promedio Supervisión
VIGAS DE FUNDACION – OTOÑO	
Rendimiento Albañil	63,3126 - 0,307327*Promedio Clima - 0,1321*Promedio Equipamiento - 0,268615*Promedio Supervisión
Rendimiento Ayudante	88,7896 - 0,396243*Promedio Clima - 0,661627*Promedio Equipamiento + 0,232807*Promedio Supervisión
COLUMNAS H.A. – OTOÑO	
Rendimiento Albañil	210,056 - 0,608796*Promedio Clima - 0,422467*Promedio Equipamiento - 0,736678*Promedio Supervisión - 0,936575*Promedio Trabajador
Rendimiento Ayudante	178,416 - 0,364791*Promedio Clima - 0,354115*Promedio Equipamiento - 0,397005*Promedio Supervisión - 0,843876*Promedio Trabajador
LOSA ALIVIANADA H=20cm. –OTOÑO	
Rendimiento Albañil	9,37484 - 0,086416*Promedio Actividad - 0,0143114*Promedio Clima - 0,0128846*Promedio Supervisión
Rendimiento Ayudante	16,8206 - 0,153521*Promedio Actividad - 0,0261345*Promedio Clima - 0,0239686*Promedio Supervisión

Fuente: Elaboración con base en datos de los Reportes de Statgraphics



CUADRO Nro. 31 Modelo de Regresión Lineal Múltiple de los Rendimiento de Mano de Obra para la Estación de Invierno

ZAPATAS DE H.A. – INVIERNO	
Rendimiento Albañil	303,649 - 1,23894*Promedio Actividad - 0,756682*Promedio Clima - 0,582007*Promedio Equipamiento - 0,720721*Promedio Supervisión - 0,979418*Promedio Trabajador
Rendimiento Ayudante	227,126 - 0,994532*Promedio Clima - 1,36836*Promedio Equipamiento - 0,701368*Promedio Supervisión
VIGAS DE FUNDACION – INVIERNO	
Rendimiento Albañil	213,289 - 0,57595*Promedio Clima - 0,660152*Promedio Equipamiento - 0,640323*Promedio Supervisión - 0,883925*Promedio Trabajador
Rendimiento Ayudante	152,484 - 0,441978*Promedio Actividad - 0,409214*Promedio Clima - 0,421984*Promedio Equipamiento - 0,329104*Promedio Supervisión
COLUMNAS H.A. – INVIERNO	
Rendimiento Albañil	213,289 - 0,57595*Promedio Clima - 0,660152*Promedio Equipamiento - 0,640323*Promedio Supervisión - 0,883925*Promedio Trabajador
Rendimiento Ayudante	155,934 - 0,368788*Promedio Clima - 0,375098*Promedio Equipamiento - 0,387256*Promedio Supervisión - 0,502252*Promedio Trabajador
LOSA ALIVIANADA H=20cm. –INVIERNO	
Rendimiento Albañil	11,3358 - 0,0400154*Promedio Clima - 0,0628116*Promedio Equipamiento - 0,041345*Promedio Supervisión
Rendimiento Ayudante	20,4562 - 0,0719316*Promedio Clima - 0,113567*Promedio Equipamiento - 0,0747916*Promedio Supervisión

Fuente: Elaboración con base en datos de los Reportes de Statgraphics



CUADRO Nro. 32 Modelo de Regresión Lineal Múltiple de los Rendimiento de Mano de Obra para la Estación de Primavera

ZAPATAS DE H.A. – PRIMAVERA	
Rendimiento Albañil	178,102 - 0,654861*Promedio Actividad - 0,543735*Promedio Clima - 0,557252*Promedio Equipamiento - 0,677937*Promedio Supervisión
Rendimiento Ayudante	437,332 - 1,6345*Promedio Actividad - 0,720073*Promedio Clima - 1,40971*Promedio Equipamiento - 2,39514*Promedio Trabajador
VIGAS DE FUNDACION – PRIMAVERA	
Rendimiento Albañil	78,4511 - 0,280429*Promedio Actividad - 0,314786*Promedio Clima - 0,340279*Promedio Supervisión
Rendimiento Ayudante	131,897 - 0,162176*Promedio Equipamiento - 0,340453*Promedio Actividad - 0,141428*Promedio Clima - 0,22189*Promedio Supervisión - 0,590091*Promedio Trabajador
COLUMNAS H.A. – PRIMAVERA	
Rendimiento Albañil	200,935 - 0,598594*Promedio Clima - 0,687091*Promedio Equipamiento - 0,637161*Promedio Supervisión - 0,667019*Promedio Trabajador
Rendimiento Ayudante	150,611 - 0,302594*Promedio Clima - 0,47507*Promedio Supervisión - 0,749837*Promedio Trabajador
LOSA ALIVIANADA H=20cm. –PRIMAVERA	
Rendimiento Albañil	8,37194 - 0,045635*Promedio Actividad - 0,0296166*Promedio Clima - 0,0222992*Promedio Supervisión
Rendimiento Ayudante	15,0392 - 0,0813198*Promedio Actividad - 0,0532202*Promedio Clima - 0,0405569*Promedio Supervisión

Fuente: Elaboración con base en datos de los Reportes de Statgraphics



Para la validación estadística y econométrica de los modelos presentados anteriormente, se realiza por comparación entre parámetros teóricos derivados de tablas, como todos los modelos presentan valores de: $n=15$ número de datos, $k=6$ número de variables en el modelo y $1-\alpha=0,95$ nivel de confianza.

Buscando los mimos en tablas de T-student, F-Snedecor y Durwin Watson se tiene los siguientes parámetros:

$$t_{\alpha}^{n-k} = t_{0,05}^{15-6} = t_{0,05}^9 = 1,833$$

$$F_{\alpha}^{(k-1;n-k)} = F_{0,05}^{(5;9)} = 3,37$$

$$d_L = 0,562 \text{ y } d_U = 2,22$$

Para analizar la autocorrelacion mediante el parámetro de Durwin Watson se debe encontrar los límites para las diferentes zonas como se muestra a continuación:

0	Rechazo H_0 , evidencia de autocorrelación positiva	0,56	Zona de Indecisión	1,78	No rechace H_0 o H_0^* o ambas	2	No rechace H_0 o H_0^* o ambas	2,22	Zona de Indecisión	3,438	Rechazo H_0 , evidencia de autocorrelación negativa
---	---	------	--------------------	------	------------------------------------	---	------------------------------------	------	--------------------	-------	---

CUADRO Nro. 33 Estadísticos para la Validación Estadística y Econométrica de los Modelos de Regresión Múltiple

		tc1	tc2 Actv.	tc3 Equip	tc4 Supv	tc5 Trabj.	tc6 Clima	F	R2	Durbin Watson
VERANO	Zapata-Albañiles	6,964	---	2,53	-3,22	---	-5,42	18,08	83,13	0,998
	Zapata-Ayudantes	4,32	-1,83	-2,56	---	-2,59	-5,56	16,09	86,55	1,75
	Vigas-Albañiles	9,56	---	-2,66	-4,26	---	-6,59	39,83	91,57	1,856
	Vigas-Ayudantes	8,056	---	-2,38	-4,032	-2,05	-5,23	25,55	91,088	1,771
	Columnas-Albañiles	7,78	---	-2,63	-3,906	---	-9,08	19,9	84,44	0,948
	Columnas-Ayudantes	10,97	-2,82	---	-7,58	---	-15,0	119,8	97,03	2,152
	Losa-Albañiles	6,36	-2,57	---	-2,13	---	-4,15	20,14	84,59	0,95
	Losa-Ayudantes	6,42	-2,61	---	-2,12	---	-4,14	20,32	84,71	0,959
OTOÑO	Zapata-Albañiles	9,18		-4,94	-4,7	-1,86	-9,8	40,51	94,18	1,93
	Zapata-Ayudantes	2,18	1,62	-2,02	-3,97	---	-5,56	14,97	85,68	2,082
	Vigas-Albañiles	9,42		-1,53	-4,04	---	-8,48	46,48	92,68	1,4
	Vigas-Ayudantes	6,85	---	-3,97	1,81	---	-5,67	19,49	84,16	1,232
	Columnas-Albañiles	8,23	---	-2,13	-9,36	-2,87	-11,8	54,95	95,64	1,923
	Columnas-Ayudantes	7,47	---	-1,91	-5,39	-2,77	-7,58	22,06	89,81	1,229
	Losa-Albañiles	10,85	-4,37	---	-2,089	---	-3,40	53,6	93,59	1,394
	Losa-Ayudantes	10,99	-4,38	---	-2,193	---	-3,50	55,27	93,77	1,408
INVIERNO	Zapata-Albañiles	9,77	-4,91	-4,33	-8,14	-3,40	-14,0	53,59	96,75	1,737
	Zapata-Ayudantes	6,098	---	-3,25	-2,451	---	-5,48	12,23	76,92	1,93
	Vigas-Albañiles	6,38	---	-2,31	-5,88	-1,97	-7,04	29,44	92,17	0,968
	Vigas-Ayudantes	8,23	-1,72	-2,97	-6,005	---	-9,75	43,32	94,54	1,379
	Columnas-Albañiles	6,38	---	-2,31	-5,844	-1,97	-7,04	29,44	92,17	0,968
	Columnas-Ayudantes	10,137	---	-2,85	-7,726	-2,44	-9,79	53,85	95,56	1,609
	Losa-Albañiles	11,86	---	-6,30	-7,234	---	-10,3	39,5	91,5	2,15
	Losa-Ayudantes	12,119	---	-6,44	-7,39	---	-10,4	40,94	91,77	2,156
PRIMAVERA	Zapata-Albañiles	5,38	-1,60	-2,33	-4,235	---	-6,27	17,65	87,59	0,964
	Zapata-Ayudantes	4,4	2,013	-3,35	---	-2,60	-4,81	10,71	81,07	1,959
	Vigas-Albañiles	7,363	-1,77	---	-5,163	---	-9,74	43,83	92,28	1,703
	Vigas-Ayudantes	8,92	-3,52	-2,23	-4,026	-4,43	-3,13	10,47	86,73	2,285
	Columnas-Albañiles	7,49	---	-3,10	-7,553	-1,87	-11,0	47,06	94,95	1,464
	Columnas-Ayudantes	7,88	---	---	-7,55	-2,91	-7,72	40,5	91,69	1,68
	Losa-Albañiles	8,761	-3,04	---	-3,643	---	-9,19	34,06	90,28	2,9
	Losa-Ayudantes	8,63	-2,97	---	-3,63	---	-9,06	33,08	90,022	2,89

Fuente: Elaboración con base en datos de los Reportes de Statgraphics



El cuadro anterior muestra los estadísticos que derivan del análisis de regresión múltiple en el programa Statgraphics. Para validar los modelos se compararan estos valores con los valores teóricos que se mostraron anteriormente.

Para la significancia de los parámetros de la ecuación se debe de cumplir que:

$$|t_{cn}| > t_{\alpha}^{n-k} \quad |t_{cn}| > 1,833$$

En el Cuadro Nro. 33 se observa que todos los t_c son mayores al $t_{teórico}$, por tanto se validan los parámetros de las ecuaciones.

Para la Significancia Global se debe de cumplir que:

$$F_c > F_{\alpha}^{(k-1;n-k)} \quad F_c > 3,37$$

En la comparación de los valores de F_c obtenidos con el valor de tablas se concluye que todas las ecuaciones son globalmente significativas a un nivel de confianza del 95%.

Para evaluar la autocorrelación de los modelos se usara el Estadístico de Durbin Watson.

0	Rechazo H_0 , evidencia de autocorrelación positiva	0,56	Zona de Indecisión	1,78	No rechace H_0 o H_0^* o ambas	2	No rechace H_0 o H_0^* o ambas	2,22	Zona de Indecisión	3,438	Rechazo H_0 , evidencia de autocorrelación negativa
---	---	------	--------------------	------	------------------------------------	---	------------------------------------	------	--------------------	-------	---

Como se aprecia en el cuadro ninguno de los valores de Durbin Watson se encuentra por debajo de 0,56, ni tampoco por encima de 3,438, es claro que los valores obtenidos se encuentran en Zona de Indecisión o donde no se rechaza ninguna de las dos, por lo tanto se puede concluir que en ninguno de los casos nosotros nos encontramos con autocorrelación.

- ❖ En conclusión los modelos econométricos derivados de las combinaciones de los diferentes Ítems y en diferentes Estaciones del año, se validan estadísticamente como econométricamente, y nos pueden servir para predecir Rendimientos de Mano de Obra en la Industria de la Construcción.



CAPITULO 5

SIMULACION DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS

La simulación es una técnica que se usa en las ciencias administrativas, específicamente para el análisis y estudio de sistemas complejos. Se podría definir como: “Una técnica que imita la operación de un sistema del mundo real a medida que evoluciona con el tiempo. Esto normalmente se hace desarrollando un modelo de simulación que por lo general toma la forma de un conjunto de suposiciones acerca de la operación del sistema, expresado como relaciones matemáticas o lógicas entre los objetos de interés del sistema.

En este capítulo se desarrollara modelo de simulación de los procesos constructivos, considerando como suposiciones los todos los factores mencionados anteriormente para predecir en un futuro posibles Rendimientos de Mano de Obra y tiempos de ejecución de las Actividades en base a las condiciones observadas en la construcción de una infraestructura.

5.1. Formulación del Problema

Se aplicara la simulación para predecir futuros rendimientos de mano de obra y tiempos de ejecución de las actividades de construcción para infraestructuras con características similares en base a la introducción de los Factores de Afectación a los Rendimientos de la Mano de Obra, ya que la fuentes de información que se tiene en el mercado local no realizan distinción en tipo de infraestructura o las características donde se desarrolla la obra.

5.2. Recolección y Procesamiento

La recolección de información con respecto a las variables de Salida (Rendimientos de Albañiles y Ayudantes), como las variables de Entrada (Factores de Afectación de la Mano de Obra), se mostró con mayor detalle en el Capítulo 3 del Proyecto de Grado.



5.2.1. Definición de los Parámetros de Entrada

Los parámetros de Entrada son los valores obtenidos de la calificación de los Factores de las Categorías que Afectan a los Rendimientos de Mano de Obra que se describía anteriormente, mostrados con mayor detalle en el Anexo Nro. 17 y 18.

**CUADRO Nro. 34 Parámetros de Entrada
(Actividad, Equipamiento, Trabajador y Supervisor)**

	FACTORES	E=5
ACTIVIDAD X2	Grado de Dificultad	X21
	Peligro	X22
	Interrupciones	X23
	Orden y Aseo	X24
	Actividades Predecesoras	X25
	Tipicidad	X26
EQUIPAMIENTO X3	Herramienta	X31
	Disponibilidad	X32
	Confiabilidad	X33
	Elementos de Protección	X34
SUPERVISOR X4	Instrucción	X41
	Seguimiento	X42
	Supervisor	X43
TRABAJADOR X5	Cansancio	X51
	Habilidad	X52
	Conocimiento	X53
	Capacitación	X54

Fuente: Elaboración con base en el Anexo Nro. 17

**CUADRO Nro. 35 Parámetros de Entrada Clima
(Primavera, Verano, Verano y Otoño)**

	FACTORES	
PRIMAVERA X6	Precipitación	X61
	Temperatura	X62
INVIERNO X6	Precipitación	X61
	Temperatura	X62
OTOÑO X6	Precipitación	X61
	Temperatura	X62
VERANO X6	Precipitación	X61
	Temperatura	X62

Fuente: Elaboración con base en el Anexo Nro. 18



El parámetro clima varía en función de la Estación del Año, es decir dependiendo en el día en cual queremos realizar la simulación.

5.2.1.1. Determinación de las Probabilidades de Ocurrencia

Para empezar con la simulación Montecarlo debemos de definir las probabilidades de ocurrencia de los Factores de Afectación a los Rendimientos de la Mano de Obra. Los supuestos que se consideran en esta sección trabajaran en una distribución discreta personalizada, asignando una probabilidad de ocurrencia a todos los posibles eventos de los factores de cada categoría registrado en la Matriz de Registro de Rendimientos de las Actividades (Anexo Nro. 17 y 18).

Empezaremos con la obtención de las probabilidades de ocurrencias del grupo de Actividad, conformado por los factores Grado de Dificultad, Peligro, Interrupción, Orden y Aseo, Actividades Predecesoras y por último la Tipicidad. Antes de empezar con la determinación de Probabilidades debemos de saber que cada factor tiene 5 posibles eventos de ocurrencia, por ejemplo para el Factor Grado de Dificultad tiene como probables eventos que son Muy Fácil, Fácil, Normal, Difícil y Muy Difícil. Entonces en base a 30 datos que se obtuvieron para los Factores de Afectación del Ítem Zapatas de H.A. se sigue el siguiente procedimiento:

- Primero.- Mediante un conteo se determinó el número de observaciones pertenecientes a cada uno de los posibles eventos de ocurrencia del factor Grado de Dificultad que se encuentra en la Categoría de Actividad.
- Segundo.- Para la determinación de las probabilidades de cada evento se dividió el número de observaciones de los posibles eventos entre el total de observaciones registradas.

En los siguientes cuadros se mostrara la determinación de probabilidades de todas las Categorías que Afectan a los Rendimientos de la Mano de Obra, para el Ítem de Zapatas de H.A.



CUADRO Nro. 36 Determinación de Probabilidades de la Categoría Actividad (Zapatatas de H.A.)

ACTIVIDAD-ZAPATAS DE H.A.					
Factores	Eventos	Codificación Numérica	Nro. Observaciones	Probabilidad	Probabilidad Acumulada
Grado de Dificultad	Muy Fácil	5	0	0	1
	Fácil	4	3	0,1	1
	Normal	3	9	0,3	0,9
	Difícil	2	12	0,4	0,6
	Muy Difícil	1	6	0,2	0,2
	TOTAL			30	1
Peligro	Ninguno	5	3	0,1	0,1
	Normal	4	6	0,2	0,3
	Moderado	3	6	0,2	0,5
	Riesgosa	2	12	0,4	0,9
	Peligrosa	1	3	0,1	1
	TOTAL			30	1
Interrupciones	Ninguna	5	3	0,1	0,1
	De 0 a 5 min.	4	6	0,2	0,3
	De 15 a 20 min.	3	9	0,3	0,6
	De 20 a 60 min.	2	6	0,2	0,8
	Mayor a 1 hora	1	6	0,2	1
	TOTAL			30	1
Orden y Aseo	Aseo Total	5	0	0	0
	Piso Sucio	4	12	0,4	0,4
	Transitable	3	3	0,1	0,5
	Algún Escombro	2	6	0,2	0,7
	Difícil Acceso	1	9	0,3	1
	TOTAL			30	1
Actividades Predecesoras	Perfecta	5	3	0,1	0,1
	Aceptable	4	3	0,1	0,2
	Pocas Modificaciones	3	9	0,3	0,5
	Muchas Modificaciones	2	12	0,4	0,9
	Repetir	1	3	0,1	1
	TOTAL			30	1
Tipicidad	Más de 20 repeticiones	5	3	0,1	0,1
	De 15 a 20	4	3	0,1	0,2
	De 10 a 15	3	6	0,2	0,4
	De 5 a 10	2	6	0,2	0,6
	De 1 a 5	1	12	0,4	1
	TOTAL			30	1

Fuente: Elaboración con base en los datos registrados de las actividades que realiza la empresa



CUADRO Nro. 37 Determinación de Probabilidades de la Categoría Equipamiento (Zapatillas de H.A.)

EQUIPAMIENTO-ZAPATAS DE H.A.					
Factores	Eventos	Codificación Numérica	Nro. Observaciones	Probabilidad	Probabilidad Acumulada
Herramienta	Especial	5	3	0,1	0,1
	Adecuada	4	9	0,3	0,4
	Común	3	9	0,3	0,7
	Incomoda	2	6	0,2	0,9
	Inadecuada	1	3	0,1	1
	TOTAL			30	1
Disponibilidad	Repuesto	5	3	0,1	0,1
	Siempre	4	3	0,1	0,2
	A tiempo	3	6	0,2	0,4
	Casi Siempre	2	6	0,2	0,6
	No Disponible	1	12	0,4	1
	TOTAL			30	1
Confiabilidad	Total	5	3	0,1	0,1
	Alta	4	3	0,1	0,2
	Buena	3	9	0,3	0,5
	Baja	2	12	0,4	0,9
	Nula	1	3	0,1	1
	TOTAL			30	1
Elementos de Protección	Todos	5	3	0,1	0,1
	Casi Todos	4	6	0,2	0,3
	Básico	3	9	0,3	0,6
	Algunos	2	9	0,3	0,9
	Ninguno	1	3	0,1	1
	TOTAL			30	1

Fuente: Elaboración con base en los datos registrados de las actividades que realiza la empresa



CUADRO Nro. 38 Determinación de Probabilidades de la Categoría Trabajador (Zapatatas de H.A.)

TRABAJADOR-ZAPATAS DE H.A.					
Factores	Eventos	Codificación Numérica	Nro. Observaciones	Probabilidad	Probabilidad Acumulada
Cansancio	Veloz	5	6	0,2	0,2
	Rápido	4	9	0,3	0,5
	Normal	3	9	0,3	0,8
	Lento	2	3	0,1	0,9
	Agotado	1	3	0,1	1
	TOTAL			30	1
Habilidad	Experto	5	3	0,1	0,1
	Hábil	4	9	0,3	0,4
	Normal	3	12	0,4	0,8
	Torpe	2	3	0,1	0,9
	Lerdo	1	3	0,1	1
	TOTAL			30	1
Conocimiento	Superiores	5	3	0,1	0,1
	Buenos	4	9	0,3	0,4
	Normales	3	15	0,5	0,9
	Escasos	2	3	0,1	1
	Ignorante	1	0	0	1
	TOTAL			30	1
Capacitación	Certificado	5	3	0,1	0,1
	Expertos	4	6	0,2	0,3
	Normal	3	9	0,3	0,6
	Aprendiz	2	9	0,3	0,9
	Ninguna	1	3	0,1	1
	TOTAL			30	1

Fuente: Elaboración con base en los datos registrados de las actividades que realiza la empresa



CUADRO Nro. 39 Determinación de Probabilidades de la Categoría Supervisión (Zapatatas de H.A.)

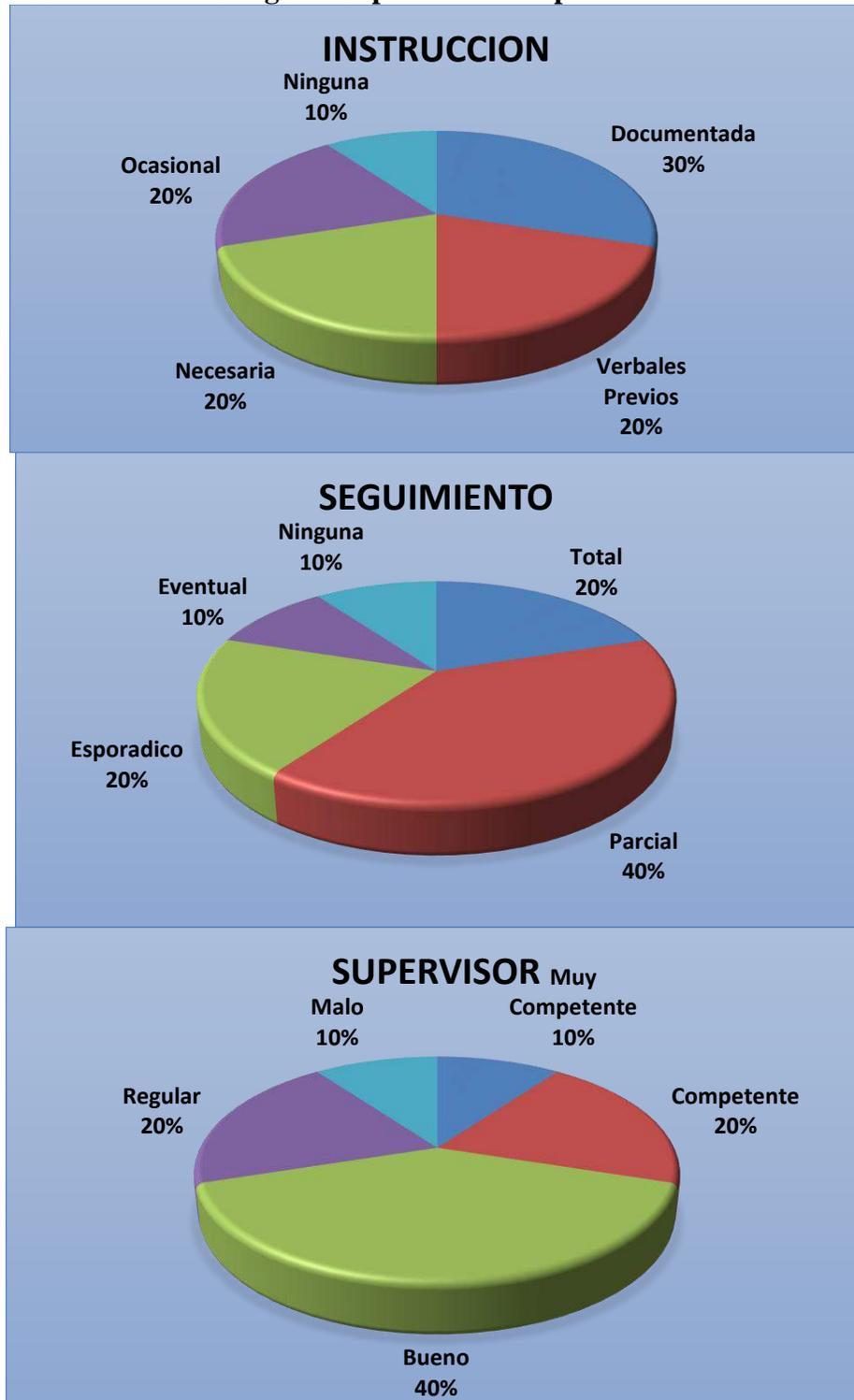
SUPERVISION-ZAPATAS DE H.A.					
Factores	Eventos	Codificación Numérica	Nro. Observaciones	Probabilidad	Probabilidad Acumulada
Instrucción	Documentada	5	9	0,3	0,3
	Verbales Previos	4	6	0,2	0,5
	Necesaria	3	6	0,2	0,7
	Ocasional	2	6	0,2	0,9
	Ninguna	1	3	0,1	1
	TOTAL			30	1
Seguimiento	Total	5	6	0,2	0,2
	Parcial	4	12	0,4	0,6
	Esporádico	3	6	0,2	0,8
	Eventual	2	3	0,1	0,9
	Ninguna	1	3	0,1	1
	TOTAL			30	1
Supervisor	Muy Competente	5	3	0,1	0,1
	Competente	4	6	0,2	0,3
	Bueno	3	12	0,4	0,7
	Regular	2	6	0,2	0,9
	Malo	1	3	0,1	1
	TOTAL			30	1

Fuente: Elaboración con base en los datos registrados de las actividades que realiza la empresa

En los anteriores cuadros se mostró la determinación de probabilidades de ocurrencia de los eventos que presenta cada factor para el Ítem Zapatatas de H.A. en las siguientes figuras se mostrara los gráficos de probabilidad de todos los factores que comprenden cada una de las categorías de Afectación a los Rendimientos de Mano de Obra.



FIGURA Nro. 21 Diagrama Circular de las Probabilidades de los Factores que Conforman la Categoría Supervisión – Zapatas de H.A.- Invierno



Fuente: Elaboración con base en datos del Cuadro Nro. 39



El procedimiento de cálculo es semejante en todos los casos, por tanto se mostrara los cuadros de determinación de probabilidades para los demás Ítems desde el Anexo Nro. 23 hasta el Anexo Nro. 26.

El procedimiento para la categoría Clima es diferente a las otras Categorías, debido a que los factores de los cuales se conforma y los eventos de ocurrencia posibles que tienen cada uno de ellos no dependen del ítem, ni del tipo de infraestructura, ni de los trabajadores, etc. Este solo depende de las condiciones climáticas y el periodo de tiempo en el cual se encuentra desarrollando la obra.

Razón por la cual para este análisis consideraremos las cuatro estaciones del año, de donde en primer lugar se realizó una tabulación de intervalos que tengan el mismo ancho (Cuadro Nro. 22 y 23), con los datos extraídos de temperatura y precipitación dividiendo los datos de acuerdo a las estaciones del año. Este procedimiento se mostró con detalle en el Capítulo 4 del Presente Proyecto.

En segundo lugar se procedió se realizó el mismo procedimiento hecho con los eventos de los Factores de Afectación de los Rendimientos de Mano de Obra mostrados para los demás Ítems, determinando inicialmente la frecuencia de los eventos para después determinar las probabilidades de los datos de precipitación y temperatura. Este procedimiento se verá en los siguientes cuadros.



CUADRO Nro. 40 Determinación de Probabilidades de la Categoría Clima - Factor: Temperatura (°C)

PRIMAVERA												
Clase	Límite Inferior	Límite Superior	Frecuencia	Frecuencia Relativa	Límite Inferior	Límite Superior	Frecuencia	Frecuencia Relativa	Frecuencia Total	Frecuencia Relativa Total	Frecuencia Acum. Total	Frecuencia Rel. Acum. Total
5	12,30	14,48	2,00	0,07	10,09	12,30	1,00	0,04	3,00	0,11	3,00	0,11
4	14,48	16,66	6,00	0,22	7,88	10,09	5,00	0,19	11,00	0,41	14,00	0,52
3	16,66	18,84	0,00	0,00	5,67	7,88	3,00	0,11	3,00	0,11	17,00	0,63
2	18,84	21,02	3,00	0,11	3,46	5,67	1,00	0,04	4,00	0,15	21,00	0,78
1	21,02	23,20	3,00	0,11	1,25	3,46	3,00	0,11	6,00	0,22	27,00	1,00
INVIERNO												
Clase	Límite Inferior	Límite Superior	Frecuencia	Frecuencia Relativa	Límite Inferior	Límite Superior	Frecuencia	Frecuencia Relativa	Frecuencia Total	Frecuencia Relativa Total	Frecuencia Acum. Total	Frecuencia Rel. Acum. Total
5	6,88	9,45	2,00	0,07	9,45	11,91	3,00	0,11	5,00	0,19	5,00	0,19
4	4,31	6,88	3,00	0,11	11,91	14,37	4,00	0,15	7,00	0,26	12,00	0,44
3	1,74	4,31	5,00	0,19	14,37	16,83	2,00	0,07	7,00	0,26	19,00	0,70
2	-0,83	1,74	1,00	0,04	16,83	19,29	3,00	0,11	4,00	0,15	23,00	0,85
1	-3,40	-0,83	2,00	0,07	19,29	21,75	2,00	0,07	4,00	0,15	27,00	1,00
OTOÑO												
Clase	Límite Inferior	Límite Superior	Frecuencia	Frecuencia Relativa	Límite Inferior	Límite Superior	Frecuencia	Frecuencia Relativa	Frecuencia Total	Frecuencia Relativa Total	Frecuencia Acum. Total	Frecuencia Rel. Acum. Total
5	7,46	10,13	2,00	0,07	10,13	12,50	4,00	0,15	6,00	0,22	6,00	0,22
4	4,80	7,46	4,00	0,15	12,50	14,88	5,00	0,19	9,00	0,33	15,00	0,56
3	2,13	4,80	4,00	0,15	14,88	17,25	1,00	0,04	5,00	0,19	20,00	0,74
2	-0,53	2,13	1,00	0,04	17,25	19,63	2,00	0,07	3,00	0,11	23,00	0,85
1	-3,20	-0,53	2,00	0,07	19,63	22,00	2,00	0,07	4,00	0,15	27,00	1,00
VERANO												
Clase	Límite Inferior	Límite Superior	Frecuencia	Frecuencia Relativa	Límite Inferior	Límite Superior	Frecuencia	Frecuencia Relativa	Frecuencia Total	Frecuencia Relativa Total	Frecuencia Acum. Total	Frecuencia Rel. Acum. Total
5	10,06	11,87	0,00	0,00	11,87	13,80	4,00	0,15	4,00	0,15	4,00	0,15
4	8,24	10,06	6,00	0,22	13,80	15,72	5,00	0,19	11,00	0,41	15,00	0,56
3	6,43	8,24	3,00	0,11	15,72	17,65	0,00	0,00	3,00	0,11	18,00	0,67
2	4,61	6,43	0,00	0,00	17,65	19,57	3,00	0,11	3,00	0,11	21,00	0,78
1	2,80	4,61	3,00	0,11	19,57	21,50	3,00	0,11	6,00	0,22	27,00	1,00

Fuente: Elaboración con base en los datos del Ministerio de Medio Ambiente y Agua

**CUADRO Nro. 41** Determinación de Probabilidades de la Categoría Clima - Factor: Precipitación (mm)

PRIMAVERA							
Clase	Límite Inferior	Límite Superior	Punto Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada Total	Frecuencia Rel. Acum. Total
5	30,00	46,00	38,00	4,00	0,44	4,00	0,44
4	46,00	62,00	54,00	2,00	0,22	6,00	0,67
3	62,00	78,00	70,00	1,00	0,11	7,00	0,78
2	78,00	94,00	86,00	1,00	0,11	8,00	0,89
1	94,00	110,00	102,00	1,00	0,11	9,00	1,00
INVIERNO							
Clase	Límite Inferior	Límite Superior	Punto Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada Total	Frecuencia Rel. Acum. Total
5	0,00	8,00	4,00	3,00	0,33	3,00	0,33
4	8,00	16,00	12,00	3,00	0,33	6,00	0,67
3	16,00	24,00	20,00	1,00	0,11	7,00	0,78
2	24,00	32,00	28,00	1,00	0,11	8,00	0,89
1	32,00	40,00	36,00	1,00	0,11	9,00	1,00
OTOÑO							
Clase	Límite Inferior	Límite Superior	Punto Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada Total	Frecuencia Rel. Acum. Total
5	0,00	8,00	4,00	3,00	0,33	3,00	0,33
4	8,00	16,00	12,00	3,00	0,33	6,00	0,67
3	16,00	24,00	20,00	0,00	0,00	6,00	0,67
2	24,00	32,00	28,00	3,00	0,33	9,00	1,00
1	32,00	40,00	36,00	0,00	0,00	9,00	1,00
VERANO							
Clase	Límite Inferior	Límite Superior	Punto Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada Total	Frecuencia Rel. Acum. Total
5	5	76,00	66,00	3,00	0,33	3,00	0,33
4	4	96,00	86,00	2,00	0,22	5,00	0,56
3	3	116,00	106,00	2,00	0,22	7,00	0,78
2	2	136,00	126,00	1,00	0,11	8,00	0,89
1	1	156,00	146,00	1,00	0,11	9,00	1,00

Fuente: Elaboración con base en los datos del Ministerio de Medio Ambiente y Agua



5.2.2. Definición de Variables de Salida

Las variables de salida son aquellos resultados generados del proceso de la simulación, que en el caso de este Proyecto de Grado son los siguientes:

CUADRO Nro. 42 Variables de Salida del Proceso de Simulación

Y1	Rendimiento Albañiles
Y2	Rendimiento Ayudantes
Y3	Costo Total Cuadrillas (Bs.)
Y4	Costo Albañil (Bs.)
Y5	Costo Ayudante (Bs.)

Fuente: Elaboración con base en Resultados de la Simulación

Se debe considerar que todas estas variables variarían sus valores de acuerdo con el Ítem, y con la estación del año en la cual se esté realizando la simulación

5.3. Construcción del Modelo y Relación de las Variables

El modelo se construye en base a los Modelos Econométricos que se obtuvieron en el Capítulo 4 en donde se relacionaron las variables de salida con los parámetros de Entrada que se especificaron de la siguiente manera:

$$Y_1 = \beta_1 + \beta_2 X_{2t} + \beta_3 X_{3t} + \beta_4 X_{4t} + \beta_5 X_{5t} + \beta_6 X_{6t}$$

$$Y_2 = \beta_1 + \beta_2 X_{2t} + \beta_3 X_{3t} + \beta_4 X_{4t} + \beta_5 X_{5t} + \beta_6 X_{6t}$$

$$Y_3 = Y_4 + Y_5$$

$$Y_4 = Y_1 * C_{Albañil}$$

$$Y_5 = Y_2 * C_{Ayudante}$$

Donde:

Y_t = Rendimiento de la Mano de Obra del Albañil (Hr/m³)

X_{2t} = Promedio Porcentaje Actividad

X_{3t} = Promedio Porcentaje Equipamiento



X_{4t} = Promedio Porcentaje Supervisión

X_{5t} = Promedio Porcentaje Trabajador

X_{6t} = Promedio Porcentaje Clima

$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6$ = Parámetros de la Ecuación Econométrica

$C_{\text{Albañil}}$ = Costo del Albañil (Bs. /Hora)

C_{Ayudante} = Costo del Albañil (Bs. /Hora)

Todas estas relaciones se muestran en los Cuadros Nro. 29, 30, 31 y 32 (Modelos de Regresión Múltiple de los Rendimientos de Mano de Obra).

5.4. Formulación del Simulador

Para realizar el Proceso de Simulación de Monte Carlo se usó el Programa de Crystall Ball, que es un complemento de Excel, el mismo se realizó definiendo las siguientes consideraciones.

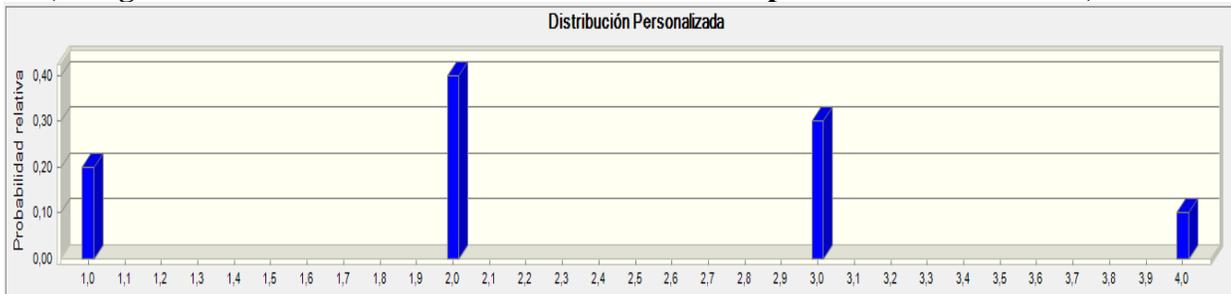
5.4.1. Definir Suposición

Se debe de ingresar la distribución de Probabilidad que tengas los datos obtenidos de la recolección de información mediante la Galería del Programa, como en este caso no sigue una distribución exacta, se usara una distribución personalizada con valores constantes que se serán ponderadas o con una determinada probabilidad, los mismos se ingresaran en base a la información que se obtuvo en los cuadros de Determinación de Probabilidades.

Para mostrar cómo se ingresó esta información se usara unos ejemplos con la Categoría Actividad, específicamente el Factor de grado de Dificultad, los datos de Probabilidades están en el Cuadro Nro. 36, el otro Ejemplo será en la Categoría Clima específicamente para el Factor de Temperatura, los datos de Probabilidades están en el Cuadro Nro. 40 en el Ítem de Zapatas de H.A. en la Estación de Invierno

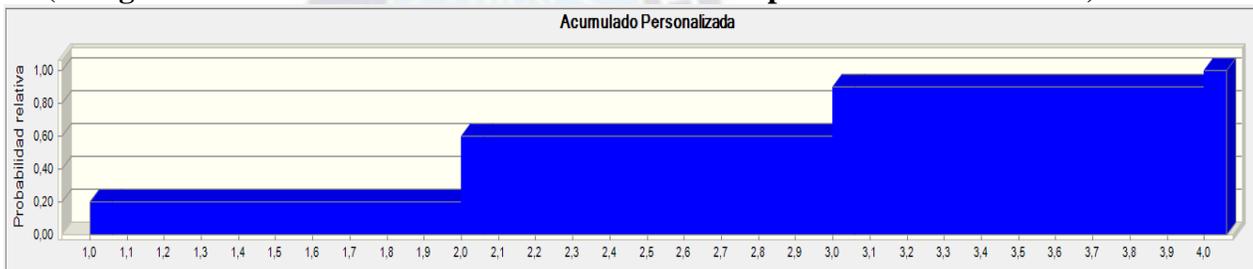
Para el primer ejemplo se tiene las siguientes figuras:

FIGURA Nro. 22 Vista de la Probabilidad para la Distribución Personalizada (Categoría Actividad- Factor Grado de Dificultad-Zapatas de H.A.- Invierno)



Fuente: Elaboración con base en datos del Cuadro Nro. 36

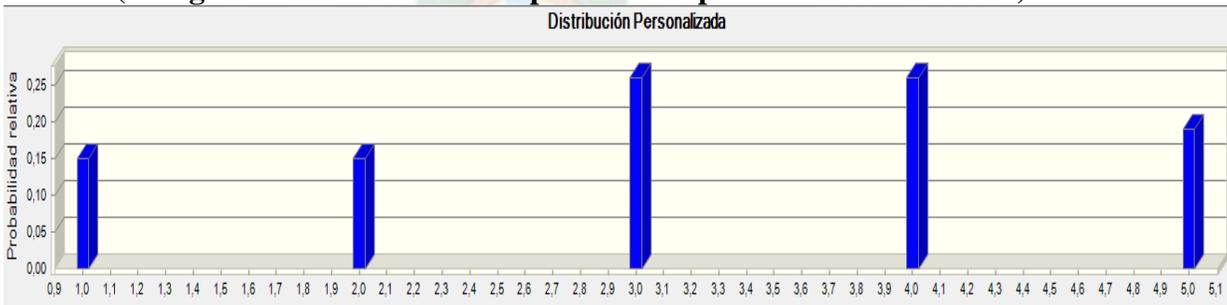
FIGURA Nro. 23 Vista de la Probabilidad Acumulada para la Distribución Personalizada (Categoría Actividad- Factor Grado de Dificultad-Zapatas de H.A.- Invierno)



Fuente: Elaboración con base en datos del Cuadro Nro. 36

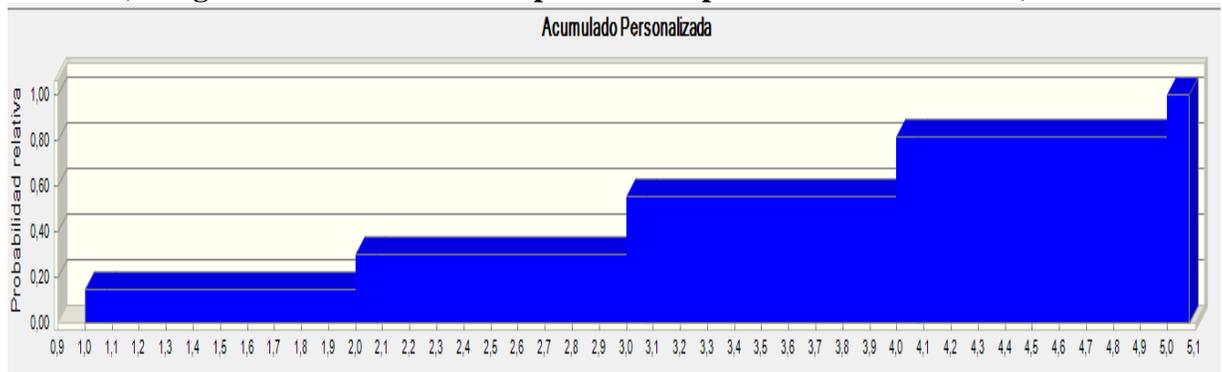
Para el segundo ejemplo de la Categoría de Clima para la Estación de Invierno se tiene las siguientes figuras:

FIGURA Nro. 24 Vista de la Probabilidad para la Distribución Personalizada (Categoría Clima- Factor Temperatura-Zapatas de H.A.- Invierno)



Fuente: Elaboración con base en datos del Cuadro Nro. 40

**FIGURA Nro. 25 Vista de la Probabilidad Acumulada para la Distribución Personalizada
(Categoría Clima- Factor Temperatura-Zapatatas de H.A.- Invierno)**



Fuente: Elaboración con base en datos del Cuadro Nro. 40

Estas son las Gráficas que se pueden obtener si se ingresan los valores y las probabilidades de todos los Factores, la información con respecto a valores y probabilidades se muestran desde el Cuadro Nro. 36 hasta el Cuadro Nro. 41

5.4.2. Definir Previsión

Las previsiones son las variables de salida del modelo de Simulación, en este caso se ingresaron en la Casilla de Excel las formulas mostradas en el Punto 5.3., para los Costos de la Cuadrilla, del Albañil y del Ayudante, y las Ecuaciones Econométricas halladas para los Rendimientos de los Albañiles y Ayudantes.

5.5. Descripción de las Consideraciones Realizadas

- Los Costos referenciales de los Albañiles es 17,5 Bs. /Hora y el Costo para los Ayudantes es de 12 Bs. /Hora.
- Todos los factores de Afectación de la Mano de Obra para un valor de la Escala del 1 al 5, tiene una determinada Probabilidad de ocurrencia desde un 0% hasta el máximo del 100%.

5.6. Resultados

Después de haber ingresado toda la información en el Programa Crystall Ball, se hace correr simulaciones de los posibles eventos que tienen los factores en base a las probabilidades, obteniendo los siguientes resultados:

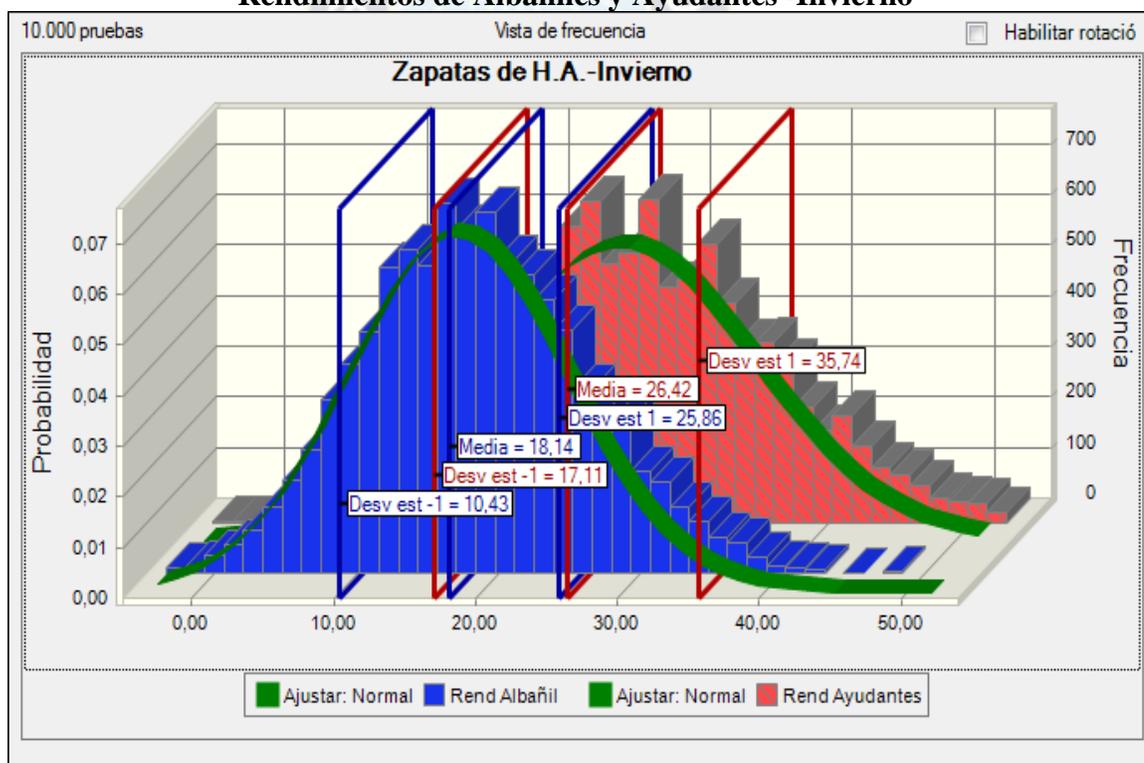
5.6.1. Rendimiento Albañiles y Ayudantes

En esta parte se presentara los resultados para cada Ítem en base a diferentes estaciones del año, así como también las relaciones entre las mismas.

5.6.1.1. Zapatas de H.A.

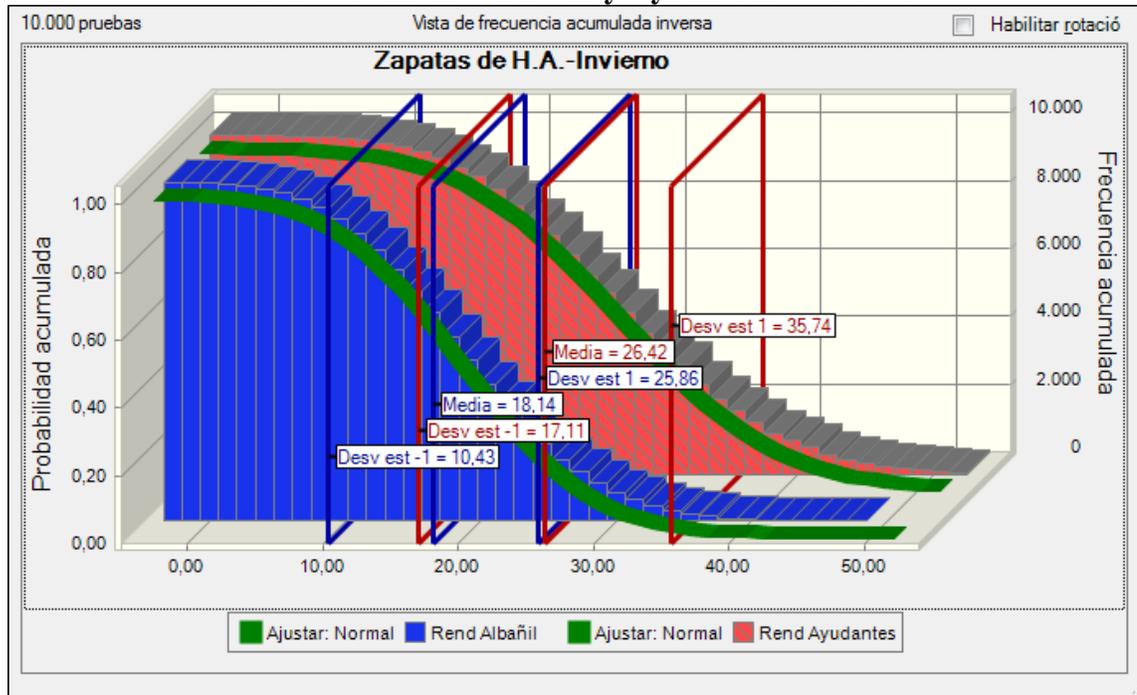
Después de 10000 simulaciones ejecutadas con el Programa Crystall Ball, para poder interactuar todos los posibles eventos que puedan tener los factores de cada categoría, en este caso solo se mostrara un ejemplo de las Gráficas Obtenidas para la Estación de Invierno. Las demás Graficas se mostraran en el Anexo Nro. 27,28 y 29.

FIGURA Nro. 26 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes -Invierno



Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación

FIGURA Nro. 27 Grafica de Superposición de las Frecuencias Acumuladas de los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes - Invierno



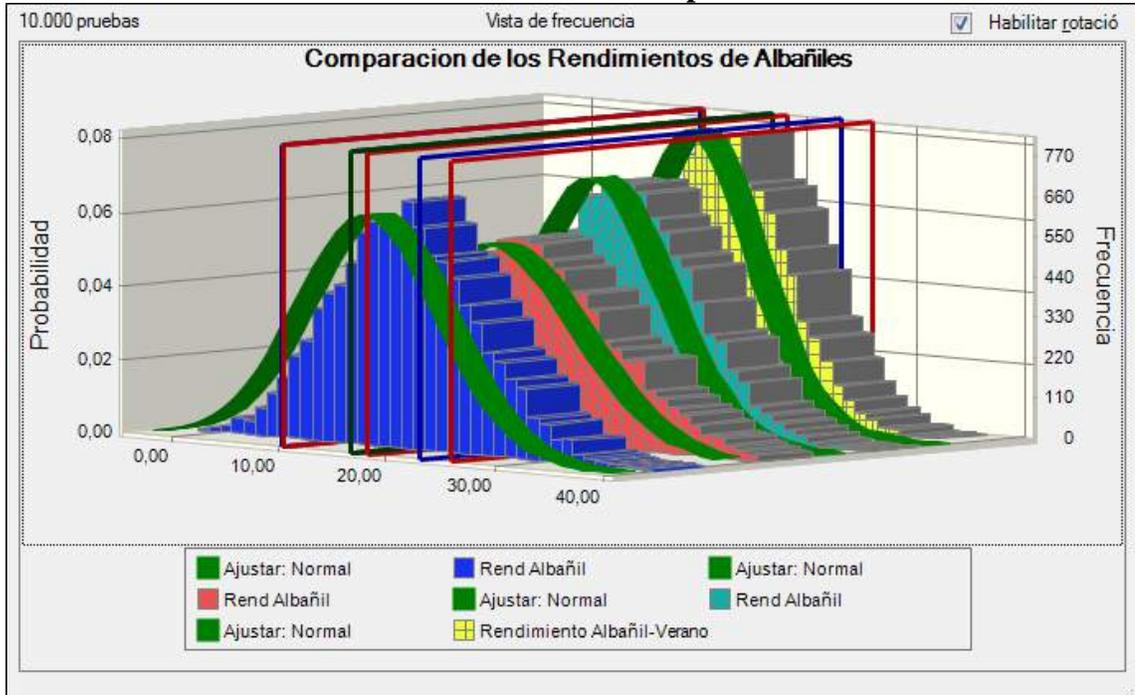
Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación

En las gráficas se puede observar las vistas de las frecuencias de los Rendimientos de los Albañiles y Ayudantes, obteniéndose que la media para el Rendimiento de los Albañiles es 18,14 horas y 26,42 horas para los Ayudantes por cada m³ de Zapatas realizada.

También mediante el Anexo Nro. 39 (Análisis de Sensibilidad del Albañil y Ayudante para Zapatas de H.A.-invierno), se puede concluir que los factores que más influyen en la obtención de los resultados son la temperatura con 27,7%, y la precipitación con 26,4%.

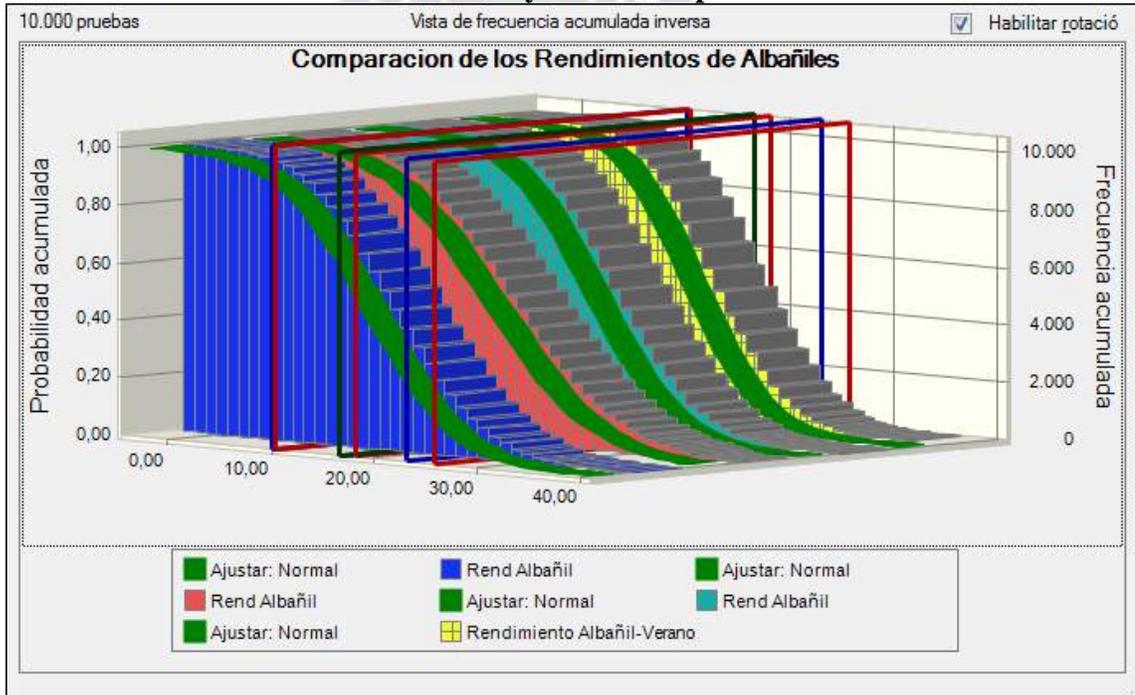
En las siguientes graficas se puede observar un análisis comparativo de los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes en las cuatro estaciones del año consideradas en el Proyecto. Para poder observar en cual se tiene mayor productividad.

FIGURA Nro. 28 Grafica de Superposición de las Frecuencias Acumuladas de los Rendimientos de Albañiles-Zapatas de H.A.



Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación

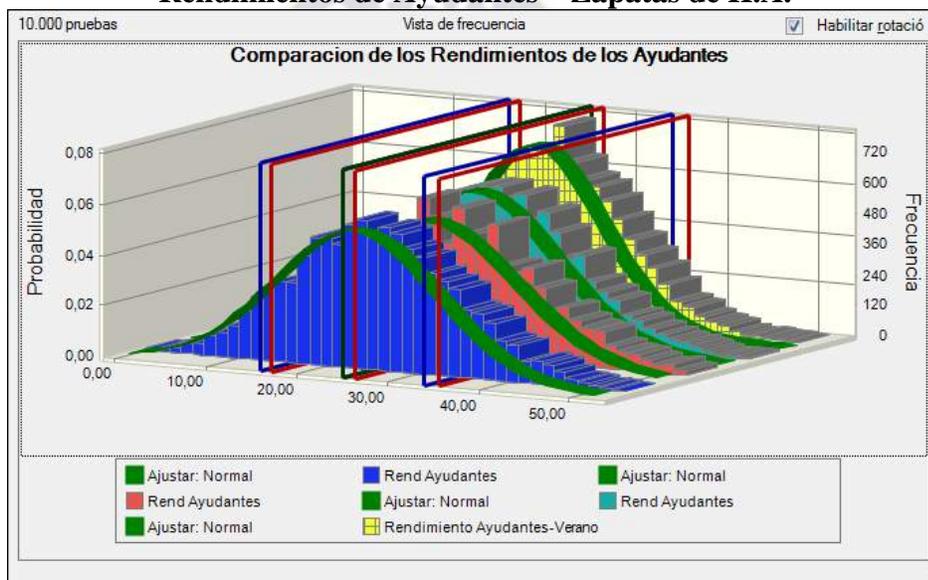
FIGURA Nro. 29 Grafica de Superposición de las Frecuencias Acumuladas de los Rendimientos de Ayudantes-Zapatas de H.A.



Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación

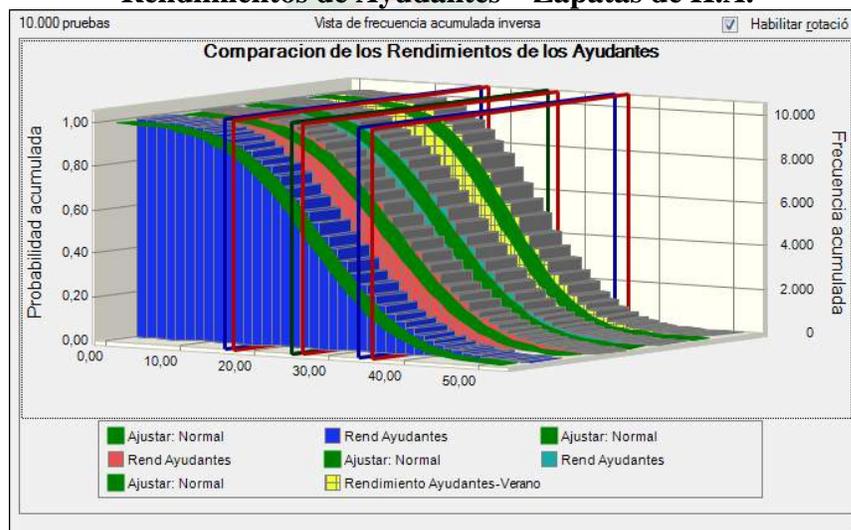
Mediante una comparación de los Estadísticos obtenidos para el Rendimiento de los Albañiles, se observa que es más eficiente en la Estación de Invierno con una media de 16,6 Horas por cada m³ de Zapata de H.A. y la estación en la cual tardamos más es en la Estación de Otoño con una media de 18,14 Horas por cada m³. Para revisar todos los Estadísticos de la Simulación revise el Anexo Nro 43.

FIGURA Nro. 30 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Rendimientos de Ayudantes – Zapatas de H.A.



Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación

FIGURA Nro. 31 Grafica de Superposición de las Frecuencias Acumuladas de los Rendimientos de Ayudantes – Zapatas de H.A.



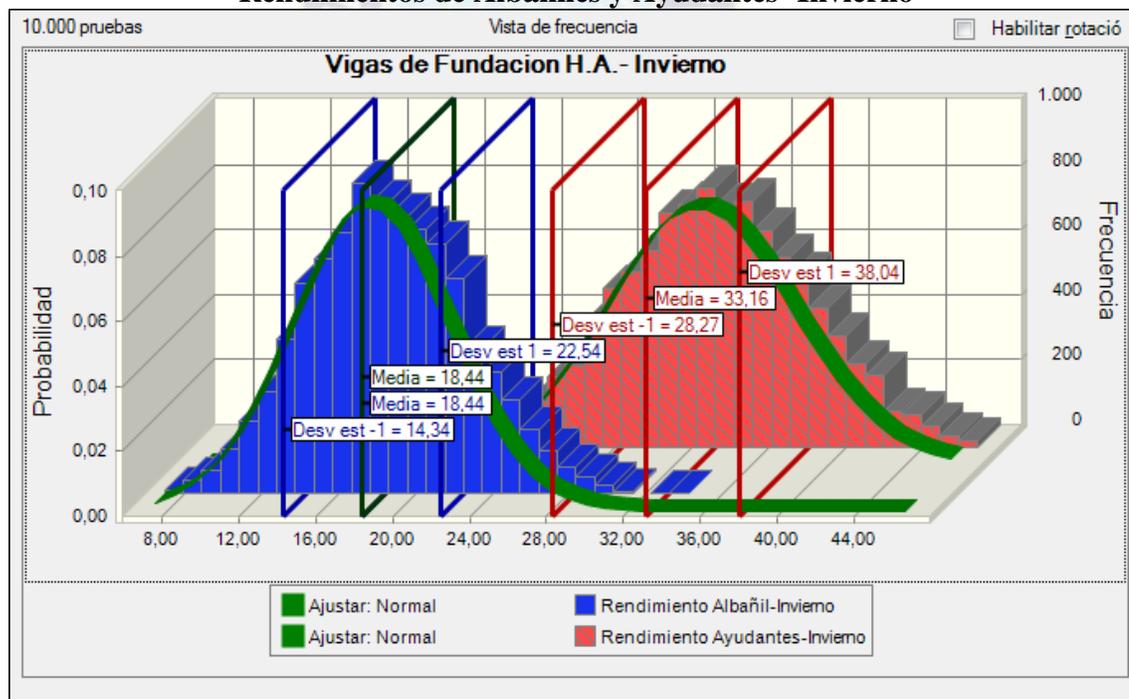
Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación

Las conclusiones con respecto a los Rendimientos de Ayudantes se es mas eficiente en la Estacion de Verano debido a que cuanta con una media de 24,35 Horas por m³, y donde tardamos mas es en Otoño con una mmedia de 26,42 Horas/m³. Para revisar las Estaditicas de la Simulacion revise el Anexo Nro 43

5.6.1.2. Vigas de Fundación de H.A.

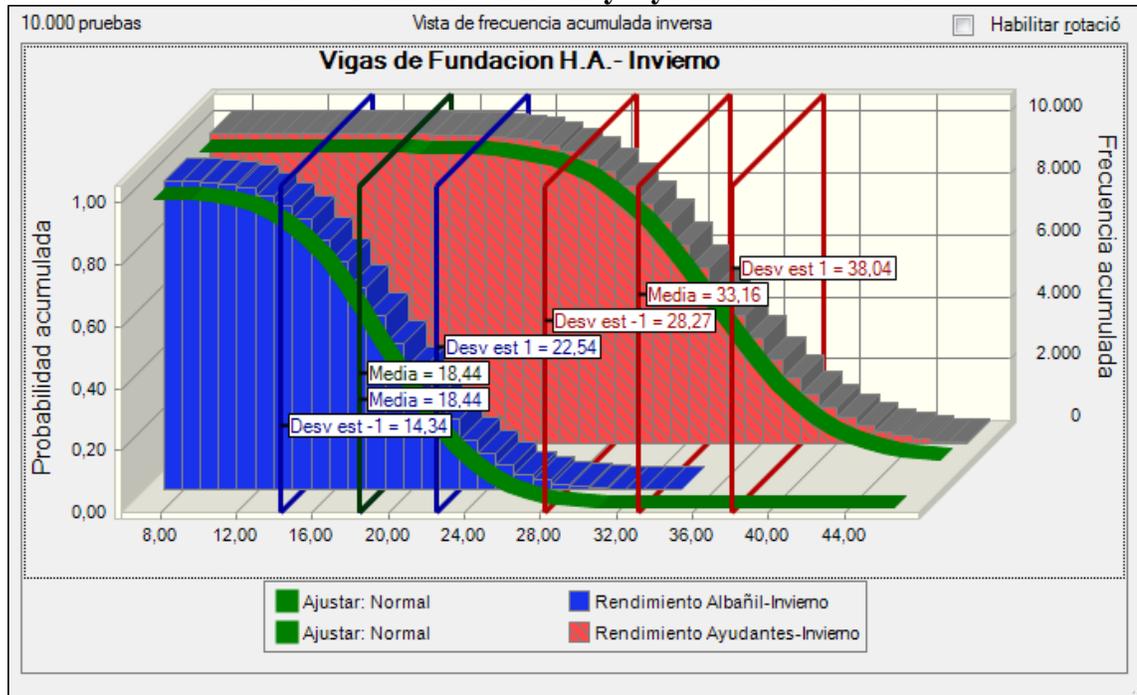
Después de 1000 simulaciones ejecutadas se obtiene como resultado las siguientes vistas de las frecuencias de los Rendimientos de los Albañiles y Ayudantes para la Estación de Invierno, para las demás Estaciones se muestra en el Anexo Nro. 30,31 y 32, como los estadísticos de la media y desviación estándar.

FIGURA Nro. 32 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes -Invierno



Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación

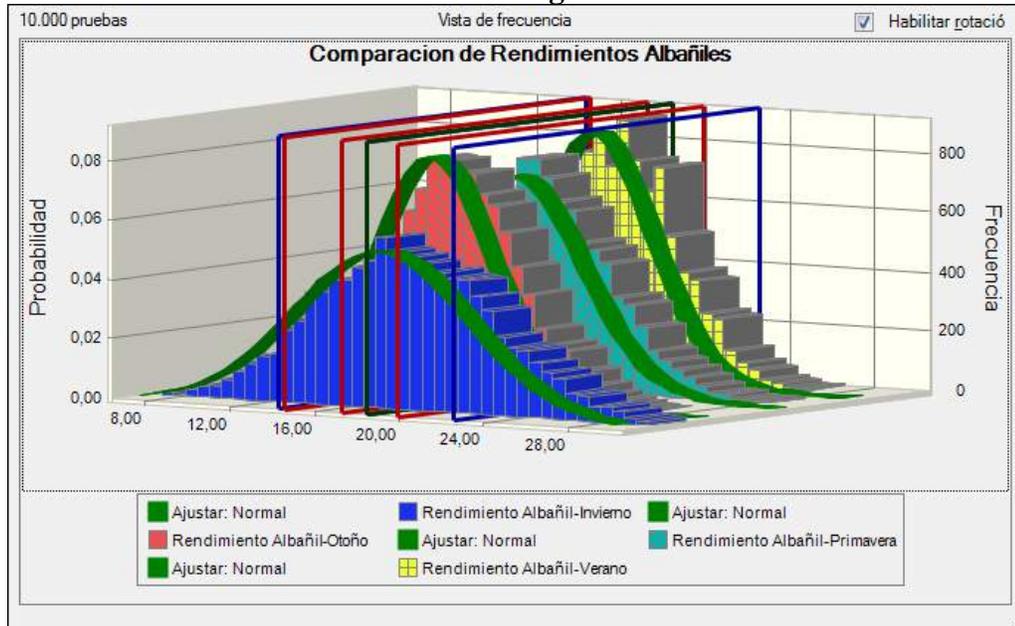
FIGURA Nro. 33 Grafica de Superposición de las Frecuencias Acumuladas de los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes - Invierno



Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación

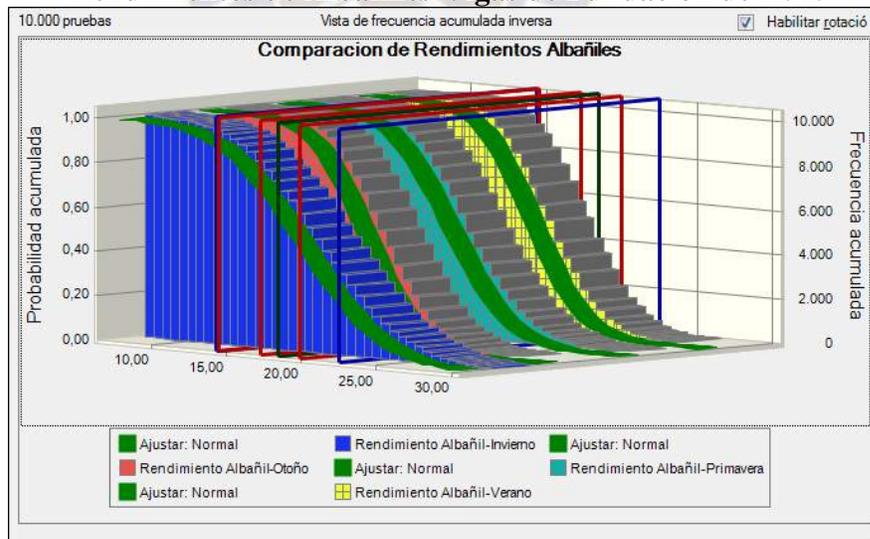
En la gráfica podemos observar que el Rendimiento del Albañil es de 18,44 Hr. /m³ y 33,16 Hr. /m³ para los Ayudantes de Vigas de Fundación de H.A. para la Estación de Invierno. Además mediante el Anexo Nro. 40 (Análisis de Sensibilidad del Albañil y Ayudante de las Vigas de Fundación de H.A.-Invierno), se puede concluir que los factores que más influyen son la precipitación y la temperatura con 29,6% y 29,4% respectivamente para la determinación de los Rendimientos.

FIGURA Nro. 34 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Rendimientos de Albañiles- Vigas de Fundación de H.A.



Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación

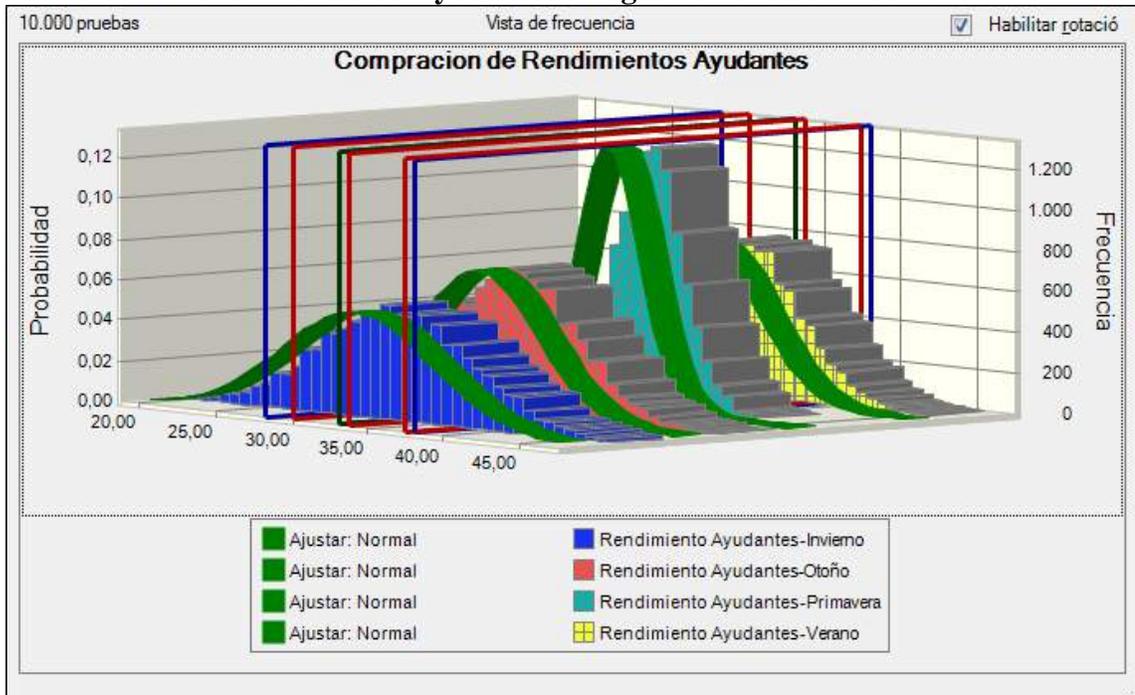
FIGURA Nro. 35 Grafica de Superposición de las Frecuencias Acumuladas de los Rendimientos de Albañiles-Vigas de Fundación de H.A.



Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación

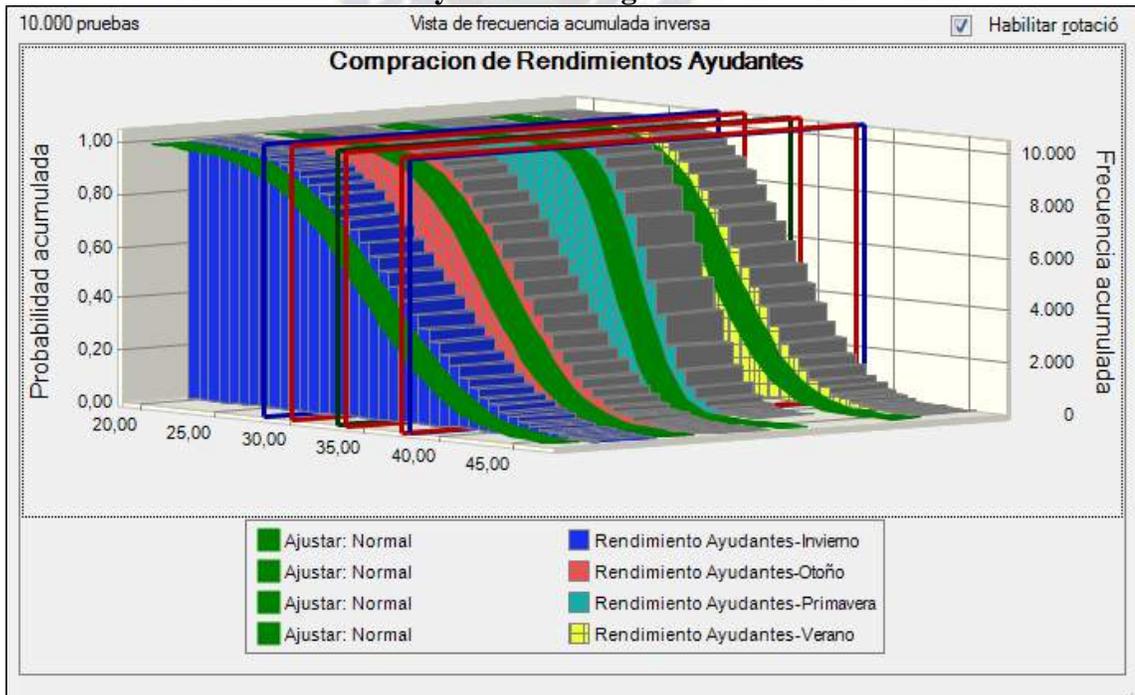
Las conclusiones para el Rendimiento de los Albañiles, son más eficiente en la Estación de Invierno con una media de 18,44 y menor eficiencia en la estación de otoño con 17,23 Horas/m³ de Vigas de Fundación de H.A. Para revisar las Estadísticas de la Simulación revise el Anexo Nro 44.

FIGURA Nro. 36 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Rendimientos de Ayudantes – Vigas de Fundación de H.A.



Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación

FIGURA Nro. 37 Grafica de Superposición de las Frecuencias Acumuladas de los Rendimientos de Ayudantes – Vigas de Fundación de H.A.



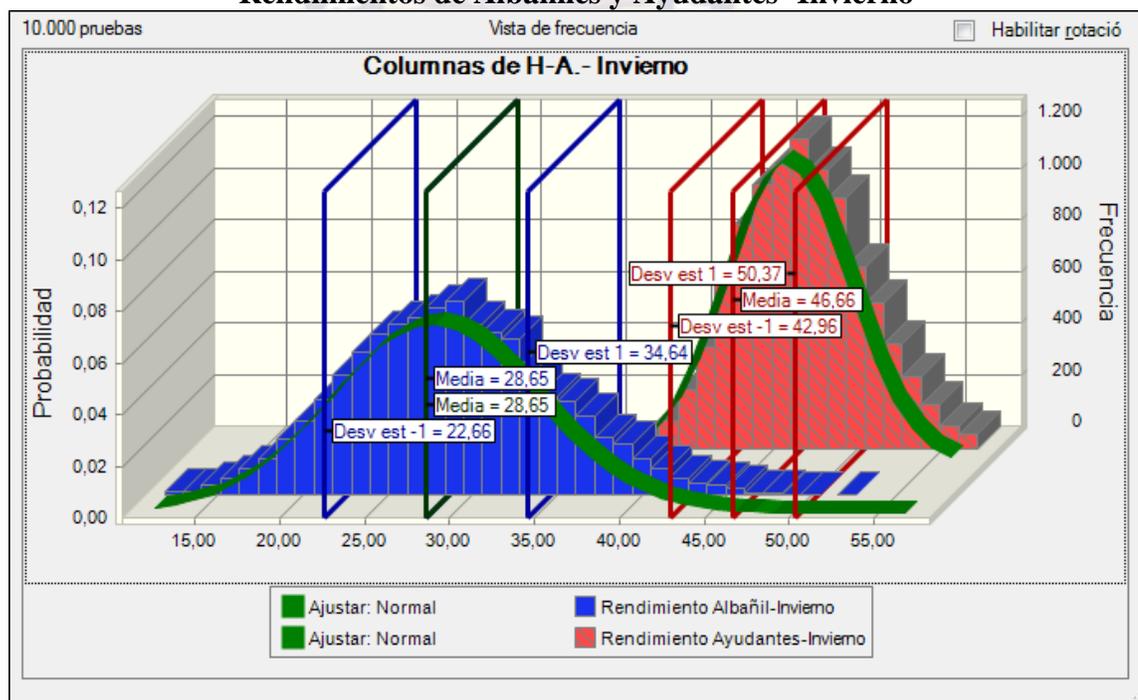
Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación

Para el Rendimientos de Ayudantes se observa más eficiencia en la estación de Primavera con una media de 34,75 horas por metro cubico, y las otras no tienen una diferencia considerable, pero la menor eficiencia está en la estación de Invierno con 33,16 horas por cada metro cubico de Vigas de Fundación de H.A. Para revisar las Estadísticas de la Simulación revise el Anexo Nro 44

5.6.1.3. Columnas de H.A.

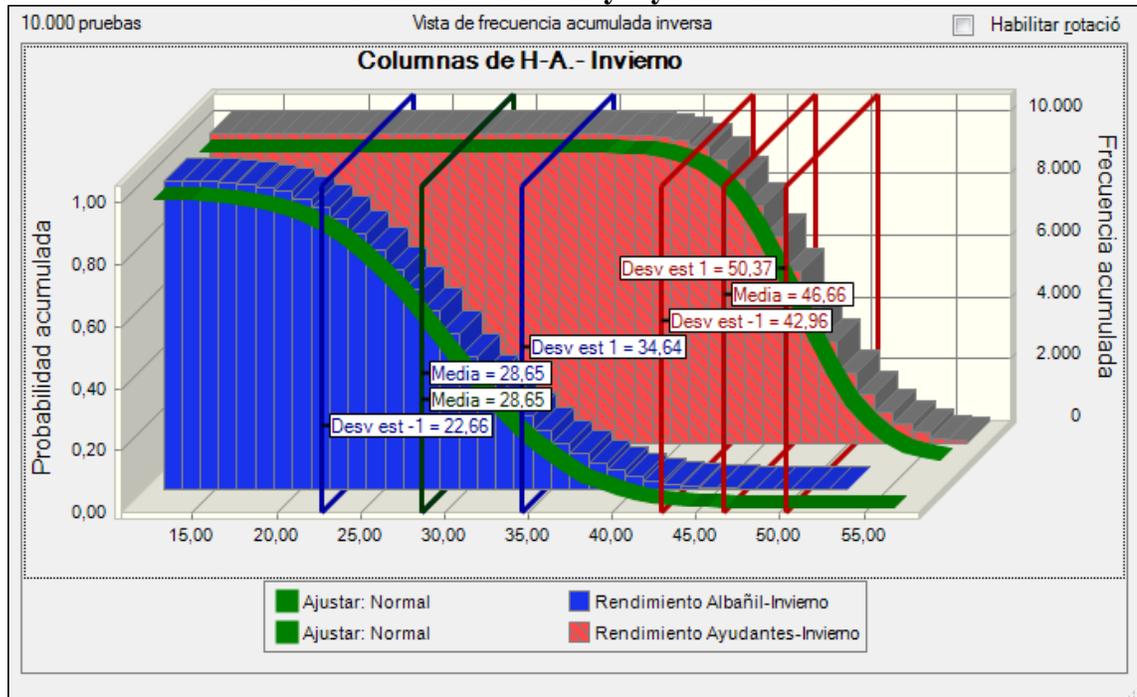
La presentación de muchas graficas podría confundir al lector, razón por la cual solo se mostrara las graficas de Frecuencia y la de Frecuencias Acumuladas obtenidas de 1000 simulaciones ejecutadas para las Zapatas de H.A. en la Estación de Invierno, las demás se encuentran en el Anexo Nro. 33,34 y 35.

FIGURA Nro. 38 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes -Invierno



Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación

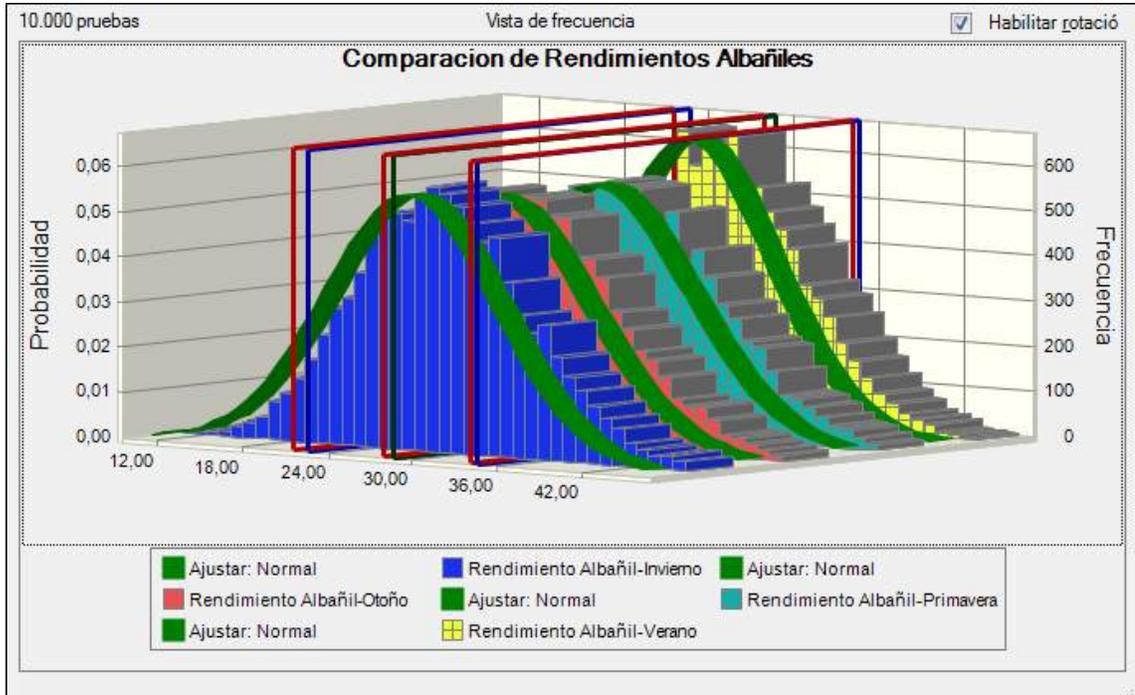
FIGURA Nro. 39 Grafica de Superposición de las Frecuencias Acumuladas de los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes - Invierno



Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación

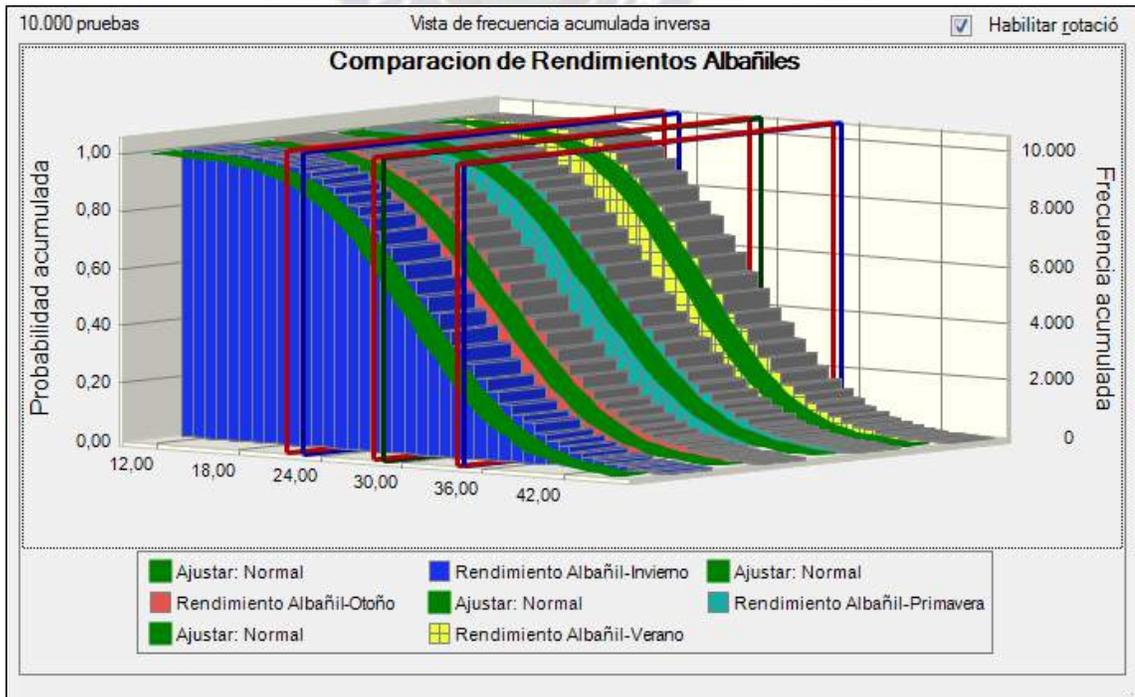
En las gráficas se puede observar que la media del Rendimientos de los Albañiles es 28,65 horas y para los ayudantes es 46,66 horas por cada metro cubico de Columnas de H.A, los demás estadísticos se mostraran más adelante, y en base al Anexo Nro. 41 se puede concluir que los factores que más influyen para la obtención de los Rendimientos son la Precipitación con un 26,3 % y la Temperatura con un 26%, los mismos que presentan porcentajes altos con respecto a los demás subfactores de Afectación.

FIGURA Nro. 40 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Rendimientos de Albañiles- Columnas de H.A.



Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación

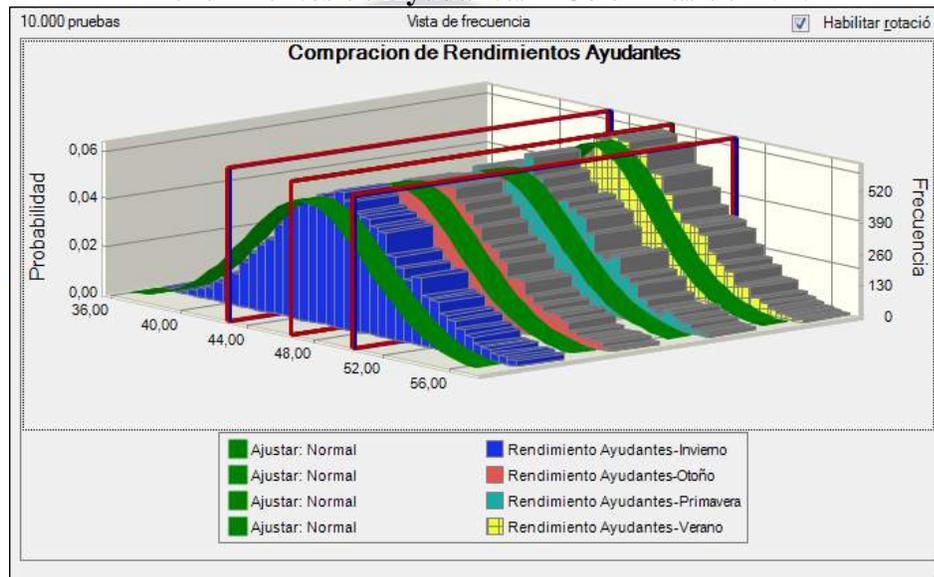
FIGURA Nro. 41 Grafica de Superposición de las Frecuencias Acumuladas de los Rendimientos de Albañiles-Columnas de H.A.



Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación

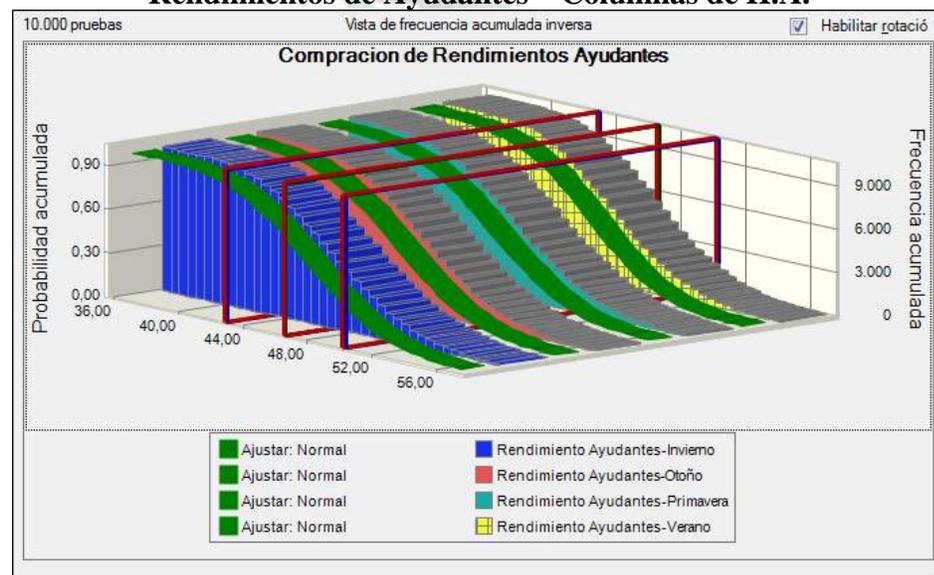
Con los resultados se aprecia grandes diferencias para el Rendimientos de los Albañiles. Siendo mas eficiente en Invierno con 28,65, y menos Eficiente en la Estacion de Otoño con 27,86 horas por cada metro cubico Para revisar las Estaditicas de la Simulacion revise el Anexo Nro 45

FIGURA Nro. 42 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Rendimientos de Ayudantes – Columnas de H.A.



Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación

FIGURA Nro. 43 Grafica de Superposición de las Frecuencias Acumuladas de los Rendimientos de Ayudantes – Columnas de H.A.



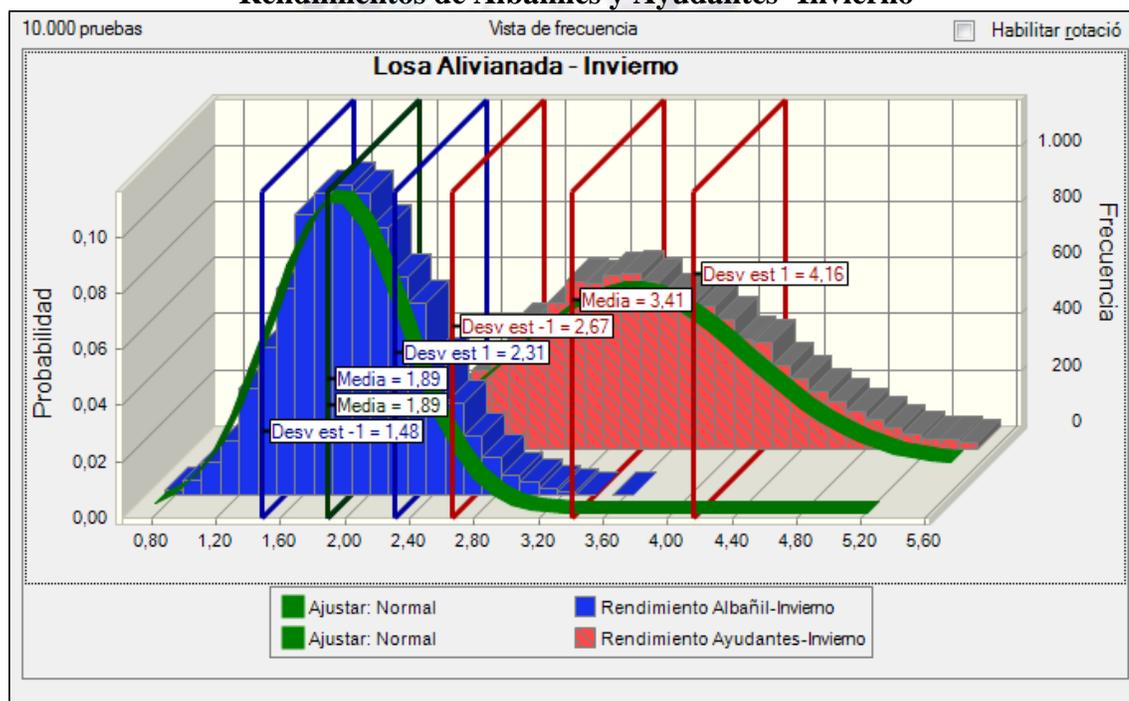
Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación

Los resultados muestran pequeñas diferencias entre los rendimientos obtenidos, solo hay 0,23 horas por metro cubico de diferencia entre la mayor eficiencia en Primavera 28,44 horas y la menor en Otoño con 27,86 horas por cada metro cubico de Columnas de H.A. Para revisar las Estadísticas de la Simulación revise el Anexo Nro 45

5.6.1.4. Losa Alivianada H=20cm.

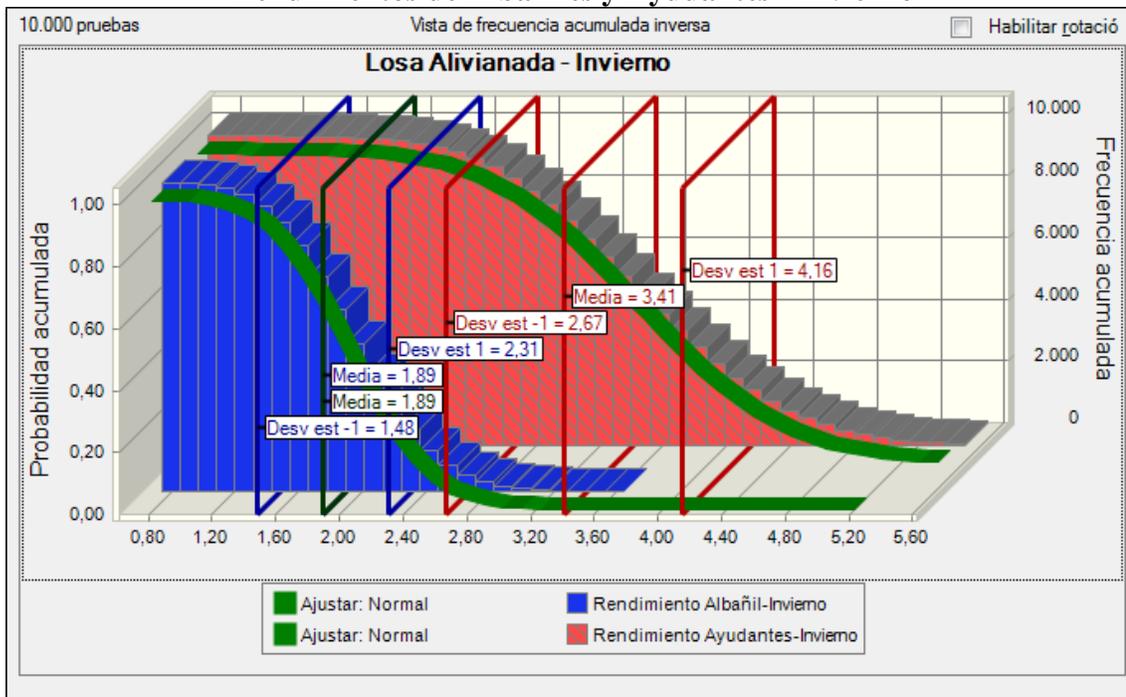
Después de 1000 simulaciones ejecutadas, se obtienen las siguientes graficas de Frecuencias y de Frecuencia Acumuladas, mostrar todas las gráficas sería bastante extenso, razón por la cual solo se mostrara los resultados obtenidos con la simulación para los Rendimientos de los Albañiles y Ayudantes en Invierno. Para observar las gráficas con respecto las demás estaciones se presentan en el Anexo Nro. 36,37 y 38.

FIGURA Nro. 44 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes -Invierno



Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación

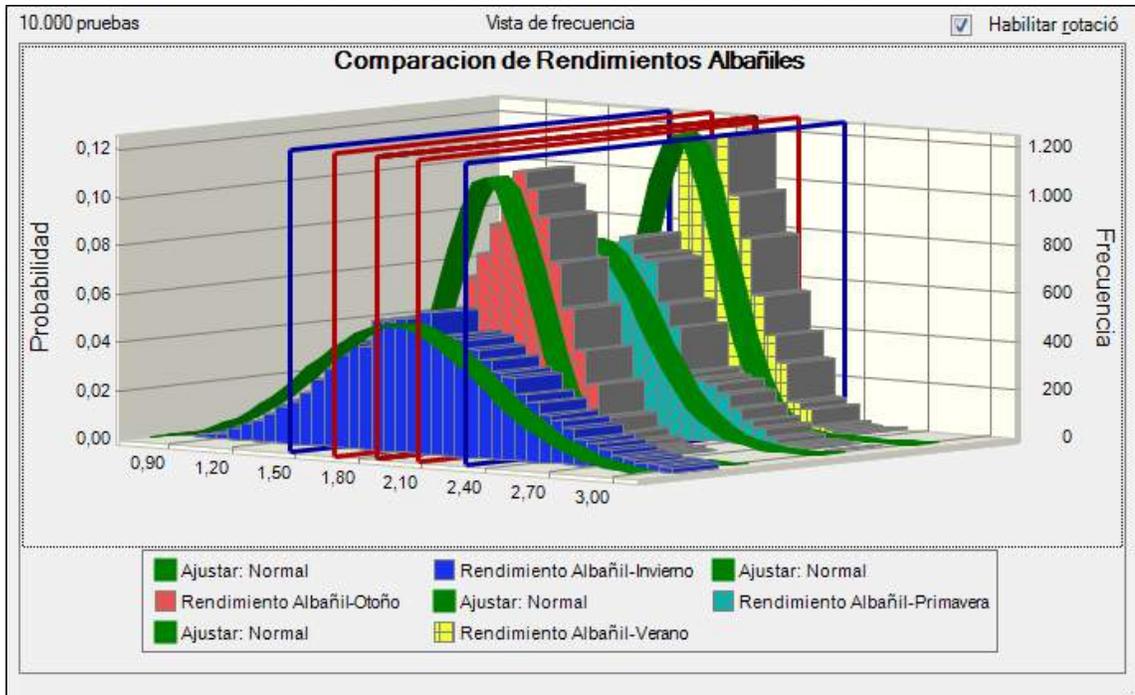
FIGURA Nro. 45 Grafica de Superposición de las Frecuencias Acumuladas de los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes - Invierno



Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación

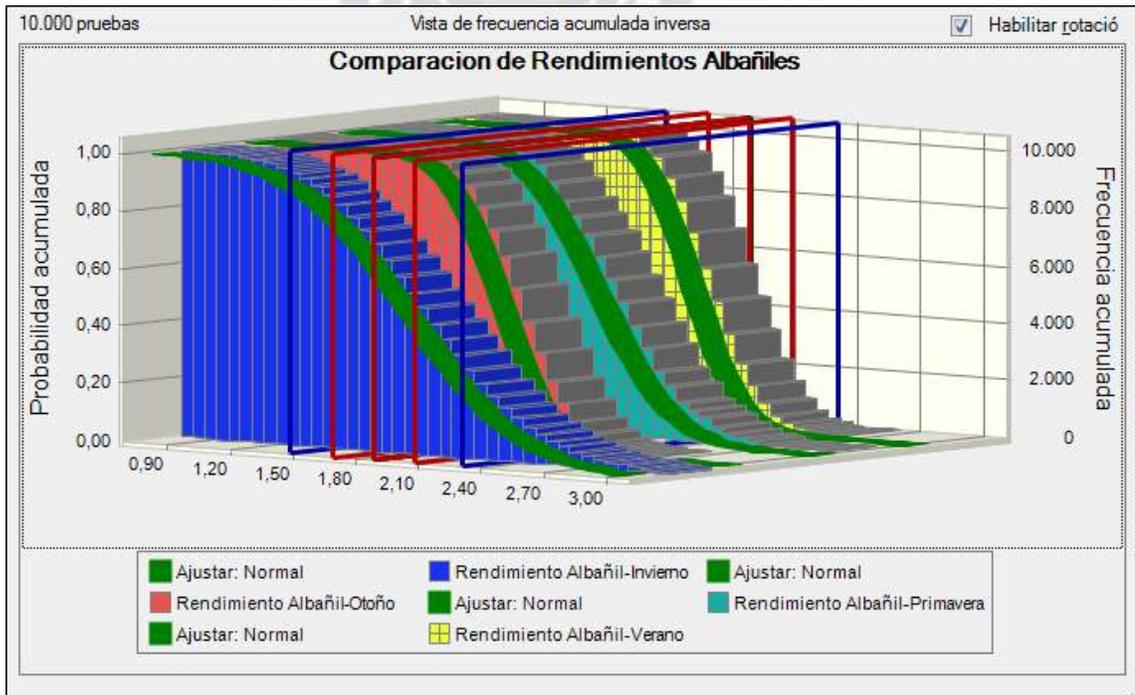
Los resultados obtenidos nos muestran medias de 1,89 horas por metro cuadrado para el Rendimiento de los Albañiles, y 3,41 horas por metro cuadrado para el Rendimiento de los Ayudantes para la Losa Alivianada. Además mediante el Anexo Nro. 42 (Análisis de Sensibilidad para Losa Alivianada-Invierno), se puede concluir que el factor que más contribuye a la varianza es la temperatura con 28,2 % aproximadamente para el Rendimiento de los Albañiles y Ayudantes.

FIGURA Nro. 46 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Rendimientos de Albañiles- Losa Alivianada



Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación

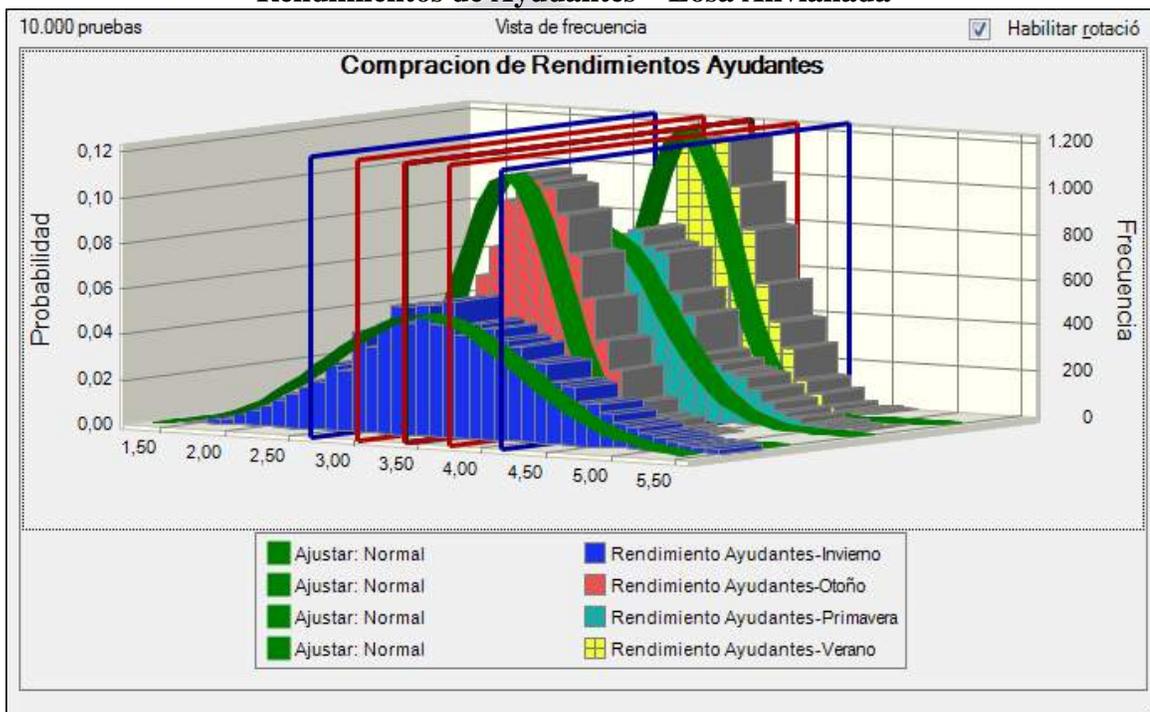
FIGURA Nro. 47 Grafica de Superposición de las Frecuencias Acumuladas de los Rendimientos de Albañiles- Losa Alivianada



Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación

Con base en la Simulación de los Rendimientos de los Albañiles se puede observar que es más eficiente en la Estación de Primavera con 1,9 horas por cada metro cuadrado, aunque se tiene una diferencia mínima (0,1 Hr./m²) con respecto a las demás estaciones. Para revisar las Estadísticas de la Simulación revise el Anexo Nro 46

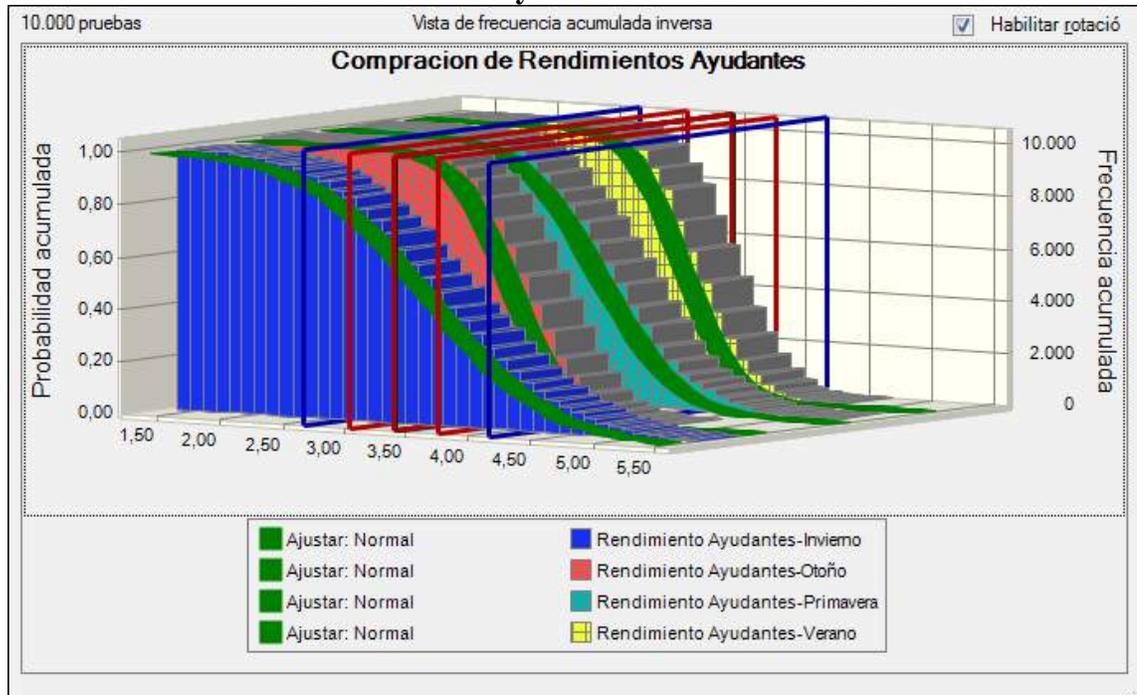
FIGURA Nro. 48 Gráfica de Superposición de las Frecuencias de los Rendimientos de Ayudantes – Losa Aliviada



Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación



FIGURA Nro. 49 Grafica de Superposición de las Frecuencias Acumuladas de los Rendimientos de Ayudantes – Losa Alivianada



Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación

Para los Ayudantes tampoco se ve grandes diferencias en los Resultados Obtenidos, con solo 0,3 horas por cada metro cuadrado de diferencia, es mas eficiente en la Estacion de Primavera con respecto a la Estacion de Otoño. Para revisar las Estadísticas de la Simulación revise el Anexo Nro 46

5.6.1.5. Resumen de Percentiles

En esta parte se presentara un resumen de todos datos de percentiles obtenidos durante el Proceso de Simulación del Modelo. La lectura de estas tablas es de la siguiente manera:

Por ejemplo para la casilla marcada con color amarillo en el Cuadro Nro. 43. En el 90% de los casos el rendimiento de los Albañiles en la Estación de Otoño es menor a 28,45 Horas por metro cubico de Zapatas de H.A., y para el Rendimiento del Ayudante en la Estación de Otoño en el 90% de los casos el Rendimiento es menor o igual a 38,84 horas por cada metro cubico de Zapatas de H.A.



**CUADRO Nro. 43 Resumen de Percentiles
(Zapatas de H.A.-Vigas de Fundación de H.A.)**

Percentil	ZAPATAS DE H.A.								VIGAS DE FUNDACION H.A.							
	Rendimiento Albañil-Invierno	Rendimiento Albañil-Otoño	Rendimiento Albañil-Primavera	Rendimiento Albañil-Verano	Rendimiento Ayudantes-Invierno	Rendimiento Ayudantes-Otoño	Rendimiento Ayudantes-Primavera	Rendimiento Ayudantes-Verano	Rendimiento Albañil-Invierno	Rendimiento Albañil-Otoño	Rendimiento Albañil-Primavera	Rendimiento Albañil-Verano	Rendimiento Ayudantes-Invierno	Rendimiento Ayudantes-Otoño	Rendimiento Ayudantes-Primavera	Rendimiento Ayudantes-Verano
0%	-2,12	-7,28	-1,73	1,17	-2,65	-5,72	-2	2,01	6,29	8,71	8,51	8,82	15,15	20,92	27,62	21,71
10%	8,26	8,39	10,22	10,5	13,55	14,53	13,69	15,28	13,25	13,79	13,61	14,21	26,95	29,19	32,15	29,21
20%	10,91	11,53	12,61	12,74	17,35	18,27	17,32	18,15	14,84	14,86	14,87	15,25	28,88	30,57	32,98	30,63
30%	12,99	13,78	14,4	14,32	20,01	21,29	19,94	20,3	16,14	15,72	15,78	16,11	30,51	31,67	33,64	31,66
40%	14,77	15,99	16,03	15,71	22,55	23,64	22,27	22,25	17,25	16,45	16,67	16,84	31,84	32,64	34,22	32,62
50%	16,45	17,85	17,63	17,08	24,72	25,9	24,47	24,19	18,31	17,17	17,41	17,52	33,09	33,67	34,75	33,51
60%	18,07	19,79	19,22	18,43	27,06	28,53	26,65	25,89	19,44	17,87	18,27	18,24	34,34	34,57	35,25	34,42
70%	19,93	21,98	20,93	20,08	29,58	31,2	29,1	28,03	20,62	18,64	19,16	18,97	35,77	35,67	35,8	35,34
80%	22,15	24,53	23,01	21,77	32,62	34,42	31,71	30,47	21,92	19,52	20,12	19,83	37,35	36,98	36,46	36,46
90%	25,26	28,45	25,81	24,19	36,82	38,84	35,64	33,81	23,88	20,82	21,56	21,14	39,53	38,63	37,38	38
100%	39,09	47,25	41,41	35,94	58,43	56,3	58,2	50,25	33,75	26,35	28,08	26,53	52,03	47,32	41,9	45,11

Fuente: Elaboración con base en Resultados de la Simulación



CUADRO Nro. 44 Resumen de Percentiles
(Columnas de H.A.-Losa Alivianada H=20cm.)

Percentil	COLUMNAS DE H.A.								LOSA ALIVIANADA							
	Rendimiento Albañil-Invierno	Rendimiento Albañil-Otoño	Rendimiento Albañil-Primavera	Rendimiento Albañil-Verano	Rendimiento Ayudantes-Invierno	Rendimiento Ayudantes-Otoño	Rendimiento Ayudantes-Primavera	Rendimiento Ayudantes-Verano	Rendimiento Albañil-Invierno	Rendimiento Albañil-Otoño	Rendimiento Albañil-Primavera	Rendimiento Albañil-Verano	Rendimiento Ayudantes-Invierno	Rendimiento Ayudantes-Otoño	Rendimiento Ayudantes-Primavera	Rendimiento Ayudantes-Verano
0%	10,59	6,11	10,55	12,07	35,73	33,41	35,53	36,53	0,38	1,12	1,07	1,27	0,68	2,03	1,93	2,29
10%	21,09	19,67	20,56	21,32	41,96	41,77	41,81	42,45	1,37	1,63	1,55	1,65	2,48	2,93	2,79	2,98
20%	23,52	22,44	22,99	23,3	43,5	43,33	43,36	43,76	1,54	1,72	1,64	1,73	2,77	3,09	2,95	3,12
30%	25,27	24,39	24,87	25,03	44,56	44,46	44,35	44,76	1,67	1,78	1,73	1,79	3	3,2	3,11	3,23
40%	26,92	26,03	26,55	26,55	45,59	45,44	45,41	45,64	1,77	1,83	1,82	1,84	3,19	3,3	3,27	3,31
50%	28,45	27,73	28,12	28,04	46,53	46,4	46,45	46,58	1,88	1,89	1,9	1,89	3,37	3,4	3,43	3,41
60%	29,94	29,31	29,79	29,37	47,47	47,34	47,3	47,43	1,98	1,94	1,96	1,94	3,57	3,48	3,54	3,49
70%	31,67	31,01	31,7	31,09	48,53	48,32	48,4	48,41	2,1	1,99	2,05	1,99	3,78	3,58	3,69	3,58
80%	33,66	33,1	33,78	33,01	49,79	49,54	49,69	49,58	2,24	2,05	2,14	2,05	4,04	3,7	3,86	3,68
90%	36,61	36,12	36,79	35,61	51,58	51,32	51,44	51,23	2,44	2,14	2,26	2,14	4,39	3,86	4,07	3,84
100%	52,22	51,21	49,88	46,67	61,17	60,26	61,4	57,99	3,63	2,58	2,91	2,58	6,54	4,65	5,25	4,65

Fuente: Elaboración con base en Resultados de la Simulación

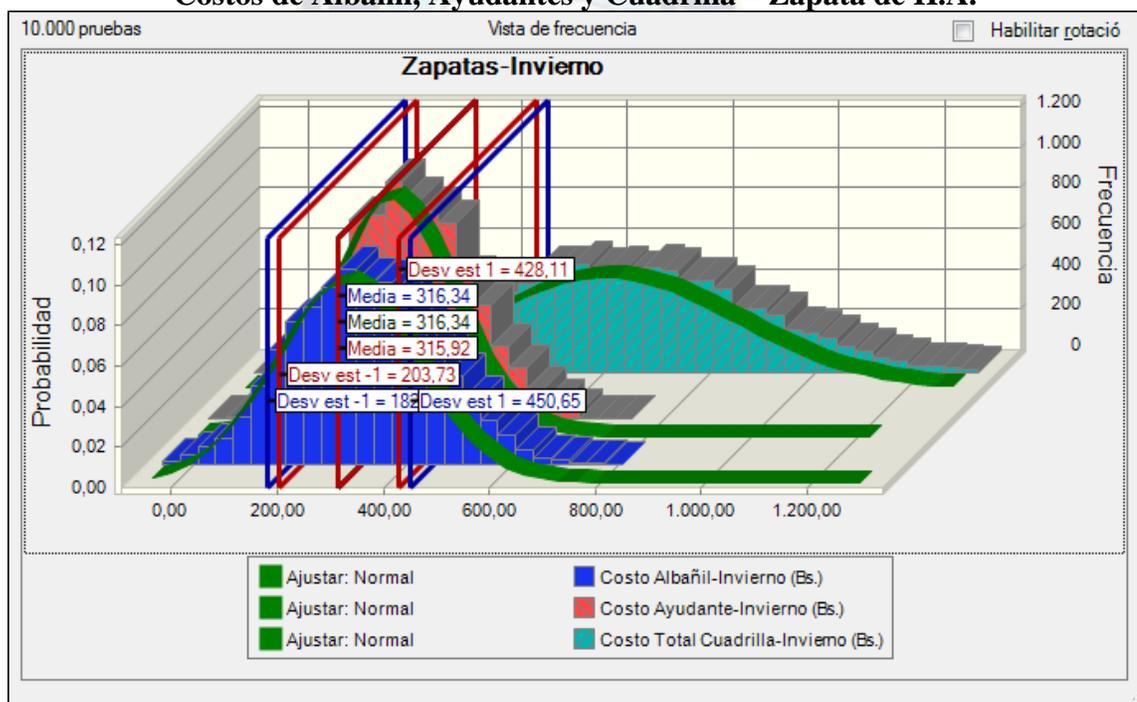
5.6.2. Costo Albañil, Ayudante y Total Cuadrillas

Otra importante previsión o variable de salida que se debería de considerar es el costo que tienen las cuadrillas de trabajo. Viendo la variación de la misma con respecto a las diferentes estaciones del año consideradas.

5.6.2.1. Zapatas de H.A.

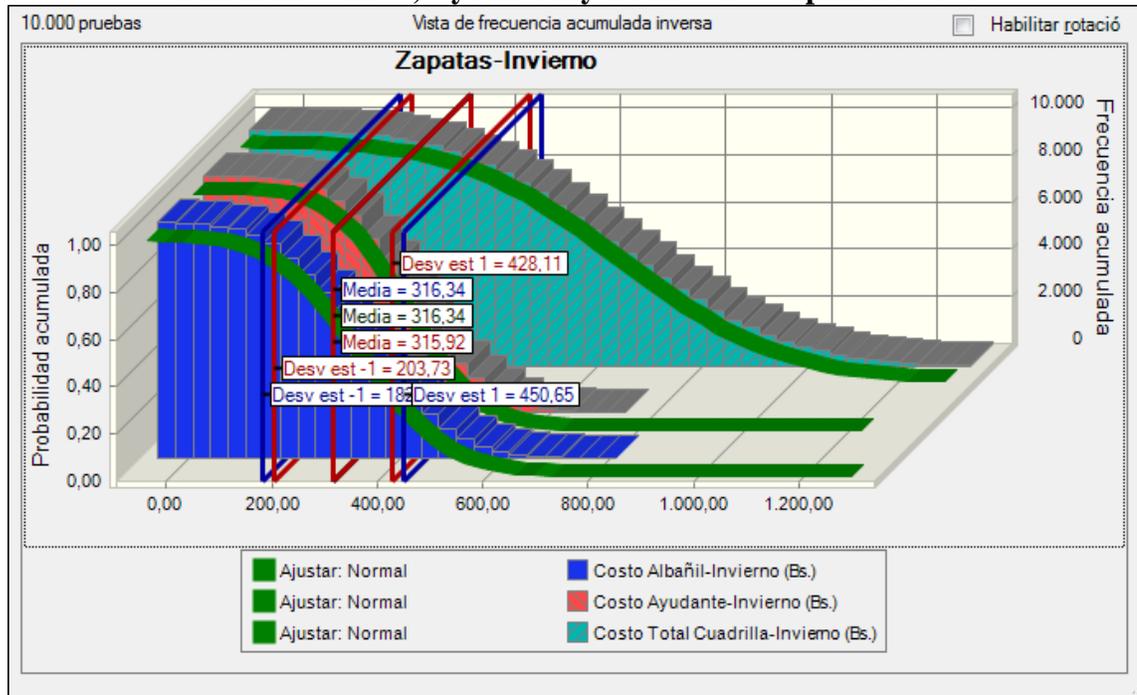
Después de haber realizado 1000 simulaciones ejecutadas se obtiene las siguientes Graficas de Resultados para el Ítem de Zapatas de H.A. en la Estación de Invierno solamente debido a la extensa cantidad de datos que se puede obtener si consideramos todas las estaciones.

FIGURA Nro. 50 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Costos de Albañil, Ayudantes y Cuadrilla – Zapata de H.A.



Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación

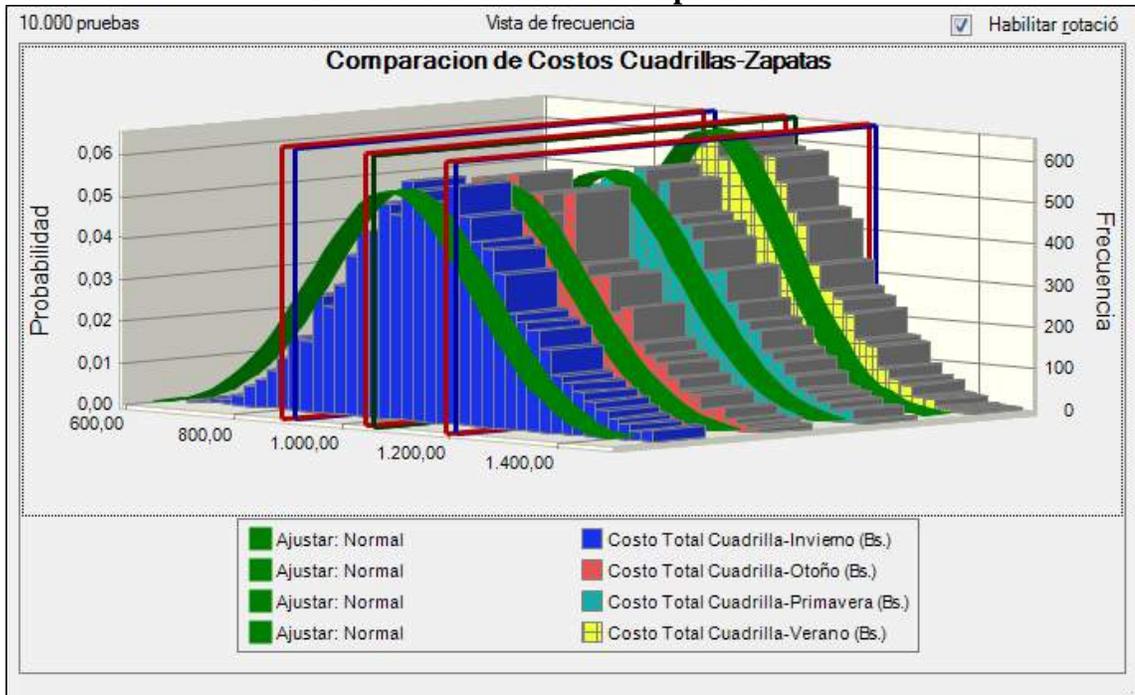
FIGURA Nro. 51 Grafica de Superposición de las Frecuencias Acumulada de los Costos de Albañil, Ayudantes y Cuadrilla – Zapata de H.A.



Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación

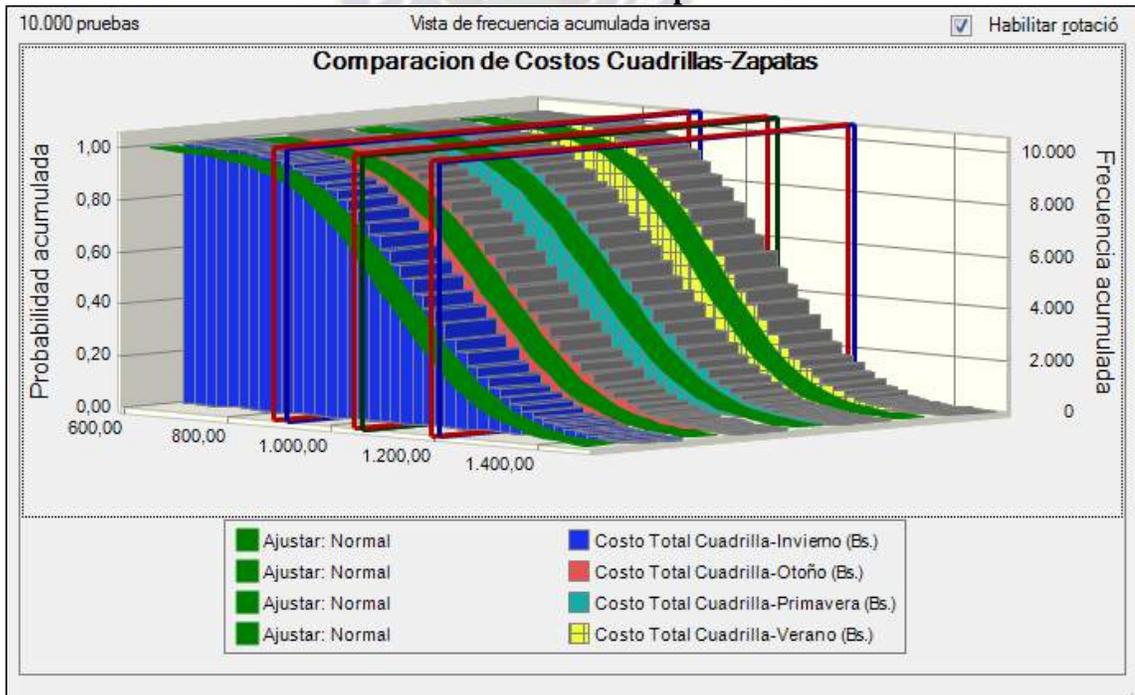
En las figuras podemos ver una relación grafica entre los costos del Albañil, Ayudante y la Cuadrilla de Trabajo, también se puede ver los estadísticos de la desviación estándar y la media. Como las gráficas que nosotros podemos sacar con la simulación son varias y para el análisis de los costos no es de gran relevancia el mostrar cada una de las gráficas. Solamente se mostrara este ejemplo y para los posteriores Ítems directamente se relacionaran los costos de las cuadrillas de trabajo y las Estadísticas de los Resultados obtenidos con la Simulación.

FIGURA Nro. 52 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Costos de la Cuadrilla – Zapata de H.A.



Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación

FIGURA Nro. 53 Grafica de Superposición de las Frecuencias Acumulados de los Costos de la Cuadrilla – Zapata de H.A.



Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación



Mediante la comparación de los Costos totales de la Cuadrilla de Trabajo, se puede ver que se tuvo un costo menor en la Estación de Otoño con un valor de 1042 Bs por cada metro cubico de Zapatas de H.A. Y el mayor costo en la estación de Invierno con un valor de 1061 Bs. /Hora. Como se puede ver en las siguientes estadísticas derivadas de la Simulación.

CUADRO Nro. 45 Estadísticos de Salida del Proceso de Simulación (Zapatas de H.A.)

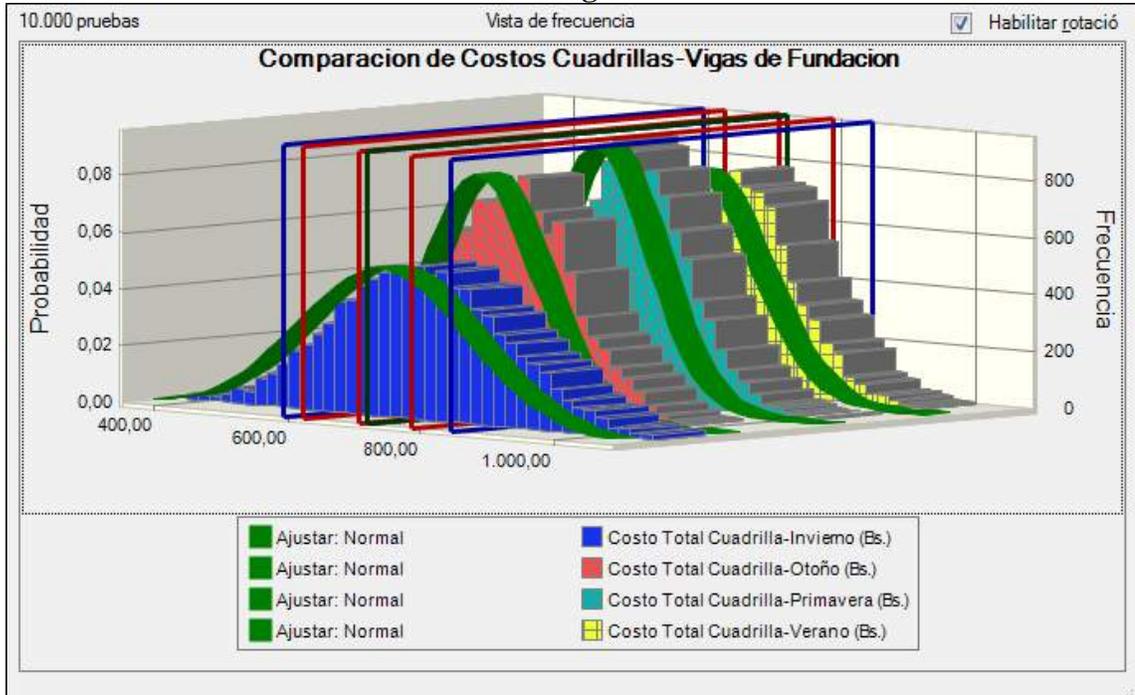
Superposición: Comparación de Costos Cuadrillas-Zapatas				
Estadística	Costo Total Cuadrilla-Invierno (Bs.)	Costo Total Cuadrilla-Otoño (Bs.)	Costo Total Cuadrilla-Primavera (Bs.)	Costo Total Cuadrilla-Verano (Bs.)
Pruebas	10.000	10.000	10.000	10.000
Caso base	827,18	847,52	855,1	885,28
Media	1.061,27	1.041,99	1.055,63	1.054,69
Mediana	1.057,92	1.034,56	1.052,23	1.048,59
Modo	1.017,78	1.000,09	1.104,17	991,54
Desviación estándar	148,79	152,22	149,47	130,9
Varianza	22.137,26	23.171,23	22.340,27	17.135,68
Sesgo	0,151	0,1735	0,1554	0,2028
Curtosis	2,86	2,79	2,76	2,71
Coefficiente de variación	0,1402	0,1461	0,1416	0,1241
Mínimo	597,93	522,99	639,07	647,7
Máximo	1.595,57	1.604,50	1.602,56	1.530,37
Error estándar medio	1,49	1,52	1,49	1,31

Fuente: Elaboración con base en Resultados de la Simulación

5.6.2.2. Vigas de Fundación de H.A.

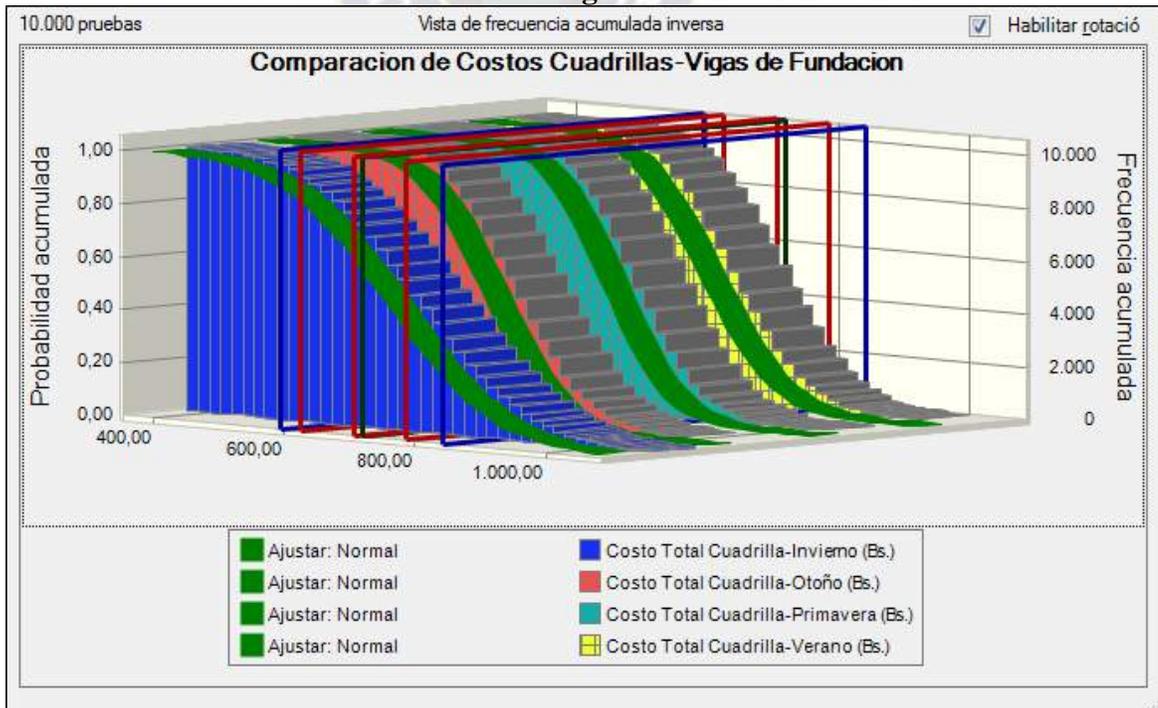
Debido a que es irrelevante para el presente análisis no se mostrara los costos de los Albañiles y Ayudantes, solo se mostrara directamente la gráfica de Comparación de los Costos de las Cuadrillas de Trabajo. Variando las Estaciones del año en las cuales se Simularon los mismos.

FIGURA Nro. 54 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Costos de la Cuadrilla – Vigas de Fundación de H.A.



Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación

FIGURA Nro. 55 Grafica de Superposición de las Frecuencias Acumuladas de los Costos de la Cuadrilla – Vigas de Fundación de H.A.



Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación



La comparación de los costos de las cuadrillas obtenidos en las diferentes Estaciones del Año, muestra menores costos en la Estación de Otoño con un valor de 705,18 Bs. por cada metro cubico de Viga de Fundación, y el mayor valor registrado en la Estación de Primavera con un costo de 725,3 Bs. /m³

**CUADRO Nro. 46 Estadísticos de Salida del Proceso de Simulación
(Vigas de Fundación de H.A.)**

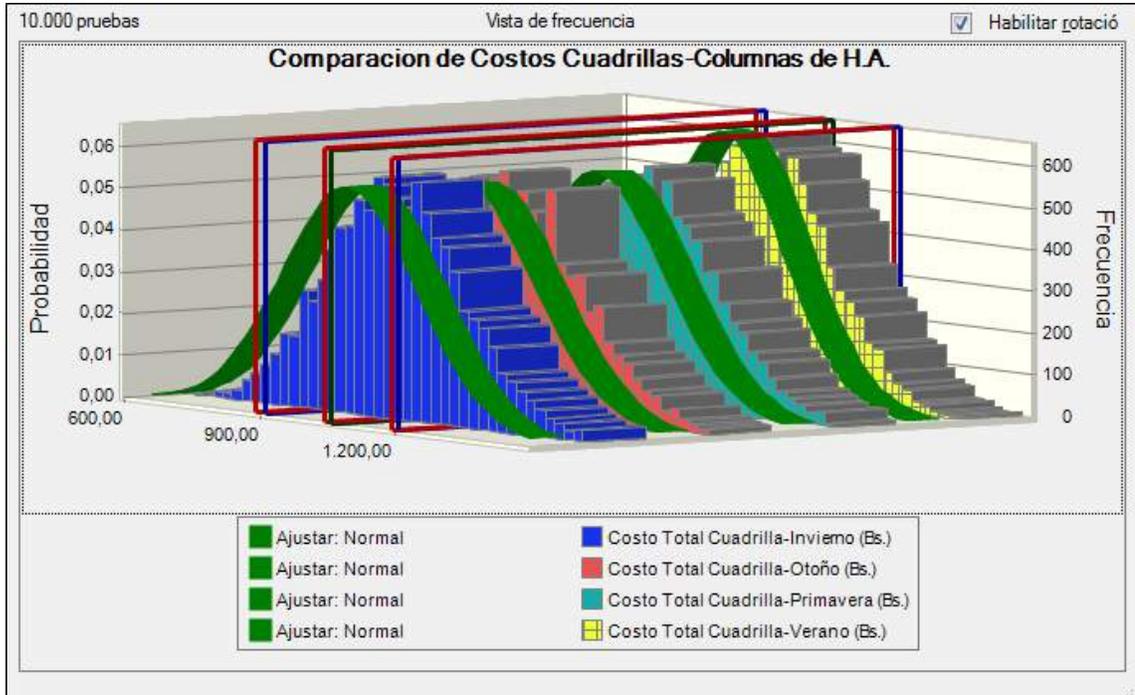
Superposición: Comparación de Costos Cuadrillas-Vigas de Fundación				
Estadística	Costo Total Cuadrilla- Invierno (Bs.)	Costo Total Cuadrilla- Otoño (Bs.)	Costo Total Cuadrilla- Primavera (Bs.)	Costo Total Cuadrilla- Verano (Bs.)
Pruebas	10.000	10.000	10.000	10.000
Caso base	482,96	586,32	628,61	568,24
Media	718,95	705,18	725,3	711,46
Mediana	716,99	703,18	722,27	710,98
Modo	652,81	754,44	673,24	741,12
Desviación estándar	124,66	80,97	74,93	86,25
Varianza	15.539,50	6.556,82	5.614,52	7.439,23
Sesgo	0,0791	0,2294	0,1605	0,07
Curtosis	2,82	2,58	2,82	2,86
Coefficiente de variación	0,1734	0,1148	0,1033	0,1212
Mínimo	276,86	487,35	491,18	424,9
Máximo	1.200,40	960,45	1.005,37	997,75
Error estándar medio	1,25	0,81	0,75	0,86

Fuente: Elaboración con base en Resultados de la Simulación

5.6.2.3. Columnas de H.A.

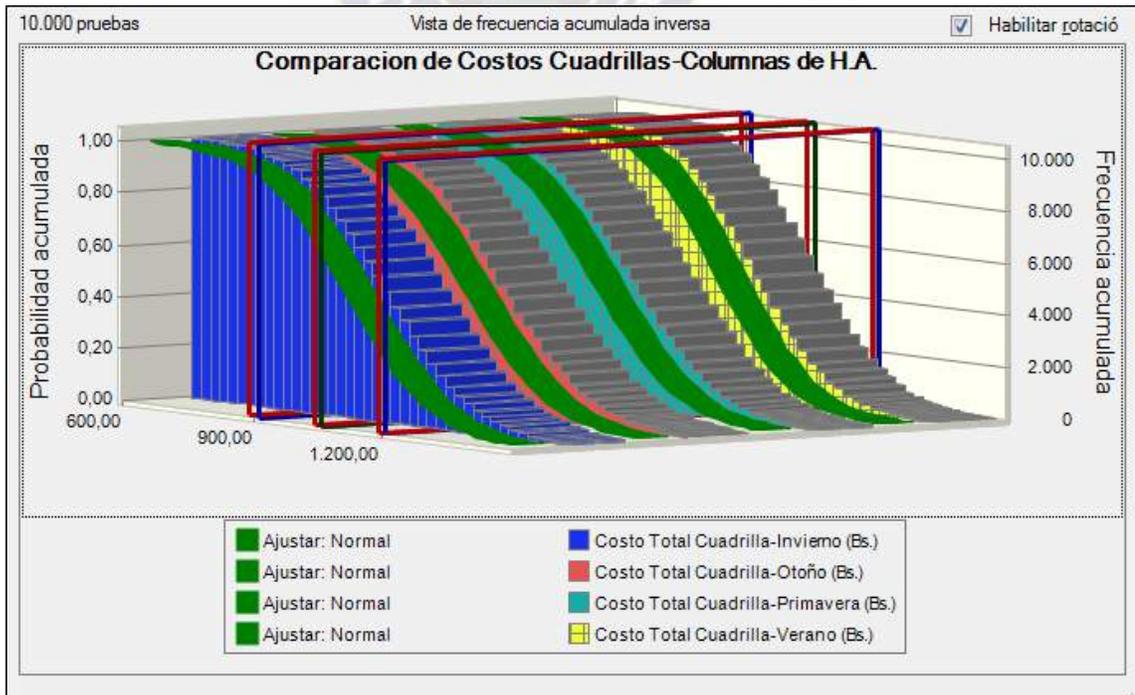
Para el Ítem de Columnas de H.A. se presentan las gráficas de comparación de los costos obtenidos en diferentes Estaciones del año, así también los cuadros de Estadísticas básicas para la comprensión de los Resultados.

FIGURA Nro. 56 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Costos de la Cuadrilla – Columnas de H.A.



Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación

FIGURA Nro. 57 Grafica de Superposición de las Frecuencias Acumulados de los Costos de la Cuadrilla – Columnas de H.A.



Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación



La Gráfica y los datos del Cuadro Nro. 47 para las Columnas de H.A., muestra el costo más bajo en la Estación de Otoño con un valor de 1042 Bs. por cada metro cubico de Columnas de H.A., y el valor más alto de los costos en la Estación de Invierno con 1061 Bs. /m3.

**CUADRO Nro. 47 Estadísticos de Salida del Proceso de Simulación
(Columnas de H.A.)**

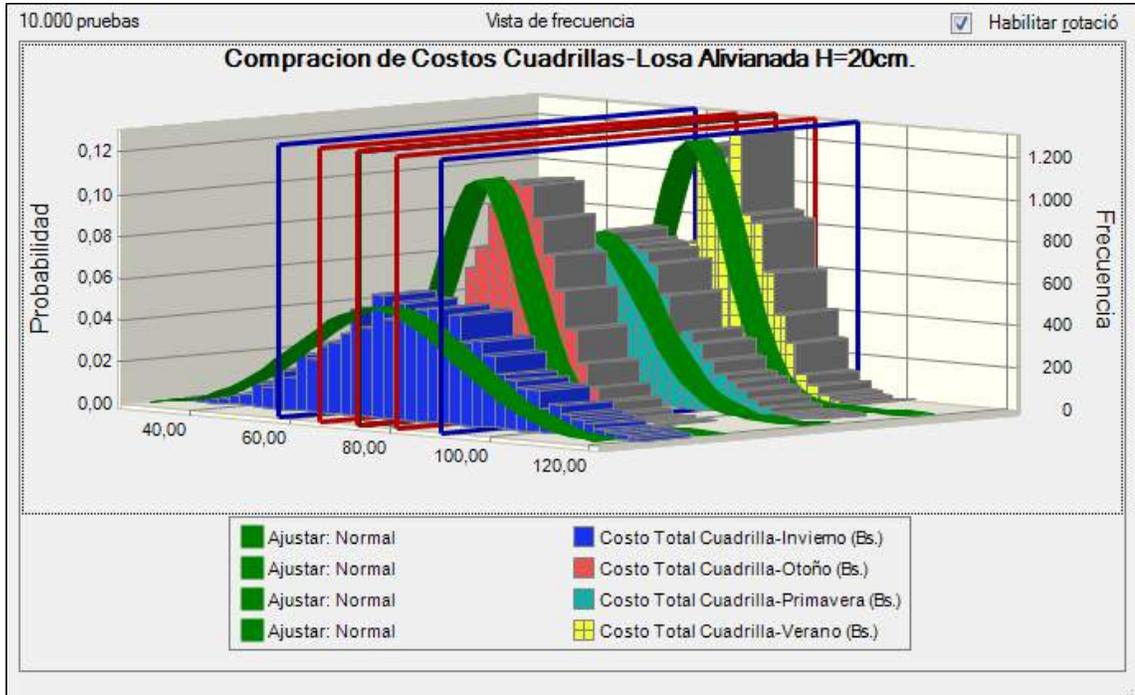
Superposición: Comparación de Costos Cuadrillas-Columnas de H.A.				
Estadística	Costo Total Cuadrilla- Invierno (Bs.)	Costo Total Cuadrilla- Otoño (Bs.)	Costo Total Cuadrilla- Primavera (Bs.)	Costo Total Cuadrilla- Verano (Bs.)
Pruebas	10.000	10.000	10.000	10.000
Caso base	827,18	847,52	855,1	885,28
Media	1.061,27	1.041,99	1.055,63	1.054,69
Mediana	1.057,92	1.034,56	1.052,23	1.048,59
Modo	1.017,78	1.000,09	1.104,17	991,54
Desviación estándar	148,79	152,22	149,47	130,9
Varianza	22.137,26	23.171,23	22.340,27	17.135,68
Sesgo	0,151	0,1735	0,1554	0,2028
Curtosis	2,86	2,79	2,76	2,71
Coefficiente de variación	0,1402	0,1461	0,1416	0,1241
Mínimo	597,93	522,99	639,07	647,7
Máximo	1.595,57	1.604,50	1.602,56	1.530,37
Error estándar medio	1,49	1,52	1,49	1,31

Fuente: Elaboración con base en Resultados de la Simulación

5.6.2.4. Losa Alivianada H=20cm.

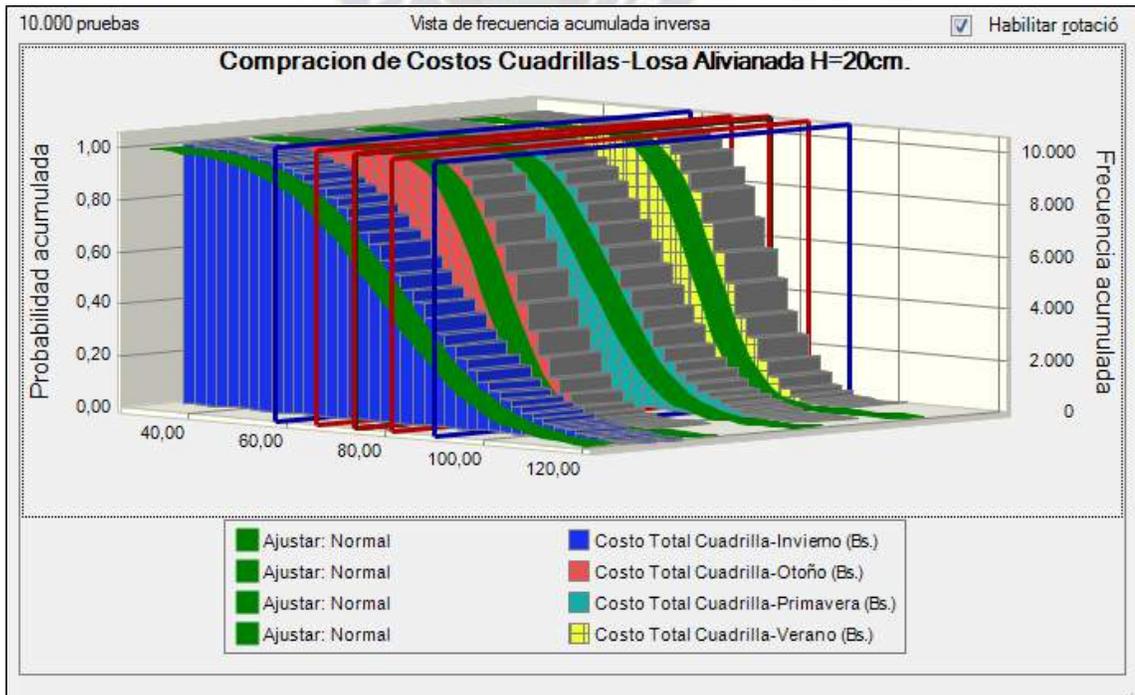
De Similar forma que los anteriores Ítems, en la Losa Alivianada H=20cm. se presentan las gráficas de comparación de los costos obtenidos en diferentes Estaciones del año, así también los cuadros de Estadísticas básicas para la comprensión de los Resultados.

FIGURA Nro. 58 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Costos de la Cuadrilla – Losa Alivianada H=20 cm.



Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación

FIGURA Nro. 59 Grafica de Superposición de las Frecuencias Acumulados de los Costos de la Cuadrilla – Losa Alivianada H=20 cm.



Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación



En la comparación de las medias obtenidas en la simulación se observa que la Estación que registro un menor valor de dinero es en Otoño con 73,68 Bs. por cada metro cuadrado de Losa Alivianada, y el mayor valor se registró en Otoño con un valor de 74,22 Bs/m².

**CUADRO Nro. 48 Estadísticos de Salida del Proceso de Simulación
(Losa Alivianada H=20 cm.)**

Superposición: Comparación de Costos Cuadrillas-Losa Alivianada H=20cm.				
Estadística	Costo Total Cuadrilla-Invierno (Bs.)	Costo Total Cuadrilla-Otoño (Bs.)	Costo Total Cuadrilla-Primavera (Bs.)	Costo Total Cuadrilla-Verano (Bs.)
Pruebas	10.000	10.000	10.000	10.000
Caso base	62,62	62,25	62,76	63,87
Media	73,89	73,68	74,22	73,94
Mediana	73,56	73,89	73,37	73,9
Modo	69,34	73,04	75,61	76,93
Desviación estándar	16,22	7,83	10,78	7,24
Varianza	263,11	61,3	116,31	52,49
Sesgo	0,1295	-0,0503	0,2901	0,0832
Curtosis	2,88	2,93	2,76	2,8
Coefficiente de variación	0,2195	0,1063	0,1453	0,098
Mínimo	24,15	43,82	45,3	48,3
Máximo	137,71	102,31	111,79	100,17
Error estándar medio	0,16	0,08	0,11	0,07

Fuente: Elaboración con base en Resultados de la Simulación

5.6.2.5. Resumen de Percentiles

En esta parte se presentara un resumen de todos datos de percentiles obtenidos durante el Proceso de Simulación del Modelo. La lectura de estas tablas es de la siguiente manera:

Por ejemplo para la casilla marcada con color amarillo en el Cuadro Nro. 49. En el 90% de los casos el costo total de la Cuadrilla de Trabajo es menor o igual a 1244 Bs por cada metro cubico de Zapatas de H.A. en la Estación de Otoño.



CUADRO Nro. 49 Resumen de Percentiles de los Costos Totales de la Cuadrilla

Percentil	ZAPATAS DE H.A.				VIGAS DE H.A.				COLUMNAS DE H.A.				LOSA			
	Costo Total Cuadrilla-Invierno (Bs.)	Costo Total Cuadrilla-Otoño (Bs.)	Costo Total Cuadrilla-Primavera (Bs.)	Costo Total Cuadrilla-Verano (Bs.)	Costo Total Cuadrilla-Invierno (Bs.)	Costo Total Cuadrilla-Otoño (Bs.)	Costo Total Cuadrilla-Primavera (Bs.)	Costo Total Cuadrilla-Verano (Bs.)	Costo Total Cuadrilla-Invierno (Bs.)	Costo Total Cuadrilla-Otoño (Bs.)	Costo Total Cuadrilla-Primavera (Bs.)	Costo Total Cuadrilla-Verano (Bs.)	Costo Total Cuadrilla-Invierno (Bs.)	Costo Total Cuadrilla-Otoño (Bs.)	Costo Total Cuadrilla-Primavera (Bs.)	Costo Total Cuadrilla-Verano (Bs.)
0%	597,93	522,99	639,07	647,7	276,86	487,35	491,18	424,9	597,93	522,99	639,07	647,7	24,15	43,82	45,3	48,3
10%	867,74	847,77	863,43	887,92	559,51	602,13	629,99	600,92	867,74	847,77	863,43	887,92	53,19	63,62	60,55	64,49
20%	933,28	909,59	922,77	939,68	611,52	630,4	660,39	636,8	933,28	909,59	922,77	939,68	60,01	67,16	65,1	67,57
30%	979,45	955,26	971,8	978,97	650,62	655,47	683,94	664,56	979,45	955,26	971,8	978,97	65,02	69,48	67,59	70,03
40%	1.020,34	997,96	1.011,46	1.013,78	683,88	680,55	703,58	688,51	1.020,34	997,96	1.011,46	1.013,78	69,34	71,67	70,96	71,9
50%	1.057,92	1.034,56	1.052,23	1.048,58	716,99	703,18	722,25	710,98	1.057,92	1.034,56	1.052,23	1.048,58	73,56	73,89	73,37	73,9
60%	1.098,05	1.077,04	1.090,08	1.085,72	749,8	724,08	742,99	732,98	1.098,05	1.077,04	1.090,08	1.085,72	77,62	75,76	76,77	75,72
70%	1.136,76	1.122,45	1.134,07	1.122,82	783,67	749	763,96	757,14	1.136,76	1.122,45	1.134,07	1.122,82	82,31	77,94	80,16	77,77
80%	1.184,36	1.170,51	1.183,50	1.166,46	825,3	774,63	789,05	783,32	1.184,36	1.170,51	1.183,50	1.166,46	87,41	80,31	83,69	79,96
90%	1.255,95	1.244,00	1.252,12	1.231,02	883,64	812,87	824,4	825,06	1.255,95	1.244,00	1.252,12	1.231,02	95,3	83,76	88,49	83,47
100%	1.595,57	1.604,50	1.602,56	1.530,37	1.200,40	960,45	1.005,37	997,75	1.595,57	1.604,50	1.602,56	1.530,37	137,71	102,31	111,79	100,17

Fuente: Elaboración con base en Resultados de la Simulación



CAPITULO 6

ANALISIS ECONOMICO DE LOS RENDIMIENTOS OBTENIDOS

En el presente capítulo se realizará un análisis comparativo en términos de costo de la base de datos de la Empresa Constructora ISHTAR, los resultados del proceso de Simulación con respecto a fuentes de información del medio local como: Revista de Precios Unitarios (P&C), Revista de la Cámara Departamental de la Construcción (CADECO), Pagina Web de Precios Unitarios INSUCONS y los Precios Unitarios del Gobierno Autónomo Municipal de La Paz (GAMLP).

Inicialmente se realizará una diferencia comparativa de costos por unidad métrica (m³, m²) dependiendo del Ítem, y finalmente se realizará una diferencia comparativa de costos totales, multiplicando los Ítems de la obra gruesa elegidos en el Proyecto por el cómputo métrico o la cantidad total ejecutada

6.1. Análisis Económico por Actividad

La diferencia comparativa de costos será realizada para la Constructora ISHTAR y el proceso de Simulación, en comparación a los de la Revista de Precios Unitarios (P&C), Revista de la Cámara Departamental de la Construcción (CADECO), Pagina Web de Precios Unitarios INSUCONS y los del Gobierno Autónomo Municipal de La Paz (GAMLP). Este último será solo usado en dos Ítems debido a que no cuenta con información para todos.

6.1.1. Zapatas de H.A.

En esta actividad se realizará la comparación con cuatro fuentes de información la Constructora ISHTAR y la Revista de Precios Unitarios (P&C), Revista de la Cámara Departamental de la Construcción (CADECO) y la Pagina Web de Precios Unitarios INSUCONS, de donde se elabora el Cuadro Nro. 50 en la primera parte se muestra los



Rendimientos Extraídos de las Fuentes de Información, así como los resultados del presente Proyecto. En la segunda parte se tiene muestra los costos, multiplicando los precios de referencia por los rendimientos de los componentes de la cuadrilla de trabajo (Albañil y Ayudante).

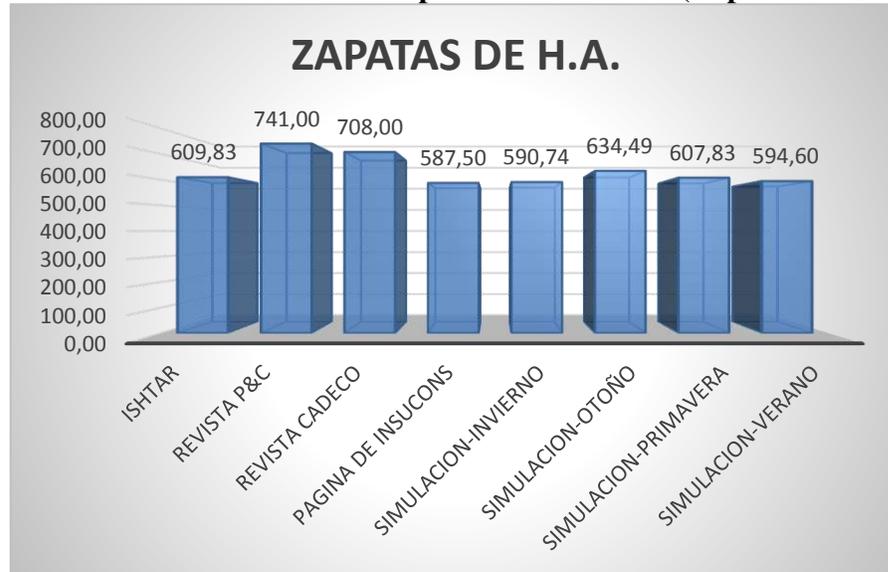
CUADRO Nro. 50 Cuadro comparativo de costos para las Zapatas de H.A.

ZAPATAS DE H.A.	CUADRILLA DE TRABAJO		
	Albañil	Ayudante	
Precios Unitarios (Bs. /Hr.)	17,5	12	
RENDIMIENTOS			
ISHTAR	17,37	25,49	-
Revista P&C	30,00	18,00	
Revista CADECO	24,00	24,00	
Página de INSUCONS	13,00	30,00	-
Simulación-Invierno	16,60	25,02	-
Simulación-Otoño	18,14	26,42	-
Simulación-Primavera	17,83	24,65	-
Simulación-Verano	17,28	24,35	-
COSTOS			Costos Totales Zapatas
ISHTAR	304,00	305,83	609,83
Revista P&C	525,00	216,00	741,00
Revista CADECO	420,00	288,00	708,00
Página de INSUCONS	227,50	360,00	587,50
Simulación-Invierno	290,50	300,24	590,74
Simulación-Otoño	317,45	317,04	634,49
Simulación-Primavera	312,03	295,80	607,83
Simulación-Verano	302,40	292,20	594,60

Fuente: Elaboración Propia con base en la Revista, Resultados de la Simulación y Constructora ISHTAR S.R.L.

En este cuadro se parecía que el costo más alto le corresponde a la Revista P&C con un valor de Bs. 741 y el menor costo la Pagina Web INSUCONS con Bs. 587,5 por cada metro cubico de Zapatas de H.A.

FIGURA Nro. 60 Grafica Comparativa de Costos (Zapatatas de H.A.)



Fuente: Elaboración con base en el Cuadro Nro. 50

Los resultados de la diferencia porcentual de los costos por cuadrilla de Trabajo para el Ítem Zapatatas de H.A., se presenta en una matriz elaborado en base a la información presentada en el Anexo Nro. 47 específicamente en la columna de Zapatatas.

CUADRO Nro. 51 Matriz de diferencia de Costos (Zapatatas de H.A.)

	ISHTAR	Revista P&C	Revista CADECO	Página de INSUCONS	Simulación-Invierno	Simulación-Otoño	Simulación-Primavera	Simulación-Verano
ISHTAR	0,0%	-21,5%	-16,1%	3,7%	3,1%	-4,0%	0,3%	2,5%
Revista P&C	17,7%	0,0%	4,5%	20,7%	20,3%	14,4%	18,0%	19,8%
Revista CADECO	13,9%	-4,7%	0,0%	17,0%	16,6%	10,4%	14,1%	16,0%
Página de INSUCONS	-3,8%	-26,1%	-20,5%	0,0%	-0,6%	-8,0%	-3,5%	-1,2%
Simulación-Invierno	-3,2%	-25,4%	-19,8%	0,5%	0,0%	-7,4%	-2,9%	-0,7%
Simulación-Otoño	3,9%	-16,8%	-11,6%	7,4%	6,9%	0,0%	4,2%	6,3%
Simulación-Primavera	-0,3%	-21,9%	-16,5%	3,3%	2,8%	-4,4%	0,0%	2,2%
Simulación-Verano	-2,6%	-24,6%	-19,1%	1,2%	0,6%	-6,7%	-2,2%	0,0%

Fuente: Elaboración Propia con base en el Anexo Nro. 46



En base a este cuadro podemos sacar las siguientes conclusiones con respecto a la diferencia porcentual de costos:

- Como era predecible la mayor diferencia 26,1%, es entre la Pagina Web INSUCOSN y la Revista de P&C, mayor en el caso del último. Y la menor diferencia porcentual 3,7% entre la base de datos de la Constructora ISHTAR y la Pagina INSUCONS. Esto sin considerar los resultados del proceso de simulación.
- Si analizamos el cuadro los costos de la Constructora ISHTAR es 25,1% menor que la Revista de P&C, pero 3,7% mayor solamente en el caso de la Pagina Web INSUCONS
- Los resultados de la Simulación no presentan diferencias relevantes con respecto a la Pagina INSUCONS, y con respecto a la Revista CADECO no pasa de una diferencia porcentual del 16,6%.
- Las diferencias entre la base de datos de la Empresa y los Resultados de la Simulación no son significativas con respecto a los otros resultados porque no pasa de una diferencia porcentual del 4%.

6.1.2. Vigas de Fundación de H.A.

Para las vigas de fundación de H.A. tenemos cinco fuentes de información para el análisis de la diferencia porcentual de los costos, estos son la Constructora ISHTAR, Revista de Precios Unitarios (P&C), Revista de la Cámara Departamental de la Construcción (CADECO), Pagina Web de Precios Unitarios INSUCONS y el Gobierno Autónomo Municipal de La Paz (GAMLPL).



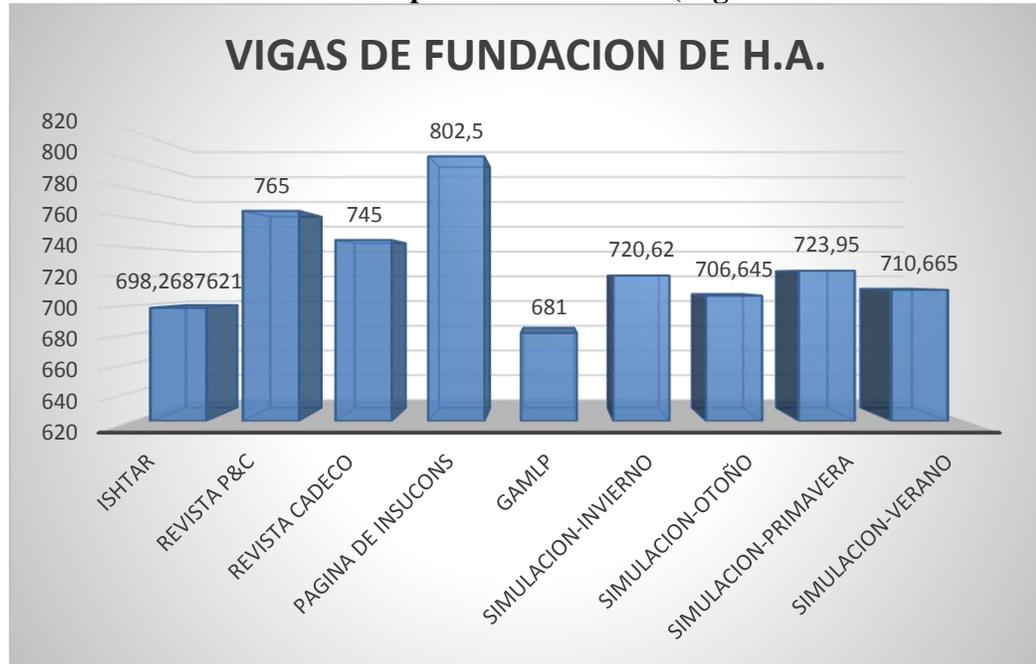
CUADRO Nro. 52 Cuadro comparativo de costos para las Vigas de Fundación de H.A.

VIGAS DE FUNDACION DE H.A.	CUADRILLA DE TRABAJO		
	Albañil	Ayudante	
Precios Unitarios (Bs. /Hr.)	17,5	12	
RENDIMIENTOS			
ISHTAR	17,37	32,85	-
Revista P&C	30	20	
Revista CADECO	22	30	
Página de INSUCONS	15	45	-
GAMLP	25,2	20	-
Simulación-Invierno	18,44	33,16	-
Simulación-Otoño	17,23	33,76	-
Simulación-Primavera	17,54	34,75	-
Simulación-Verano	17,59	33,57	-
COSTOS			Costos Totales Vigas
ISHTAR	303,9936673	394,2750948	698,268762
Revista P&C	525	240	765
Revista CADECO	385	360	745
Página de INSUCONS	262,5	540	802,5
GAMLP	441	240	681
Simulación-Invierno	322,7	397,92	720,62
Simulación-Otoño	301,525	405,12	706,645
Simulación-Primavera	306,95	417	723,95
Simulación-Verano	307,825	402,84	710,665

Fuente: Elaboración Propia con base en la Revista, Resultados de la Simulación y Constructora ISHTAR S.R.L.

Si comparamos solo las fuentes de información el mayor costo se obtendrá con la página INSUCONS con un valor de Bs. 802,5 y el menor costo lo registra el GAMLP con Bs. 681. Para poder apreciar de forma clara las diferencias porcentuales que hay entre los resultados obtenidos mediante los diferentes formas de evaluar los Rendimientos se elabora la Matriz de diferencia porcentual de costos en base a los datos presentados en el Cuadro Nro.52.

FIGURA Nro. 61 Grafica Comparativa de Costos (Vigas de Fundación de H.A.)



Fuente: Elaboración con base en el Cuadro Nro. 52

CUADRO Nro. 53 Matriz de diferencia de Costos (Vigas de Fundación de H.A.)

	ISHTAR	Revista P&C	Revista CADECO	Página de INSUCONS	GAMLP	Simulación-Invierno	Simulación-Otoño	Simulación-Primavera	Simulación-Verano
ISHTAR	0,0%	-9,6%	-6,7%	-14,9%	2,5%	-3,2%	-1,2%	-3,7%	-1,8%
Revista P&C	8,7%	0,0%	2,6%	-4,9%	11,0%	5,8%	7,6%	5,4%	7,1%
Revista CADECO	6,3%	-2,7%	0,0%	-7,7%	8,6%	3,3%	5,1%	2,8%	4,6%
Página de INSUCONS	13,0%	4,7%	7,2%	0,0%	15,1%	10,2%	11,9%	9,8%	11,4%
GAMLP	-2,5%	-12,3%	-9,4%	-17,8%	0,0%	-5,8%	-3,8%	-6,3%	-4,4%
Simulación-Invierno	3,1%	-6,2%	-3,4%	-11,4%	5,5%	0,0%	1,9%	-0,5%	1,4%
Simulación-Otoño	1,2%	-8,3%	-5,4%	-13,6%	3,6%	-2,0%	0,0%	-2,4%	-0,6%
Simulación-Primavera	3,5%	-5,7%	-2,9%	-10,9%	5,9%	0,5%	2,4%	0,0%	1,8%
Simulación-Verano	1,7%	-7,6%	-4,8%	-12,9%	4,2%	-1,4%	0,6%	-1,9%	0,0%

Fuente: Elaboración Propia con base al Cuadro Nro. 52



En base al último cuadro podemos sacar las siguientes conclusiones con respecto a la diferencia porcentual de costos:

- La mayor diferencia es entre el GAML P y la Pagina INSUCONS con una diferencia porcentual del 17,8%, y la menor diferencia entre el GAML P y la constructora ISHTAR solo con un 2,5 % de diferencia. Estas comparaciones sin considerar los rendimientos obtenidos en la Simulación.
- La diferencia porcentual de los costos obtenidos por la Constructora ISHTAR, menor en 9,6% a la Revista de P&C, menor en 6,7% a la Revista CADECO, menor en 14,9% a la Pagina Web INSUCONS y mayor en 2,5% al GAML P, siendo la menor diferencia presente en este Ítem
- Si analizamos la diferencia entre los resultados de la simulación en las diferentes Estaciones del año y Registro de Información de la Empresa no se ve diferencias muy grandes, siendo valores porcentuales menores a 3,5%
- Los resultados de la simulación presenta diferencias de 17% aproximadamente a la página INSUCONS, y las menores diferencias con respecto a la Constructora ISHTAR, valores que no sobrepasan el 6%.

6.1.3. Columnas de H.A.

Con respecto a las Columnas de H.A. tenemos cuatro fuentes de información para el análisis de costos, estos son la Constructora ISHTAR y Revista de Precios Unitarios (P&C), Revista de la Cámara Departamental de la Construcción (CADECO) y la Pagina Web de Precios Unitarios INSUCONS.



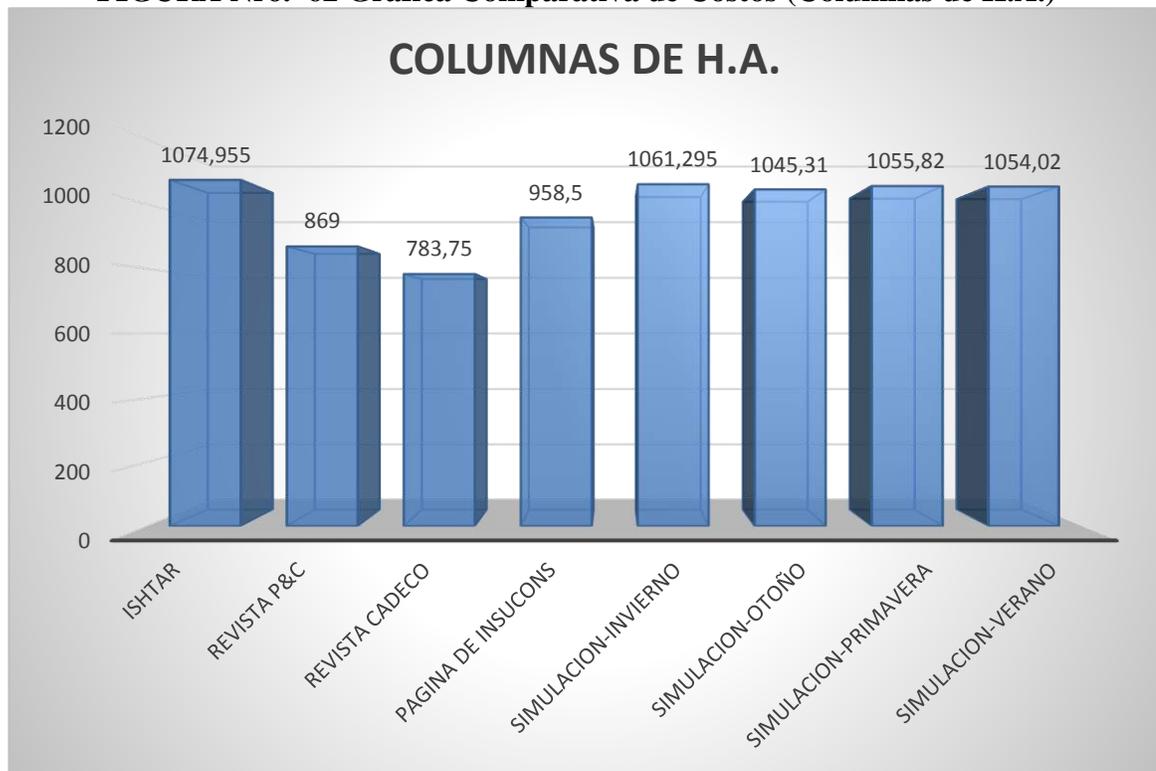
CUADRO Nro. 54 Cuadro comparativo de costos para las Columnas de H.A.

COLUMNAS DE H.A.	CUADRILLA DE TRABAJO		
	Albañil	Ayudante	
Precios Unitarios (Bs. /Hr.)	17,5	12	
RENDIMIENTOS			
ISHTAR	29,41	46,69	-
Revista P&C	44	20	
Revista CADECO	27,5	32,5	
Página de INSUCONS	15	58	-
Simulación-Invierno	28,65	46,66	-
Simulación-Otoño	27,86	46,48	-
Simulación-Primavera	28,44	46,51	-
Simulación-Verano	28,2	46,71	-
COSTOS			Costos Totales Columnas
ISHTAR	514,675	560,28	1074,955
Revista P&C	770	240	1010
Revista CADECO	481,25	390	871,25
Página de INSUCONS	262,5	696	958,5
Simulación-Invierno	501,375	559,92	1061,295
Simulación-Otoño	487,55	557,76	1045,31
Simulación-Primavera	497,7	558,12	1055,82
Simulación-Verano	493,5	560,52	1054,02

Fuente: Elaboración Propia con base en la Revista, Resultados de la Simulación y Constructora ISHTAR S.R.L.

El mayor costo en las Columnas de H.A. le corresponde a la constructora ISHTAR con Bs. 1074,95, siendo el menor costo el obtenido con la Revista CADECO con un valor de Bs. 871,25 Para poder apreciar de forma clara las diferencias porcentuales que hay entre los resultados obtenidos mediante los diferentes fuentes de información para evaluar los Costos de este Ítem se elabora la Matriz de diferencia porcentual de costos en base a los datos presentados en el Cuadro Nro. 54.

FIGURA Nro. 62 Grafica Comparativa de Costos (Columnas de H.A.)



Fuente: Elaboración con base en el Cuadro Nro. 54

CUADRO Nro. 55 Matriz de diferencia de Costos (Columnas de H.A.)

	ISHTAR	Revista P&C	Revista CADECO	Página de INSUCONS	Simulación-Invierno	Simulación-Otoño	Simulación-Primavera	Simulación-Verano
ISHTAR	0,0%	6,0%	19,0%	10,8%	1,3%	2,8%	1,8%	1,9%
Revista P&C	-6,4%	0,0%	13,7%	5,1%	-5,1%	-3,5%	-4,5%	-4,4%
Revista CADECO	-23,4%	-15,9%	0,0%	-10,0%	-21,8%	-20,0%	-21,2%	-21,0%
Página de INSUCONS	-12,1%	-5,4%	9,1%	0,0%	-10,7%	-9,1%	-10,2%	-10,0%
Simulación-Invierno	-1,3%	4,8%	17,9%	9,7%	0,0%	1,5%	0,5%	0,7%
Simulación-Otoño	-2,8%	3,4%	16,7%	8,3%	-1,5%	0,0%	-1,0%	-0,8%
Simulación-Primavera	-1,8%	4,3%	17,5%	9,2%	-0,5%	1,0%	0,0%	0,2%
Simulación-Verano	-2,0%	4,2%	17,3%	9,1%	-0,7%	0,8%	-0,2%	0,0%

Fuente: Elaboración Propia con base en el Anexo Nro. 46



Las conclusiones con respecto a este Ítem son las siguientes:

- Como es de suponer al ver la Figura Nro. 62, la mayor diferencia con 23,4 % es entre la Empresa Constructora ISHTAR y la Revista CADECO, y la menor diferencia entre la Revista de P&C y la Pagina Web INSUCONS con solo un 5,1% de diferencia porcentual
- LA Constructora ISHTAR es mayor en 6% a la Revista P&C, en 19% a la Revista CADECO y en 10,8% a la Pagina INSUCONS, lo que lo hace el costo más alto con un valor de Bs. 1074,95
- Si analizamos la diferencia entre los resultados de la simulación en las diferentes Estaciones del año y Registro de Información de la Empresa no se observa diferencias considerables, siendo estas menores a 2,8%. por cada metro cubico de Columnas de H.A.
- Los resultados de la simulación presenta la mayores diferencias con 21% aproximadamente a la Revista CADECO, y las menores diferencias con respecto a la Constructora ISHTAR y la Revista P&C, valores que no sobrepasan el 5,5%.

6.1.4. Losa Alivianada H=20 Vigueta Pretensada

En la ejecución de la losa de hormigón armado fue la actividad en la que se trabajó con la mayor cantidad de obreros no solo en la fase de vaciado del mismo sino también durante la preparación, se considera a cinco fuentes de información la Constructora ISHTAR, Revista de Precios Unitarios (P&C), Revista de la Cámara Departamental de la Construcción (CADECO), Pagina Web de Precios Unitarios INSUCONS y los del Gobierno Autónomo Municipal de La Paz (GAML P).



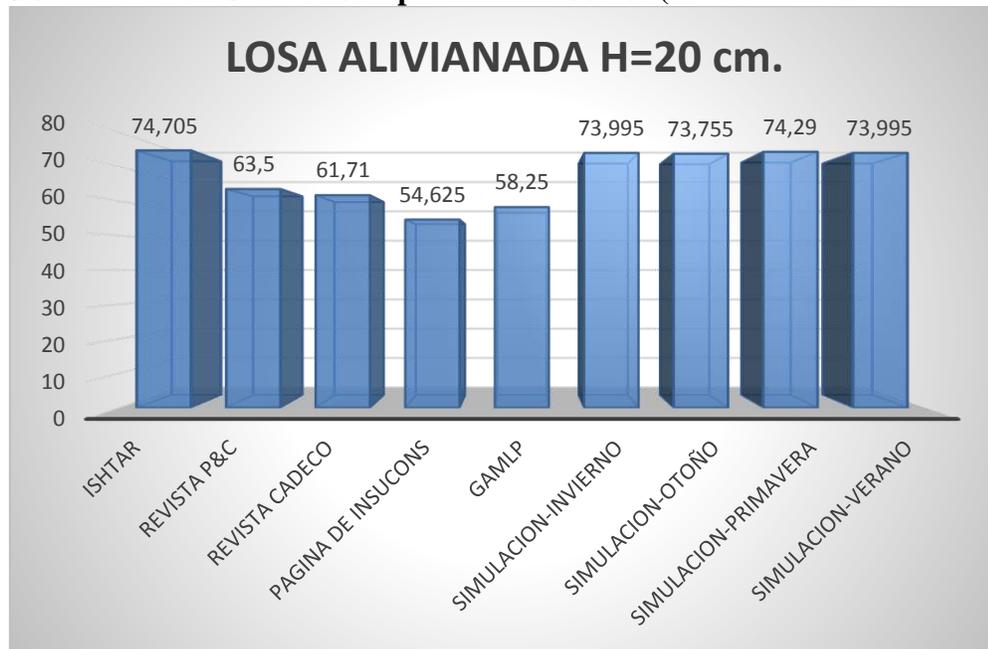
CUADRO Nro. 56 Cuadro comparativo para la Losa Alivianada H=20

LOSA ALIVIANADA H=20 cm.	CUADRILLA DE TRABAJO		
	Albañil	Ayudante	
Precios Unitarios (Bs. /Hr.)	17,5	12	
RENDIMIENTOS			
ISHTAR	1,91	3,44	-
Revista P&C	2,6	1,5	
Revista CADECO	2,58	1,38	
Página de INSUCONS	1,75	2	-
GAMLP	2,3	1,5	-
Simulación-Invierno	1,89	3,41	-
Simulación-Otoño	1,89	3,39	-
Simulación-Primavera	1,9	3,42	-
Simulación-Verano	1,89	3,41	-
COSTOS			Costos Totales Losa
ISHTAR	33,425	41,28	74,705
Revista P&C	45,5	18	63,5
Revista CADECO	45,15	16,56	61,71
Página de INSUCONS	30,625	24	54,625
GAMLP	40,25	18	58,25
Simulación-Invierno	33,075	40,92	73,995
Simulación-Otoño	33,075	40,68	73,755
Simulación-Primavera	33,25	41,04	74,29
Simulación-Verano	33,075	40,92	73,995

Fuente: Elaboración Propia con base en la Revista, Resultados de la Simulación y Constructora ISHTAR S.R.L.

Los resultados de la diferencia entre los costos de la cuadrilla de Trabajo para el Ítem Losa Alivianada H=20 cm., es el que mayor diferencia representa de un resultado con respecto a otro, esto se presenta en una matriz elaborado en base a la Información Presentada en el Cuadro Nro. 56.

FIGURA Nro. 63 Grafica Comparativa de Costos (Losa Alivianada H=20 cm.)



Fuente: Elaboración con base en el Cuadro Nro. 56

CUADRO Nro. 57 Matriz de diferencia de Costos (Losa Alivianada H=20 cm.)

	ISHTAR	Revista P&C	Revista CADECO	Página de INSUCONS	GAMLP	Simulación-Invierno	Simulación-Otoño	Simulación-Primavera	Simulación-Verano
ISHTAR	0,0%	15,0%	17,4%	26,9%	22,0%	1,0%	1,3%	0,6%	1,0%
Revista P&C	-17,6%	0,0%	2,8%	14,0%	8,3%	-16,5%	-16,1%	-17,0%	-16,5%
Revista CADECO	-21,1%	-2,9%	0,0%	11,5%	5,6%	-19,9%	-19,5%	-20,4%	-19,9%
Página de INSUCONS	-36,8%	-16,2%	-13,0%	0,0%	-6,6%	-35,5%	-35,0%	-36,0%	-35,5%
GAMLP	-28,2%	-9,0%	-5,9%	6,2%	0,0%	-27,0%	-26,6%	-27,5%	-27,0%
Simulación-Invierno	-1,0%	14,2%	16,6%	26,2%	21,3%	0,0%	0,3%	-0,4%	0,0%
Simulación-Otoño	-1,3%	13,9%	16,3%	25,9%	21,0%	-0,3%	0,0%	-0,7%	-0,3%
Simulación-Primavera	-0,6%	14,5%	16,9%	26,5%	21,6%	0,4%	0,7%	0,0%	0,4%
Simulación-Verano	-1,0%	14,2%	16,6%	26,2%	21,3%	0,0%	0,3%	-0,4%	0,0%

Fuente: Elaboración Propia con base en el Cuadro Nro. 56



En base a este cuadro podemos sacar las siguientes conclusiones con respecto a la diferencia de costos:

- La diferencia porcentual más alta se encuentra en este Ítem con 36,8% entre la Pagina INSUCONS y la Constructora ISHTAR y la menor diferencia porcentual entre el GAMLP y la Pagina INSUCONS con un valor de 5,6%
- La comparación de la Constructora ISHTAR con las otra fuentes de información, resulta mayor en 28,2% a la Paginas Web INSUCONS, 21,1% a la Revista CADECO y 17,6% mayor a la Revista de P&C
- La diferencia en costos de los Resultados obtenidos mediante la Simulación y los datos reales de la Constructora son mínimos, no excede el valor de 1,6% estos podrías ser considerados solamente en grandes cantidades.
- La diferencia porcentual de los Resultados de la Simulación, es mayor en 26,2 % aproximadamente a la Pagina INSUCON, mayor en 21,6% aproximadamente a el GAMLP, y mayor en 16,6 % aproximadamente a la Revista CADECO

6.2. Análisis Económico de Costos Totales

En esta sección veremos la diferencia porcentual total que se reflejan entre los costos de mano de obra elaborados con la base de datos obtenida para la Empresa Constructora ISHTAR, los Resultados de la Simulación y la Revista de Precios Unitarios (P&C), Revista de la Cámara Departamental de la Construcción (CADECO) y la Pagina Web de Precios Unitarios INSUCONS.

Es decir el Presupuesto de la Mano de Obra, al multiplicar los Precios Unitarios por los Cómputos Métricos para los Ítems escogidos en el Proyecto y desarrollados en la Infraestructura sujeta de seguimiento. Los datos se encuentran disponibles en el Anexo Nro. 47



CUADRO Nro. 58 Matriz de diferencia de Costos Totales

	Costo Total ISHTAR	Costo Total Revista P&C	Costo Total Revista CADECO	Costo Total Pagina de INSUCONS	Costo Total Simulación-Invierno	Costo Total Simulación-Otoño	Costo Total Simulación-Primavera	Costo Total Simulación-Verano
Costo Total ISHTAR	0,0%	2,3%	7,2%	15,6%	1,3%	-0,1%	0,4%	1,4%
Costo Total Revista P&C	-2,4%	0,0%	5,0%	13,6%	-1,0%	-2,5%	-2,0%	-1,0%
Costo Total Revista CADECO	-7,8%	-5,3%	0,0%	9,1%	-6,4%	-7,9%	-7,3%	-6,3%
Costo Total Pagina de INSUCONS	-18,6%	-15,8%	-10,0%	0,0%	-17,0%	-18,6%	-18,0%	-16,9%
Costo Total Simulación-Invierno	-1,4%	1,0%	6,0%	14,5%	0,0%	-1,4%	-0,9%	0,0%
Costo Total Simulación-Otoño	0,1%	2,4%	7,3%	15,7%	1,4%	0,0%	0,5%	1,4%
Costo Total Simulación-Primavera	-0,4%	1,9%	6,8%	15,3%	0,9%	-0,5%	0,0%	0,9%
Costo Total Simulación-Verano	-1,4%	1,0%	6,0%	14,5%	0,0%	-1,4%	-0,9%	0,0%

Fuente: Elaboración Propia con base en el Anexo Nro. 47



Cuando se toman en cuenta los Cómputos Métricos a través de los cuales se elaboraron la Base de Datos, se puede apreciar que las diferencias en montos de dinero ya no son tan pequeñas como los anteriores cuadros. Las conclusiones a partir del anterior cuadro son las siguientes:

- El costo de la Mano de Obra de la Constructora ISHTAR es mayor en 2,3% a la Revista de P&C, mayor en 7,2% a Revista CADECO, mayor en 15,6% a Pagina Web INSUCONS. Siendo la constructora el costo más elevado en comparación a los demás
- Se puede observar que no existe diferencias considerables en los costos totales obtenidos del proceso de Simulación en diferentes Estaciones del año, con valores que no sobrepasan el 1,4% de diferencia porcentual.
- Mediante la comparación de nuestras fuentes de información, la mayor diferencia es entre la Constructora ISHTAR y la Pagina Web INSUCONS con un valor de 18,6%, y la menor diferencia porcentual entre la Revista P&C y la Constructora ISHTAR.

Entonces se puede concluir que se refleja grandes cambios en la elaboración de presupuestos dependiendo de la fuente de información a utilizar para la elaboración de los mismos. Razón por la cual es importante para las diferentes Empresas Constructoras de nuestro país conformar su propia base de datos de mano de obra para elaborar sus presupuestos con el menor error posible.



CAPITULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Durante el desarrollo del proyecto de grado en la Constructora ISHTAR, y la aplicación de la presente metodología para determinar rendimientos de los Albañiles y Ayudantes de las actividades de Zapatas de H.A., Vigas de Fundación de H.A., Columnas de H.A. y Losa Alivianada H=20 cm. Mediante la calificación de los eventos de los Factores de Afectación mencionados en el desarrollo del Proyecto, se obtiene las siguientes conclusiones y recomendaciones.

7.1. Conclusiones

- ✓ Se concluye que la tasa anual de crecimiento del PIB es 5,65% y un crecimiento del 115,82 % del sector de la construcción hasta finales de la gestión 2014, razón para desarrollar proyectos innovadores a este sector.
- ✓ Se conformó una Base de Datos de los Rendimientos de Mano de Obra para cuatro actividades importantes de la Obra Gruesa para la Constructora ISHTAR.
- ✓ Se desarrolló las ecuaciones econométricas por el Método de Mínimos Cuadrados Ordinarios, las variables dependientes son Rendimientos de Albañiles y Ayudantes, y variables independientes la calificación a las cinco categorías mencionadas.
- ✓ El análisis Estadístico y Econométrico permite validar que los modelos cumplen con todas las especificaciones requeridas, además de mostrar la forma de cálculo y lectura de los estadísticos de validación.
- ✓ El modelo de Simulación nos permite encontrar los Rendimientos de la Mano de Obra y estimar los tiempos de ejecución de las actividades, las variables de entrada son los valores obtenidos de la calificación de los Factores de Afectación de los Rendimientos de Mano de Obra, y las variables de Salida son los Rendimientos de los Albañiles y Ayudantes, además de los Costos de la Mano de Obra respectivos.



- ✓ Los resultados del proyecto muestran diferencias en costos, de las fuentes de información en el mercado local que oscilan entre 2,5% a 36,8% para los Ítems Considerados.
- ✓ Se desarrolló la Macro WORKFORCE que mediante la introducción de Factores de Afectación, dan como resultado predicción de rendimientos de mano de obra y la simulación de tiempos de ejecución de las actividades.
- ✓ La metodología permitirá a las empresas constructoras planificar de manera efectiva sus actividades con la información recolectada.

7.2. Recomendaciones

- ✓ Es importante para las diferentes empresas constructoras conformar su propia base de datos, actualizando constantemente los Rendimientos de Mano de Obra con registros de cada construcción.
- ✓ El proyecto fue desarrollado para una Obra y cuatro Ítems de Obra gruesa, por lo tanto es recomendable ampliar el número de Ítems analizados, en función al tipo y cantidad de Obras
- ✓ La implantación de la Macro WORFORCE para la totalidad de Ítems de una obra representa un costo mínimo adicional, ya que las tareas de Registro, validación de información y procesamiento de datos son sencillas y pueden ser realizadas por el Director de Obra previa capacitación.



Glosario

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

Productividad de Mano de Obra.- Es la cantidad de Obra de una actividad completamente ejecutada por una cuadrilla, conformada por uno o varios obreros, realizada en un periodo de tiempo. (hora-Hombre).

Factores de Afectación.- Son el conjunto de condiciones y circunstancias que de alguna manera pueden afectar a la normal ejecución de una actividad.

Fase de Planeación.- En esta fase se realiza la dirección del proyecto estableciendo objetivos para alcanzar la meta final planteado.

Rendimiento Estándar.- Son los datos obtenidos de la medición de rendimientos, pero que se encuentran ajustados por los factores de afectación.

Productividad.- En términos generales es la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción y los recursos necesarios para obtenerla. Estos recursos son varios y de distintos tipos como recursos materiales, humanos, financieros, etc.

Rendimiento de Mano de Obra.- Es el tiempo que emplea un obrero o una cuadrilla para ejecutar completamente una determinada cantidad de obra.

Metodología.- Es el conjunto de procedimientos racionales utilizados para alcanzar el objetivo de una investigación.

Producto Interno Bruto.- Conjunto de Bienes y Servicios producidos por un país, durante un espacio de tiempo, generalmente un año.



Índice del Costo de Construcción.- Este índice muestra la evolución de los precios de los principales materiales de construcción y los costos de mano de obra en los que se incurre en la edificación de casas, oficinas y otros, así como proyectos de infraestructura como carreteras, instalaciones deportivas, etc.

Eficiencia.- Es lograr que la productividad sea favorable, es decir lograr el máximo resultado con la cantidad mínima de recursos.

Eficacia.- El grado en que un producto o servicio satisface las necesidades reales y potenciales de las expectativas de los clientes.

Efectividad.- Es el grado de cumplimiento de los objetivos planificados y el grado de cumplimiento de la entrega de un producto o servicio en la fecha acordada.

Intervalos de Confianza.- Es un rango de valores entre los cuales se estima que este un valor con una determinada probabilidad de acierto.

Nivel de Confianza.- Es la probabilidad de que el parámetro a estimar se encuentre en el intervalo de confianza.

Media.- Es una medida de tendencia central, que es el promedio de todos los números.

Mediana.- Es el número central de un grupo de números ordenados por tamaño. Si la cantidad de términos es par, la mediana es el promedio de dos números centrales.

Desviación Típica.- Es una medida del grado de dispersión de los datos con respecto al valor promedio.

Varianza.- es la media de las diferencias con la media elevadas al cuadrado.

Diagrama de Dispersión.- es un diagrama que nos permite analizar si existe una relación entre dos o más variables.



Bibliografía

Blumenthal, R. (1943). OracleCrystall Ball. Estados Unidos.

BOTERO, L. F. (2002). Analisis de Rendimientos y Consumos de Mano de Obra en Actividades de Construcción. *Revista Universidad EAFIT* (128), 10-21.

BOTERO, L. F. (2004). Guia de Mejoramiento Continuo para la Productividad de Proyectos de Vivienda. *Revista Universidad EAFIT* , 40 (136).

CADECO. (2015). PRESUPUESTO & CONSTRUCCION. *P & C* , 59, 25-42.

CELIS, T. C. (2007). Apoyo en el Estudio sobre la Medicion de la Productividad y Rendimientos, Cosumo de Materiales, Mano de Obra y Equipos Utilizados para la Ejecucion de Actividades, basado en el Analisis de Precios Unitarios. Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander.

CONSUEGRA, J. G. (2006). *Presupuestos de la Construcción*. Bogota: Bhandar Editores.

ESCALERA, S. (1993). *Manual de Tesis de Grado para CIENCIAS y TECNOLOGIA* (2 ed.). Cochabamba.

ESQUIVEL, C. C. (2012). Productividad de la Mano de Obra en la Construcción Costarricense. Costa Rica.

FUNG, W. H. (2008). *Journal of Civil Engineering anf Management*. Obtenido de https://info.vgtu.lt/upload/civil_zurn/fung%20et%20al.pdf

IBM. (Septiembre de 2013). SPSS. *Statistical Package for the Social Sciences* , Version 22. IBM.

INE. (s.f.). *Instituto Nacional de Estadística*. Recuperado el Junio de 2015, de <http://www.ine.gob.bo/indice/indice.aspx?d1=0101&d2=6>

INE. (s.f.). *Instituto Nacional de Estadística*. Recuperado el Junio de 2015, de <http://www.ine.gob.bo/indice/indice.aspx?d1=0201&d2=6>



Johnatan, M. (2013). Risk Simulator 2013. Estados Unidos: Real Options Valuation.

LARRAIN, F., & SACHS, J. (2002). *Macroeconomía en una Economía Global* (2da Edición ed.). Buenos Aires: Prentice Hall.

LOPEZ, S. A. (2014). Analisis de Productividad, Rendimientos y Consumo de Mano de Obra en Procesos Constructivos, Elemento Fundamental de la Fase de Planeacion. Medellin, Colombia.

MORA AGUIRRE, M. A. (Septiembre de 2009). Utilizacion de Imagenes Digitales para el Mejoramiento de la Productividad de Operaciones de Construccion. Santiago, Chile: Universidad de Chile.

MOYA, R., & SARAVIA, G. (2012). *Probabilidad e Inferencia Estadística* (Segunda Edición ed.). Callao, Peru: Editorial San Marcos.

Organizacion Internacional del Trabajo. (1992). *Seguridad y salud en la Construccion* . Ginebre, Suiza.

REY, S. D., & BYRNE ARIZA, S. (2008). Productividad en Obra. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

RODRIGUEZ, F. P. (s.f.). Curso Basico de Analisis Estadístico.

ROMSOFT. (Agosto de 2014). *PRESCOM*. (A. R. Moreira, Ed.) Recuperado el Agosto de 2014, de www.prescom-bo.com

SAMPIERI, R. H., FERNANDEZ CALLADO, C., & BAPTISTA Lucio, P. (2010). *Metodología de la Investigación Científica*. Mexico: Mc Graw-Hill.

SANCHEZ, L. M. (2009). Analisis de Rendimientos de Mano de Obra para Actividades de Construccion-Estudio de Caso Edificio J UPB. Bucaramanga, Colombia: Universidad Pontificia Bolivariana (Facultad de Ingeniería Civil).



SERPELL, B. (2002). *Administración de operaciones de Construcción* (Segunda Edición ed.). Chile: Grupo Alfaomega.

SINAB. (2008). *Guía Rápida para la presentación de Tesis y Trabajos de Grado en Formato Digital*. Colombia.

Universidad Mayor de San Andrés. (2011). *Manual de Presentación de Trabajos Finales de las Diferentes Modalidades de Graduación*. La Paz.

Universidad Mayor de San Andrés. (2011). *Reglamento de Presentación de Trabajos Finales de las Diferentes Modalidades de Graduación*. La Paz.





ANEXOS



ANEXO Nro. 1 Factores que afectan al Rendimiento de la Mano de Obra: Diagrama Ishikawa



Fuente: Elaboración con base en (Celis, 2007)



ANEXO Nro. 2 Bolivia: Producto Interno Bruto a precios constantes según Actividad Económica
(En miles de Bolivianos de 1990)

<u>DESCRIPCION</u>	<u>2001</u>	<u>2002</u>	<u>2003</u>	<u>2004</u>	<u>2005</u>	<u>2006</u>	<u>2007</u>
PIB A PRECIOS DE MERCADO	22.732.700	23.297.736	23.929.417	24.928.062	26.030.240	27.278.913	28.524.027
DERECHOS DE IMPORTACIÓN, IVA, IT Y OTROS IMPUESTOS INDIRECTOS	1.873.110	2.031.941	2.090.446	2.299.014	2.496.150	2.644.781	2.810.137
PIB A PRECIOS BÁSICOS	20.859.590	21.265.795	21.838.971	22.629.049	23.534.090	24.634.132	25.713.890
CONSTRUCCIÓN	730.023	848.101	647.372	661.475	703.503	761.536	870.798
TASA PROMEDIO ANUAL DE CRECIMIENTO PIB (%)	0,00%	0,97%	1,54%	2,06%	2,44%	2,81%	3,03%
INCREMENTO PIB (%)	0,00%	1,95%	4,70%	8,48%	12,82%	18,09%	23,27%
TASA PROEMEDIO ANUAL DE CRECIMIENTO (S CONSTRUCCION) (%)	0,00%	7,78%	-3,93%	-2,43%	-0,74%	0,71%	2,55%
INCREMENTO S CONSTRUCCION (%)	0,00%	16,17%	-11,32%	-9,39%	-3,63%	4,32%	19,28%
<u>DESCRIPCION</u>	<u>2008</u>	<u>2009</u>	<u>2010</u>	<u>2011</u>	<u>2012</u>	<u>2013</u>	<u>2014</u>
PIB A PRECIOS DE MERCADO	30.277.826	31.294.253	32.585.680	34.281.469	36.037.460	38.486.570	40.588.156
DERECHOS DE IMPORTACIÓN, IVA, IT Y OTROS IMPUESTOS INDIRECTOS	3.004.101	2.945.504	3.200.263	3.600.023	4.009.019	4.436.533	4.837.661
PIB A PRECIOS BÁSICOS	27.273.725	28.348.748	29.385.416	30.681.446	32.028.441	34.050.036	35.750.495
CONSTRUCCIÓN	950.916	1.053.809	1.132.402	1.222.726	1.320.822	1.461.405	1.575.520
TASA PROMEDIO ANUAL DE CRECIMIENTO PIB (%)	3,41%	3,47%	3,49%	3,57%	3,64%	3,84%	3,92%
INCREMENTO PIB (%)	30,75%	35,90%	40,87%	47,09%	53,54%	63,23%	71,39%
TASA PROEMEDIO ANUAL DE CRECIMIENTO (S CONSTRUCCION) (%)	3,36%	4,16%	4,49%	4,80%	5,07%	5,48%	5,65%
INCREMENTO S CONSTRUCCION (%)	30,26%	44,35%	55,12%	67,49%	80,93%	100,19%	115,82%

Fuente: Elaboración con base en datos del Instituto Nacional de Estadística (INE)

ANEXO Nro. 3 Bolivia: Participación del sector de la construcción en el Producto Interno Bruto a precios constantes de 2001 a 2014 (en porcentaje)

<u>DESCRIPCION</u>	<u>2001</u>	<u>2002</u>	<u>2003</u>	<u>2004</u>	<u>2005</u>	<u>2006</u>	<u>2007</u>
PIB A PRECIOS DE MERCADO	100,00 %						
DERECHOS DE IMPORTACIÓN, IVA, IT Y OTROS IMPUESTOS INDIRECTOS	8,24%	8,72%	8,74%	9,22%	9,59%	9,70%	9,85%
PIB A PRECIOS BÁSICOS	91,76%	91,28%	91,26%	90,78%	90,41%	90,30%	90,15%
CONSTRUCCIÓN	3,50%	3,99%	2,96%	2,92%	2,99%	3,09%	3,39%
<u>DESCRIPCION</u>	<u>2008</u>	<u>2009</u>	<u>2010</u>	<u>2011</u>	<u>2012</u>	<u>2013</u>	<u>2014(p)</u>
PIB A PRECIOS DE MERCADO	100,00 %						
DERECHOS DE IMPORTACIÓN, IVA, IT Y OTROS IMPUESTOS INDIRECTOS	9,92%	9,41%	9,82%	10,50%	11,12%	11,53%	11,92%
PIB A PRECIOS BÁSICOS	90,08%	90,59%	90,18%	89,50%	88,88%	88,47%	88,08%
CONSTRUCCIÓN	3,49%	3,72%	3,85%	3,99%	4,12%	4,29%	4,41%

Fuente: Elaboración con base en datos del Instituto Nacional de Estadística (INE)



ANEXO Nro. 4 Bolivia: Índice del Costo de la Construcción por año según Tipo de Construcción
(Junio 2002=100%)

DESCRIPCION	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Índice General	105,01	111,16	115,19	120,93	131,07	154,39	151,3	154,71	173,01	184,08	190,45	196,03
Edificios Residenciales Urbanos	104,92	109,81	111,93	118,96	131,49	157,9	154,63	160,74	181,47	194,3	204,85	212,9
Edificios no Residenciales	103,63	110,96	114,22	120,39	134,67	163,23	160,65	163,06	181,65	193,12	196,98	201,88
Otras Construcciones o de Infraestructura	105,53	112,29	118,08	122,66	129,59	148,76	145,67	147,25	163,53	173,08	176,96	180,8
Tasa Promedio Anual de Crecimiento Índice General (%)	5,01%	5,43%	4,83%	4,87%	5,56%	7,51%	6,09%	5,61%	6,28%	6,29%	6,03%	5,77%
INCREMENTO Índice General (%)	5,01%	11,16%	15,19%	20,93%	31,07%	54,39%	51,30%	54,71%	73,01%	84,08%	90,45%	96,03%

Fuente: Elaboración con base en datos del Instituto Nacional de Estadística (INE)



ANEXO Nro. 5 La Paz: Cálculos del Índice del Costo de la Construcción

(Junio 2002=100%)

LA PAZ : ÍNDICE DEL COSTO DE LA CONSTRUCCIÓN POR MES SEGÚN ACTIVIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN E INSUMO						
DESCRIPCIÓN	Jun. 2014	Sep. 2014	Dic. 2014	Mar. 2015	Jun. 2015	Sep. 2015
Índice General	194,46	202,25	201,15	202,36	198,43	196,15
Materiales	176,17	178,23	179,86	180,13	174,12	168,71
Remuneraciones	276,78	299,11	294,62	299,24	300,02	300,02
Otros Insumos	132,05	134,08	131,35	130,36	125,06	126,54
Tasa Promedio Anual de Crecimiento Índice General (%)	1,40%	1,45%	1,41%	1,39%	1,33%	1,28%
Incremento Índice General (%)	94,46%	102,25%	101,15%	102,36%	98,43%	96,15%
Incremento Materiales	76,17%	78,23%	79,86%	80,13%	74,12%	68,71%
Incremento Remuneraciones	176,78%	199,11%	194,62%	199,24%	200,02%	200,02%
Incremento Otros Insumos	32,05%	34,08%	31,35%	30,36%	25,06%	26,54%
LA PAZ : ÍNDICE DEL COSTO DE LA CONSTRUCCIÓN POR MES SEGÚN TIPO DE CONSTRUCCIÓN						
DESCRIPCIÓN	Jun. 2014	Sep. 2014	Dic. 2014	Mar. 2015	Jun. 2015	Sep. 2015
Índice General	194,46	202,25	201,15	202,36	198,43	196,15
Edificios Residenciales Urbanos	196,39	204,63	204,19	206	201,82	199,81
Edificios no Residenciales	192,96	200,35	198,71	199,4	195,58	192,83
Otras Construcciones o de Infraestructura	193,2	201,17	199,78	201,15	198,53	198,74
Incremento Índice General	94,46%	102,25%	101,15%	102,36%	98,43%	96,15%
Incremento Edificios Residenciales Urbanos	96,39%	104,63%	104,19%	106,00%	101,82%	99,81%
Incremento Edificios no Residenciales	92,96%	100,35%	98,71%	99,40%	95,58%	92,83%
Incremento Otras Construcciones o de Infraestructura	93,20%	101,17%	99,78%	101,15%	98,53%	98,74%

Fuente: Elaboración con base en datos del Instituto Nacional de Estadística (INE)



ANEXO Nro. 6 Clasificación de los Factores de Afectación de los Rendimientos de la Mano de Obra

	FACTORES	5	4	3	2	1
CLIMA	Lluvia	Seco	Nublado	Llovizna	Aguacero	Tormento
	Temperatura	Acondicionada	Fresca	Normal	Alta o Baja	Extremas
	Cubierta	Sombra y Seco	Sombra y Húmedo	Sombra o Seco	Sol y Seco	Sol y Lluvia
ACTIVIDAD	Grado de Dificultad	Muy Fácil	Fácil	Normal	Difícil	Muy Difícil
	Peligro	Ninguno	Normal	Moderado	Riesgosa	Peligrosa
	Interrupciones	Ninguna	De 0 a 5 min.	De 15 a 20 min.	De 20 a 60 min.	Mayor a 1 hora
	Orden y Aseo	Aseo Total	Piso Sucio	Transitable	Algún Escombro	Difícil Acceso
	Actividades Predecesoras	Perfecta	Aceptable	Pocas Modificaciones	Muchas Modificaciones	Repetir
	Tipicidad	Más de 20 repeticiones	De 15 a 20	De 10 a 15	De 5 a 10	De 1 a 5
EQUIPAMIENTO	Herramienta	Especial	Adecuada	Común	Incomoda	Inadecuada
	Disponibilidad	Repuesto	Siempre	A tiempo	Casi Siempre	No Disponible
	Confiabilidad	Total	Alta	Buena	Baja	Nula
	Elementos de Protección	Todos	Casi Todos	Básico	Algunos	Ninguno
SUPERVISOR	Instrucción	Documentada	Verbales Previos	Necesaria	Ocasional	Ninguna
	Seguimiento	Total	Parcial	Esporádico	Eventual	Ninguna
	Supervisor	Muy Competente	Competente	Bueno	Regular	Malo
TRABAJADOR	Cansancio	Veloz	Rápido	Normal	Lento	Agotado
	Habilidad	Experto	Hábil	Normal	Torpe	Lerdo
	Conocimiento	Superiores	Buenos	Normales	Escasos	Ignorante
	Capacitación	Certificado	Expertos	Normal	Aprendiz	Ninguna

Fuente: Elaboración con base en (Celis, 2007)



ANEXO Nro. 7 Matriz de Factores de Afectación de los Rendimientos de la Mano de Obra

<u>FECHA</u>	<u>FACTORES DE AFECTACION DE LOS RENDIMIENTOS DE LA MANO DE OBRA</u>																			
	<u>ACTIVIDAD</u>						<u>CLIMA</u>			<u>EQUIPAMIENTO</u>				<u>SUPERVISION</u>			<u>TRABAJADOR</u>			
	Dificultad	Peligro	Interrupciones	Orden y Aseo	Actividades Predecesoras	Tipicidad	Lluvia	Temperatura	Cubierta	Herramienta	Disponibilidad	Confiability	Elementos de Protección	Instrucción	Seguimiento	Supervisor	Cansancio	Habilidad	Conocimiento	Capacitación
16/03/2015	3	4	4	1	3	5	4	4	2	3	2	4	3	4	4	3	4	4	4	4
17/03/2015	3	4	4	1	4	5	4	4	2	3	2	4	3	4	4	3	4	4	4	4
18/03/2015	3	4	4	1	4	5	4	4	2	3	2	4	3	4	4	3	4	4	4	4
19/03/2015	2	2	4	1	4	5	5	2	2	4	1	3	2	3	5	4	1	3	3	3
20/03/2015	2	2	4	1	4	5	5	2	2	4	1	3	2	3	5	4	1	3	3	3
23/03/2015	3	4	4	1	4	5	4	4	2	3	2	4	3	4	4	3	4	4	4	4
24/03/2015	3	4	4	1	4	5	4	4	2	3	2	4	3	4	4	3	4	4	4	4
25/03/2015	2	2	4	1	4	5	5	2	2	4	1	3	2	3	5	4	1	3	3	3
26/03/2015	3	4	4	1	4	5	4	4	2	3	2	4	3	4	4	3	4	4	4	4
27/03/2015	3	4	4	1	4	5	2	2	1	3	2	4	3	4	4	3	4	4	4	4
30/03/2015	2	2	4	1	4	5	5	2	2	4	1	3	2	3	5	4	1	3	3	3
31/03/2015	2	2	4	1	4	5	5	2	2	4	1	3	2	3	5	4	1	3	3	3
01/04/2015	3	4	4	1	4	5	4	4	2	3	2	4	3	4	4	3	4	4	4	4
07/04/2015	3	4	4	1	4	5	4	4	2	3	2	4	3	4	4	3	4	4	4	4
08/04/2015	2	2	4	1	4	5	4	2	1	4	1	3	2	3	5	4	1	3	3	3
09/04/2015	2	2	4	1	4	5	4	2	1	4	1	3	2	3	5	4	1	3	3	3
10/04/2015	2	2	4	1	4	5	4	2	1	4	1	3	2	3	5	4	1	3	3	3
13/04/2015	2	2	5	3	4	5	4	2	1	4	1	3	2	3	5	4	1	3	3	3
14/04/2015	2	2	5	3	4	5	4	2	1	4	1	3	2	3	5	4	1	3	3	3
16/04/2015	2	2	5	3	4	5	4	2	1	4	1	3	2	3	5	4	1	3	3	3
17/04/2015	3	4	4	1	4	5	4	4	2	3	2	4	3	4	4	3	4	4	4	4
21/04/2015	2	2	4	1	4	5	5	2	2	4	1	3	2	3	5	4	1	3	3	3
22/04/2015	2	2	4	1	4	5	5	2	2	4	1	3	2	3	5	4	1	3	3	3



23/04/2015	2	2	4	1	4	5	5	2	2	4	1	3	2	3	5	4	1	3	3	3
24/04/2015	2	2	5	3	4	5	4	2	1	4	1	3	2	3	5	4	1	3	3	3
25/04/2015	2	2	4	1	4	5	5	2	2	4	1	3	2	3	5	4	1	3	3	3
27/04/2015	2	2	4	1	4	5	4	2	1	4	1	3	2	3	5	4	1	3	3	3
28/04/2015	2	2	5	3	4	5	4	2	1	4	1	3	2	3	5	4	1	3	3	3
29/04/2015	3	4	4	1	4	5	4	4	2	3	2	4	3	4	4	3	4	4	4	4
05/05/2015	2	2	4	1	4	3	5	3	2	3	2	3	2	3	2	3	1	3	3	3
08/05/2015	2	2	4	1	4	5	5	2	2	4	1	3	2	3	5	4	1	3	3	3
11/05/2011	2	2	4	1	4	3	5	3	2	3	2	3	2	3	2	3	1	3	3	3
18/05/2015	3	4	4	1	4	5	4	4	2	3	2	4	3	4	4	3	4	4	4	4
20/05/2015	3	4	4	1	4	5	4	4	2	3	2	4	3	4	4	3	4	4	4	4
21/05/2015	1	2	3	1	3	1	5	3	2	3	2	3	3	4	5	4	1	3	3	3
25/05/2015	3	4	4	1	4	5	4	4	2	3	2	4	3	4	4	3	4	4	4	4
29/05/2015	2	2	5	3	4	5	4	2	1	4	1	3	2	3	5	4	1	3	3	3
01/06/2015	2	2	4	1	4	3	5	3	2	3	2	3	2	3	2	3	1	3	3	3
03/06/2015	2	2	4	1	4	3	5	3	2	3	2	3	2	3	2	3	1	3	3	3
08/06/2015	2	2	4	1	4	3	5	3	2	3	2	3	2	3	2	3	1	3	3	3
10/06/2015	1	2	3	1	3	1	5	3	2	3	2	3	3	4	5	4	1	3	3	3
18/06/2015	2	2	5	3	4	5	4	2	1	4	1	3	2	3	5	4	1	3	3	3
19/06/2015	2	2	4	1	4	3	5	3	2	3	2	3	2	3	2	3	1	3	3	3
22/06/2015	2	2	4	1	4	3	5	3	2	3	2	3	2	3	2	3	1	3	3	3
26/06/2015	2	2	4	1	4	3	5	3	2	3	2	3	2	3	2	3	1	3	3	3
29/06/2015	2	2	4	1	4	3	5	3	2	3	2	3	2	3	2	3	1	3	3	3
30/06/2015	1	2	3	1	3	1	5	3	2	3	2	3	3	4	5	4	1	3	3	3
09/07/2015	3	2	3	1	4	5	4	4	3	3	2	4	3	4	2	3	3	4	4	3
13/07/2015	3	4	4	1	4	5	4	4	3	3	2	4	3	4	4	3	4	4	4	4

Fuente: Elaboración con base en las actividades que realiza la empresa



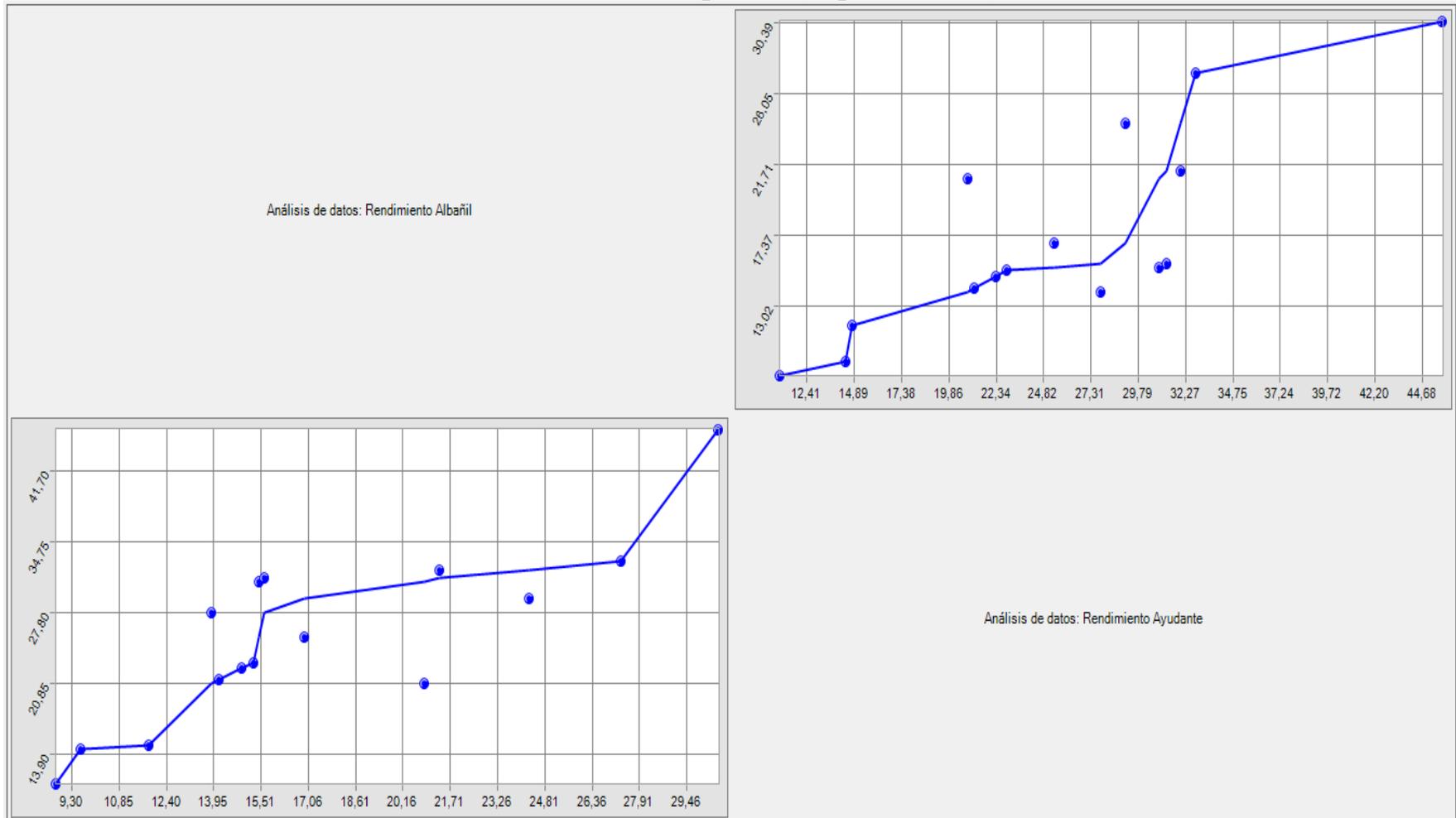
ANEXO Nro. 8 Registro de los Rendimientos de la Mano de Obra para las Zapatas de H.A.

ZAPATAS DE H.A.

TS	Dimensiones			m3	Porcentaje de Avance	Total m3	Ubicación		Personal		Registro de Tiempos				Duración		Rendimiento Global (Hr/m3)	Productividad Global (m3/Hr)	Rendimiento Mano de Obra	
	b	h	l				X	Y	Oficial	Ayudante	Fecha Inicio	Hora Inicio	Fecha Final	Hora Final	Días	Horas			Rendimiento Albañiles	Rendimiento Ayudantes
C	1,35	1,35	0,65	1,185	20,00%	0,525	1	E	2	3	16/03/2015	08:00	16/03/2015	18:00	1	8	15,24	0,07	30,48	45,72
C	0,8	0,8	0,3	0,192	20,00%		3	A												
R	1,3	1,6	0,6	1,248	20,00%		3	D												
C	1,35	1,35	0,65	1,185	50,00%	1,418	1	E	2	3	16/03/2015	08:00	17/03/2015	12:00	1,5	12	8,46	0,12	16,93	25,39
C	0,8	0,8	0,3	0,192	40,00%		3	A												
R	1,3	1,6	0,6	1,248	60,00%		3	D												
C	1,35	1,35	0,65	1,185	60,00%	1,700	1	E	2	3	16/03/2015	08:00	18/03/2015	12:00	1,5	12	7,06	0,14	14,12	21,18
C	0,8	0,8	0,3	0,192	60,00%		3	A												
R	1,3	1,6	0,6	1,248	70,00%		3	D												
C	1,35	1,35	0,65	1,185	100,00%	2,625	1	E	2	3	16/03/2015	08:00	19/03/2015	12:00	3,5	28	10,67	0,09	21,34	32,00
C	0,8	0,8	0,3	0,192	100,00%		3	A												
R	1,3	1,6	0,6	1,248	100,00%		3	D												
R	1,55	2,15	0,75	2,499	100,00%	2,499	2	E	2	3	17/03/2015	12:00	20/03/2015	12:00	1,5	12	4,80	0,21	9,60	14,40
C	1,6	1,6	0,8	2,048	40,00%	1,824	2	F	2	2,5	20/03/2015	12:00	21/03/2015	12:00	1	8	4,39	0,23	8,77	10,97
C	1,1	1,1	0,5	0,605	50,00%		1	A												
R	1,35	1,6	0,65	1,404	50,00%		2	A												
C	1,6	1,6	0,8	2,048	100,00%	4,057	2	F	2	2,5	20/03/2015	12:00	23/03/2015	18:00	3	24	5,92	0,17	11,83	14,79
C	1,1	1,1	0,5	0,605	100,00%		1	A												
R	1,35	1,6	0,65	1,404	100,00%		2	A												
C	1,35	1,35	0,65	1,185	40,00%	0,732	4	D	2,5	3	24/03/2015	08:00	24/03/2015	18:00	1	8	10,92	0,09	27,31	32,77
C	0,8	0,8	0,3	0,192	50,00%		4	B												
C	0,95	0,95	0,3	0,271	60,00%		1	F												
C	1,35	1,35	0,65	1,185	100,00%	1,647	4	D	2,5	3	24/03/2015	08:00	25/03/2015	18:00	2	16	9,71	0,10	24,28	29,14
C	0,8	0,8	0,3	0,192	100,00%		4	B												
C	0,95	0,95	0,3	0,271	100,00%		1	F												
C	1,2	1,2	0,55	0,792	60,00%	1,572	3	B	2	3	26/03/2015	08:00	27/03/2015	12:00	1,5	12	7,63	0,13	15,27	22,90
R	1,55	1,85	0,85	2,437	45,00%		3	F												
C	1,2	1,2	0,55	0,792	100,00%		3	B												
R	1,55	1,85	0,85	2,437	100,00%	3,229	3	F	2	3	26/03/2015	08:00	30/03/2015	12:00	3	24	7,43	0,13	14,86	22,30
C	0,8	0,8	0,3	0,192	40,00%		5	D												
C	0,8	0,8	0,3	0,192	45,00%		5	E												
C	0,8	0,8	0,3	0,192	50,00%	0,259	5	F	1	2	20/04/2015	12:00	20/04/2015	18:00	0,5	4	15,43	0,06	15,43	30,86
C	0,8	0,8	0,3	0,192	100,00%		5	D												
C	0,8	0,8	0,3	0,192	100,00%		5	E												
C	0,8	0,8	0,3	0,192	100,00%	0,576	5	F	1	2	20/04/2015	12:00	21/04/2015	18:00	1	8	13,89	0,07	13,89	27,78
C	0,8	0,8	0,3	0,192	100,00%		5	F												
C	0,8	0,8	0,3	0,192	100,00%		2	G												
C	0,8	0,8	0,3	0,192	100,00%	0,384	3	G	1	2	22/04/2015	08:00	23/04/2015	09:00	0,75	6	15,63	0,06	15,63	31,25
C	0,8	0,8	0,3	0,192	100,00%		5	G												
C	0,8	0,8	0,3	0,192	100,00%	0,192	5	G	1	1	07/05/2015	15:00	08/05/2015	14:00	0,5	4	20,83	0,05	20,83	20,83

Fuente: Elaboración con base en las actividades que realiza la empresa

ANEXO Nro. 9 Gráfico de Dispersión (Zapatatas de H.A.)



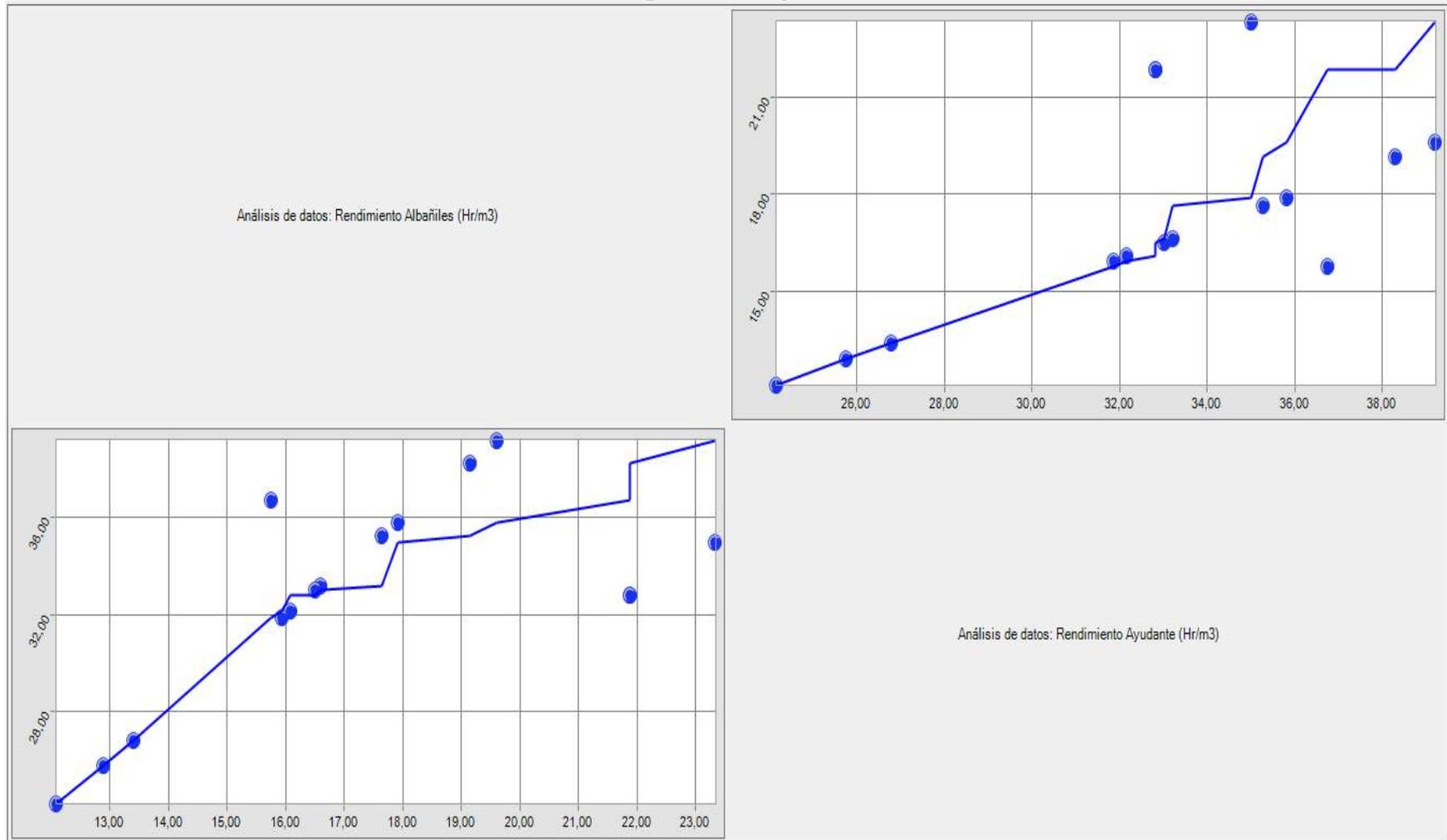
Fuente: Elaboración con base en las actividades que realiza la empresa



ANEXO Nro. 10 Registro de los Rendimientos de la Mano de Obra para las Vigas de Fundación H.A.

VIGAS DE FUNDACION DE H.A.																				
TS	Dimensiones			m3	Grado de Avance (%)	Total m3	Ubicación		Personal		Registro de Tiempos				Duración		Rendimiento Global (Hr/m3)	Productividad Global (m3/Hr)	Rendimiento Mano de Obra	
	b	h	l				X	Y	Albañil	Ayudante	Fecha Inicio	Hora Inicio	Fecha Final	Hora Final	Días	Horas			Rendimiento Albañiles	Rendimiento Ayudantes
R	0,2	3,78	0,2	0,151	20,00%	0,239	F1	F2	1	2	06/04/2015	12:00	06/04/2015	18:00	0,4	3,2	13,40	0,07	13,40	26,79
R	0,2	3,78	0,2	0,151	20,00%		E1	E2												
R	0,2	3,78	0,2	0,151	20,00%		A1	A2												
R	0,2	3,44	0,2	0,138	20,00%		E2	F2												
R	0,2	5,82	0,2	0,233	20,00%		A2	E2												
R	0,2	3,44	0,2	0,138	20,00%		E1	F1												
R	0,2	5,82	0,2	0,233	20,00%	A1	E1													
R	0,2	3,78	0,2	0,151	50,00%	0,530	F1	F2	1	2	06/04/2015	12:00	07/04/2015	12:00	0,8	6,4	12,08	0,08	12,08	24,15
R	0,2	3,78	0,2	0,151	40,00%		E1	E2												
R	0,2	3,78	0,2	0,151	40,00%		A1	A2												
R	0,2	3,44	0,2	0,138	40,00%		E2	F2												
R	0,2	5,82	0,2	0,233	40,00%		A2	E2												
R	0,2	3,44	0,2	0,138	50,00%		E1	F1												
R	0,2	5,82	0,2	0,233	50,00%	A1	E1													
R	0,2	3,78	0,2	0,151	70,00%	0,836	F1	F2	2	4	06/04/2015	12:00	07/04/2015	18:00	1	8	9,57	0,10	19,14	38,27
R	0,2	3,78	0,2	0,151	70,00%		E1	E2												
R	0,2	3,44	0,2	0,138	70,00%		E2	F2												
R	0,2	5,82	0,2	0,233	70,00%		A2	E2												
R	0,2	3,44	0,2	0,138	70,00%		E1	F1												
R	0,2	5,82	0,2	0,233	70,00%		A1	E1												
R	0,2	3,78	0,2	0,151	100,00%	1,194	F1	F2	2	4	06/04/2015	12:00	08/04/2015	10:00	1,2	9,6	8,04	0,12	16,08	32,15
R	0,2	3,78	0,2	0,151	100,00%		E1	E2												
R	0,2	3,78	0,2	0,151	100,00%		A1	A2												
R	0,2	3,44	0,2	0,138	100,00%		E2	F2												
R	0,2	5,82	0,2	0,233	100,00%		A2	E2												
R	0,2	3,44	0,2	0,138	100,00%		E1	F1												
R	0,2	5,82	0,2	0,233	100,00%	A1	E1													
R	0,2	4,81	0,2	0,192	20,00%	0,183	D3	F3	2	3	08/04/2015	10:00'	08/04/2015	12:00	0,25	2	10,94	0,09	21,87	32,81
R	0,2	2,16	0,2	0,086	20,00%		B3	D3												
R	0,2	2,16	0,2	0,086	20,00%		B4	D4												
R	0,2	2,28	0,2	0,091	20,00%		B3	B4												
R	0,2	2,28	0,2	0,091	20,00%		D3	D4												
R	0,2	3,44	0,2	0,138	20,00%		F2	F3												
R	0,2	3,44	0,2	0,138	20,00%	A2	A3													
R	0,2	4,81	0,2	0,192	60,00%	0,549	D3	F3	2	3	08/04/2015	10:00	08/04/2015	18:00	0,8	6,4	11,67	0,09	23,33	35,00
R	0,2	2,29	0,2	0,092	60,00%		A3	B3												
R	0,2	2,16	0,2	0,086	60,00%		B3	D3												
R	0,2	2,16	0,2	0,086	60,00%		B4	D4												
R	0,2	2,28	0,2	0,091	60,00%		B3	B4												
R	0,2	2,28	0,2	0,091	60,00%		D3	D4												
R	0,2	3,44	0,2	0,138	60,00%	F2	F3													
R	0,2	3,44	0,2	0,138	60,00%	0,732	A2	A3												
R	0,2	4,81	0,2	0,192	80,00%		D3	F3												

ANEXO Nro. 11 Gráfico de Dispersión (Vigas de Fundación de H.A.)



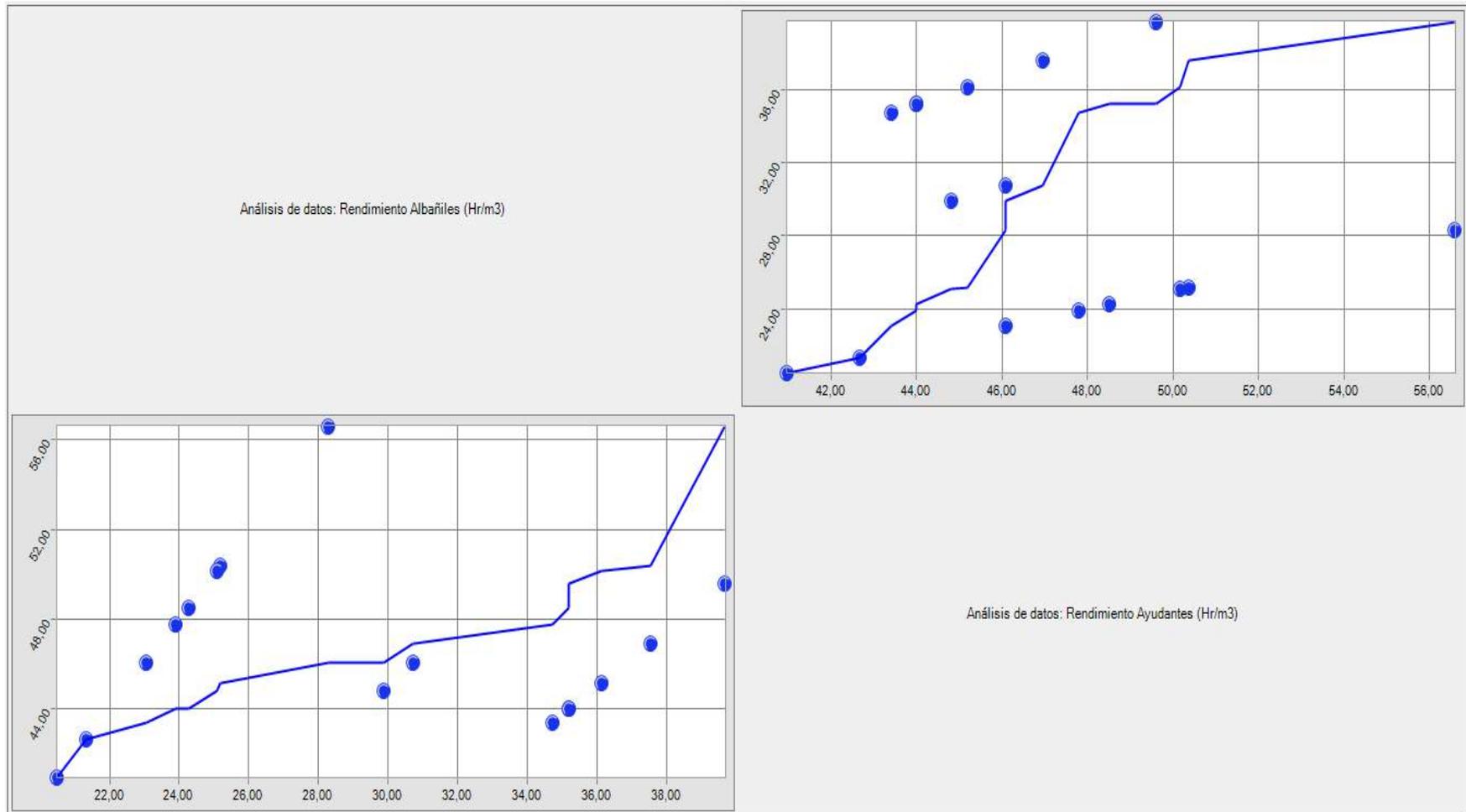
Fuente: Elaboración con base en las actividades que realiza la empresa



ANEXO Nro. 12 Registro de los Rendimientos de la Mano de Obra para las Columnas de H.A.

COLUMNAS DE H.A.																				
TC	Dimensiones			m3	Grado de Avance (%)	Total m3	Ubicación		Cuadrilla de Trabajo		Registro de Tiempos				Duración		Rendimiento Global (Hr/m3)	Productividad Global (m3/Hr)	Rendimiento Mano de Obra	
	b	h	l				X	Y	Oficial	Ayudante	Fecha Inicio	Hora Inicio	Fecha Final	Hora Final	Días	Horas			Rendimiento Oficiales	Rendimiento Ayudantes
PB	0,25	0,25	2,5	0,156	30,00%	0,156	1	A	1	2	10/04/2014	12:00	10/04/2015	18:00	0,45	3,6	23,04	0,04	23,04	46,08
PB	0,25	0,25	2,5	0,156	40,00%		1	E												
PB	0,25	0,25	2,5	0,156	30,00%		1	F												
PB	0,25	0,25	2,5	0,156	60,00%	0,297	1	A	1	2	10/04/2014	12:00	11/04/2015	12:00	0,9	7,2	24,25	0,04	24,25	48,51
PB	0,25	0,25	2,5	0,156	60,00%		1	E												
PB	0,25	0,25	2,5	0,156	70,00%		1	F												
PB	0,25	0,25	2,5	0,156	100,00%	0,469	1	A	1	2	10/04/2014	12:00	13/04/2015	12:00	1,4	11,2	23,89	0,04	23,89	47,79
PB	0,25	0,25	2,5	0,156	100,00%		1	E												
PB	0,25	0,25	2,5	0,156	100,00%		1	F												
PB	0,25	0,25	2,5	0,156		0,381	4	B	1,5	3	13/04/2015	12:00	14/04/2015	12:00	0,8	6,4	16,79	0,06	25,18	50,36
PB	0,3	0,3	2,5	0,225			4	D												
PB	0,25	0,25	2,5	0,156	60,00%	0,638	3	A	2	4	14/04/2015	12:00	15/04/2015	12:00	1	8	12,54	0,08	25,07	50,15
PB	0,25	0,25	2,5	0,156	60,00%		3	B												
PB	0,3	0,25	2,5	0,188	50,00%		3	D												
PB	0,25	0,35	2,5	0,219	50,00%		2	E												
PB	0,25	0,3	2,5	0,188	60,00%		2	A												
PB	0,3	0,3	2,5	0,225	60,00%		2	F												
PB	0,25	0,25	2,5	0,156	100,00%	1,131	3	A	2	4	14/04/2015	12:00	16/04/2015	12:00	2	16	14,14	0,07	28,29	56,57
PB	0,25	0,25	2,5	0,156	100,00%		3	B												
PB	0,3	0,25	2,5	0,188	100,00%		3	D												
PB	0,25	0,35	2,5	0,219	100,00%		2	E												
PB	0,25	0,3	2,5	0,188	100,00%		2	A												
PB	0,3	0,3	2,5	0,225	100,00%		2	F												
PB	0,25	0,3	2,5	0,188		0,188	3	F	1	1,5	20/04/2015	14:00	21/04/2015	14:00	0,7	5,6	29,87	0,03	29,87	44,80
PB	0,25	0,25	2,5	0,156	60,00%	0,266	5	D	2	2,5	23/04/2015	10:00	23/04/2015	18:00	0,6	4,8	18,07	0,06	36,14	45,18
PB	0,25	0,25	2,5	0,156	50,00%		5	E												
PB	0,25	0,25	2,5	0,156	60,00%		5	F												
PB	0,25	0,25	2,5	0,156	100,00%	0,469	5	D	2	2,5	23/04/2015	10:00	24/04/2015	12:00	1,1	8,8	18,77	0,05	37,55	46,93
PB	0,25	0,25	2,5	0,156	100,00%		5	E												
PB	0,25	0,25	2,5	0,156	100,00%		5	F												
PB	0,25	0,25	2,5	0,156	60,00%	0,188	2	G	1	2	27/04/2015	15:00	28/04/2015	15:00	0,5	4	21,33	0,05	21,33	42,67
PB	0,25	0,25	2,5	0,156	60,00%		3	G												
PB	0,25	0,25	2,5	0,156	100,00%	0,313	2	G	1	2	27/04/2015	15:00	28/04/2015	15:00	0,8	6,4	20,48	0,05	20,48	40,96
PB	0,25	0,25	2,5	0,156	100,00%		3	G												
PB	0,25	0,25	2,5	0,156		0,156	5	G	1	1,5	10/05/2015	12:00	11/05/2015	09:00	0,6	4,8	30,72	0,03	30,72	46,08
1	0,2	0,2	2,5	0,100	60,00%	0,645	3	F	2	2,5	26/05/2015	12:00	27/05/2015	18:00	1,4	11,2	17,36	0,06	34,73	43,41
1	0,2	0,2	2,5	0,100	70,00%		3	D												
1	0,2	0,2	2,5	0,100	60,00%		3	B												
1	0,2	0,2	2,5	0,100	65,00%		3	A												
1	0,2	0,2	2,5	0,100	70,00%		2	F												

ANEXO Nro. 13 Gráfico de Dispersión (Columnas de H.A.)



Fuente: Elaboración con base en las actividades que realiza la empresa

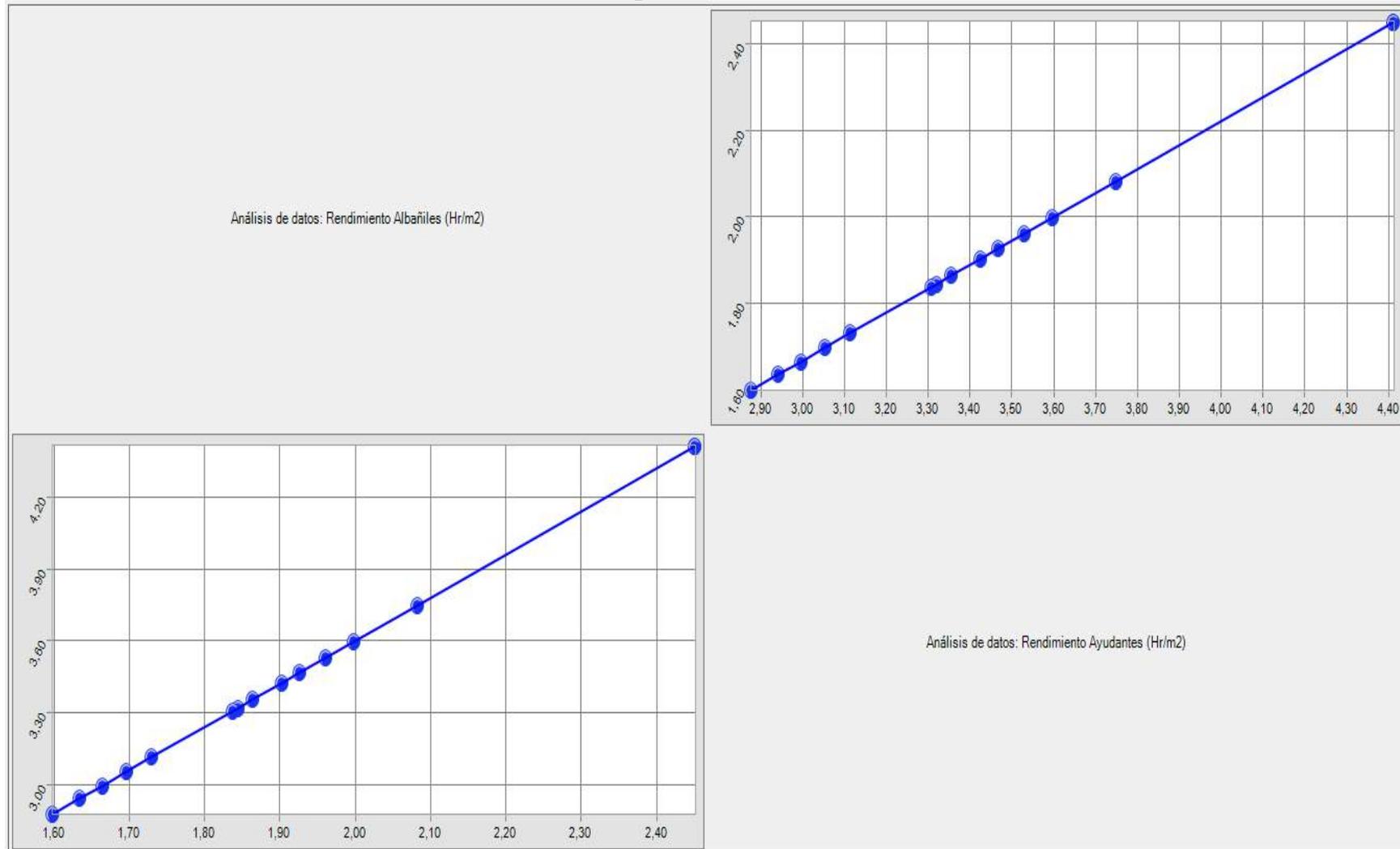


**ANEXO Nro. 14 Registro de los Rendimientos de la Mano de Obra para las
Losa Alivianada H=20 cm Vigueta Pretensada**

LOSA ALIVIANADA H=20 cm. VIGUETA PRETENSADA																			
TS	Dimensiones			%	m3	Ubicación		Personal		Registro de Tiempos				Duración		Rendimiento	Productividad	Rendimiento	Mano de Obra
	b	h	l			X	Y	Oficial	Ayudante	Fecha Inicio	Hora Inicio	Fecha Final	Hora Final	Días	Horas	Global (Hr/m2)	Global (m2/Hr)	Rendimiento Oficiales	Rendimiento Ayudantes
R	75,1	0,2	20,00%	15,020	PRIMER PISO	2,5	4,5	11/05/2015	08:00	12/05/2015	12:00	1,2	9,6	0,64	1,56	1,60	2,88		
R	75,1	0,2	35,00%	26,285	PRIMER PISO	2,5	4,5	11/05/2015	08:00	13/05/2015	12:00	2,5	20	0,76	1,31	1,90	3,42		
R	75,1	0,2	50,00%	37,550	PRIMER PISO	2,5	4,5	11/05/2015	08:00	15/05/2015	12:00	3,5	28	0,75	1,34	1,86	3,36		
R	75,1	0,2	65,00%	48,815	PRIMER PISO	2,5	4,5	11/05/2015	08:00	16/05/2015	12:00	4,5	36	0,74	1,36	1,84	3,32		
R	75,1	0,2	80,00%	60,080	PRIMER PISO	2,5	4,5	11/05/2015	08:00	18/05/2015	12:00	5	40	0,67	1,50	1,66	3,00		
R	75,1	0,2	100,00%	75,100	PRIMER PISO	2,5	4,5	11/05/2015	08:00	21/05/2015	14:00	7,5	60	0,80	1,25	2,00	3,60		
R	81,62	0,2	30,00%	24,486	SEGUNDO PISO	2,5	4,5	01/06/2015	08:00	03/06/2015	18:00	2	16	0,65	1,53	1,63	2,94		
R	81,62	0,2	50,00%	40,810	SEGUNDO PISO	2,5	4,5	01/06/2015	08:00	05/06/2015	18:00	4	32	0,78	1,28	1,96	3,53		
R	81,62	0,2	70,00%	57,134	SEGUNDO PISO	2,5	4,5	01/06/2015	08:00	08/06/2015	18:00	5,5	44	0,77	1,30	1,93	3,47		
R	81,62	0,2	100,00%	81,620	SEGUNDO PISO	2,5	4,5	01/06/2015	08:00	10/06/2015	18:00	8,5	68	0,83	1,20	2,08	3,75		
R	81,62	0,2	15,00%	12,243	TERCER PISO	2,5	4,5	22/06/2015	08:00	23/06/2015	12:00	1,5	12	0,98	1,02	2,45	4,41		
R	81,62	0,2	35,00%	28,567	TERCER PISO	2,5	4,5	22/06/2015	08:00	25/06/2015	12:00	3,5	28	0,98	1,02	2,45	4,41		
R	81,62	0,2	65,00%	53,053	TERCER PISO	2,5	4,5	22/06/2015	08:00	26/06/2015	12:00	4,5	36	0,68	1,47	1,70	3,05		
R	81,62	0,2	85,00%	69,377	TERCER PISO	2,5	4,5	22/06/2015	08:00	29/06/2015	12:00	6	48	0,69	1,45	1,73	3,11		
R	81,62	0,2	100,00%	81,620	TERCER PISO	2,5	4,5	22/06/2015	08:00	30/06/2015	12:00	7,5	60	0,74	1,36	1,84	3,31		

Fuente: Elaboración con base en las actividades que realiza la empresa

ANEXO Nro. 15 Gráfico de Dispersión (Losa Aliviada H=20 cm.)



Fuente: Elaboración con base en las actividades que realiza la empresa



ANEXO Nro. 16 Datos de Temperatura y Precipitación para el grupo de Clima

TEMPERATURA MEDIA AMBIENTE (*C)																								
ESTACION	VERANO			MEDIA	MAXIMO	MINIMO	OTOÑO			MEDIA	MAXIMO	MINIMO	INVIERNO			MEDIA	MAXIMO	MINIMO	PRIMAVERA			MEDIA	MAXIMO	MINIMO
	ENERO	FEBRERO	MARZO				ABRIL	MAYO	JUNIO				JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE				OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE			
Central La Paz	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,0	11,0	9,7	10,9	12,0	9,7	9,3	10,1	11,0	10,1	11,0	9,3	12,2	12,9	12,8	12,6	12,9	12,2
El Alto (La Paz)	8,5	8,7	8,5	8,6	8,7	8,5	7,9	6,5	5,1	6,5	7,9	5,1	4,9	5,9	7,1	6,0	7,1	4,9	8,4	9,1	9,1	8,9	9,1	8,4
La Paz Zona Sur	15,1	14,5	15,0	14,9	15,1	14,5	14,3	13,2	11,5	13,0	14,3	11,5	11,0	12,1	13,7	12,3	13,7	11,0	14,6	15,8	15,8	15,4	15,8	14,6
TEMPERATURA MAXIMA AMBIENTE (*C)																								
ESTACION	ENERO	FEBRERO	MARZO	MEDIA	MAXIMO	MINIMO	ABRIL	MAYO	JUNIO	MEDIA	MAXIMO	MINIMO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	MEDIA	MAXIMO	MINIMO	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	MEDIA	MAXIMO	MINIMO
Central La Paz	17,9	17,9	18,2	18,0	18,2	17,9	18,6	18,1	16,9	17,9	18,6	16,9	16,6	17,4	18,0	17,3	18,0	16,6	19,0	19,6	19,1	19,2	19,6	19,0
El Alto (La Paz)	13,5	13,8	13,9	13,7	13,9	13,5	14,3	14,2	13,2	13,9	14,3	13,2	13,2	14,0	14,6	13,9	14,6	13,2	15,4	15,9	15,0	15,4	15,9	15,0
La Paz Zona Sur	20,8	20,1	21,4	20,8	21,4	20,1	21,6	22,0	10,2	17,9	22,0	10,2	19,2	20,2	21,7	20,4	21,7	19,2	21,8	23,2	22,4	22,5	23,2	21,8



TEMPERATURA MINIMA MEDIA (*C)																								
ESTACION	ENERO	FEBRERO	MARZO	MEDIA	MAXIMO	MINIMO	ABRIL	MAYO	JUNIO	MEDIA	MAXIMO	MINIMO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	MEDIA	MAXIMO	MINIMO	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	MEDIA	MAXIMO	MINIMO
Central La Paz	6,7	6,7	6,5	6,6	6,7	6,5	5,7	4,2	2,6	4,2	5,7	2,6	2,3	3,1	4,3	3,2	4,3	2,3	5,6	6,4	6,7	6,2	6,7	5,6
El Alto (La Paz)	3,3	3,3	2,9	3,2	3,3	2,9	1,5	-	-	-	1,5	-	-	-	-	-	-	-	1,3	2,3	3,0	2,2	3,0	1,3
La Paz-Zona Sur	9,4	8,9	8,6	9,0	9,4	8,6	7,1	4,3	2,8	4,7	7,1	2,8	2,6	3,9	5,6	4,0	5,6	2,6	7,3	8,2	9,2	8,2	9,2	7,3
PRECIPITACION (mm)																								
	VERANO						OTOÑO						INVIERNO						PRIMAVERA					
ESTACION	ENERO	FEBRERO	MARZO	MEDIA	MAXIMO	MINIMO	ABRIL	MAYO	JUNIO	MEDIA	MAXIMO	MINIMO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	MEDIA	MAXIMO	MINIMO	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	MEDIA	MAXIMO	MINIMO
Central La Paz	113,1	82,9	65,4	87,1	113,1	65,4	25,9	10,1	5,5	13,8	25,9	5,5	5,6	10,9	28,0	14,8	28,0	5,6	33,4	45,1	78,9	52,5	78,9	33,4
El Alto (La Paz)	138,5	98,6	76,5	104,5	138,5	76,5	31,4	11,6	6,2	16,4	31,4	6,2	6,1	15,9	33,7	18,6	33,7	6,1	41,3	50,3	95,8	62,5	95,8	41,3
La Paz-Zona Sur	133,2	60,7	60,4	84,8	133,2	60,4	26,6	7,0	8,4	14,0	26,6	7,0	6,8	13,4	21,6	13,9	21,6	6,8	46,7	41,6	64,6	51,0	64,6	41,6

Fuente: Elaboración con base en datos del Ministerio de Medio Ambiente y Agua



ANEXO Nro. 17 Clasificación de los Factores de Afectación de los Rendimientos de la Mano de Obra para los grupos de Actividad, Equipamiento, Supervisión y Trabajador

	FACTORES	E=5	B=4	R=3	M=2	P=1
ACTIVIDAD	Grado de Dificultad	Muy Fácil	Fácil	Normal	Difícil	Muy Difícil
	Peligro	Ninguno	Normal	Moderado	Riesgosa	Peligrosa
	Interrupciones	Ninguna	De 0 a 5 min.	De 15 a 20 min.	De 20 a 60 min.	Mayor a 1 hora
	Orden y Aseo	Aseo Total	Piso Sucio	Transitable	Algún Escombros	Difícil Acceso
	Actividades Predecesoras	Perfecta	Aceptable	Pocas Modificaciones	Muchas Modificaciones	Repetir
	Tipicidad	Más de 20 repeticiones	De 15 a 20	De 10 a 15	De 5 a 10	De 1 a 5
EQUIPAMIENTO	Herramienta	Especial	Adecuada	Común	Incomoda	Inadecuada
	Disponibilidad	Repuesto	Siempre	A tiempo	Casi Siempre	No Disponible
	Confiabilidad	Total	Alta	Buena	Baja	Nula
	Elementos de Protección	Todos	Casi Todos	Básico	Algunos	Ninguno
SUPERVISOR	Instrucción	Documentada	Verbales Previos	Necesaria	Ocasional	Ninguna
	Seguimiento	Total	Parcial	Esporádico	Eventual	Ninguna
	Supervisor	Muy Competente	Competente	Buena	Regular	Malo
TRABAJADOR	Cansancio	Veloz	Rápido	Normal	Lento	Agotado
	Habilidad	Experto	Hábil	Normal	Torpe	Lerdo
	Conocimiento	Superiores	Buenos	Normales	Escasos	Ignorante
	Capacitación	Certificado	Expertos	Normal	Aprendiz	Ninguna

Fuente: Elaboración con base en las actividades que realiza la empresa



ANEXO Nro. 18 Clasificación de los Factores de Afectación de los Rendimientos de la Mano de Obra para el Grupo Clima

	FACTORES	E=5	B=4	R=3	M=2	P=1
PRIMAVERA	Precipitación	30 - 46 mm.	46 - 62 mm.	62 - 78 mm.	70 - 94 mm.	94 - 110 mm.
	Temperatura	12,3 - 14,48 o 10,09 - 12,3 °C	14,48 - 16,66 o 7,88 - 10,09 °C	16,66 - 18,84 o 5,67 - 7,88 °C	18,84 - 21,02 o 3,46 - 5,67 °C	21,02 - 23,2 o 1,25 - 3,46 °C
INVIERNO	Precipitación	0 - 8 mm.	8 - 16 mm.	16 - 24 mm.	24 - 32 mm.	32 - 40 mm.
	Temperatura	6,88 - 9,45 o 9,45 - 11,91 °C	4,31 - 6,88 o 11,91 - 14,37 °C	1,74 - 4,31 o 14,37 - 16,83 °C	(-0,83) - 1,74 o 16,83 - 19,29 °C	(-3,4) - (-0,83) o 19,29 - 21,75 °C
OTOÑO	Precipitación	0 - 8 mm.	8 - 16 mm.	16 - 24 mm.	24 - 32 mm.	32 - 40 mm.
	Temperatura	7,464 - 10,13 o 10,13 - 12,504 °C	4,798 - 7,464 o 12,504 - 14,878 °C	2,132 - 4,798 o 14,878 - 17,252 °C	(-0,534) - 2,132 o 17,252 - 19,626 °C	(-3,2) - (-0,534) o 19,626 - 22 °C
VERANO	Precipitación	56 - 76 mm.	76 - 96 mm.	96 - 116 mm.	116 - 136 mm.	136 - 156 mm.
	Temperatura	10,056 - 11,87 o 11,87 - 13,796 °C	8,242 - 10,056 o 13,796 - 15,722 °C	6,428 - 8,242 o 15,722 - 17,684 °C	4,614 - 6,428 o 17,648 - 19,574 °C	2,8 - 4,614 o 19,574 - 21,5 °C

Fuente: Elaboración con base en datos de Ministerio de Medio Ambiente y Agua



ANEXO Nro. 19 Resumen de Análisis de Rendimiento de Albañiles (Zapatatas de H.A. - Invierno)

STATGRAPHICS Centurion - Invierno Zapata Regresion.sgp - [Regresión Múltiple - Rendimiento Albañil]

Archivo Editar Graficar Describir Comparar Relacionar Prgnósticos CEP DDE SnapStats! Herramientas Ver Ventana Ayuda

Etiqueta: Filas:

Regresión Múltiple - Rendimiento Albañil

Variable dependiente: Rendimiento Albañil
Variables independientes:
Promedio Actividad
Promedio Clima
Promedio Equipamiento
Promedio Supervicion
Promedio Trabajador

Parámetro	Estimación	Error Estándar	Estadístico T	Valor-P
CONSTANTE	303,649	31,0769	9,77089	0,0000
Promedio Actividad	-1,23894	0,252152	-4,91348	0,0008
Promedio Clima	-0,756682	0,0538388	-14,0546	0,0000
Promedio Equipamiento	-0,582007	0,134324	-4,33285	0,0019
Promedio Supervicion	-0,720721	0,0885259	-8,14136	0,0000
Promedio Trabajador	-0,979418	0,287317	-3,40884	0,0078

Análisis de Varianza

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	533,571	5	106,714	53,59	0,0000
Residuo	17,9215	9	1,99128		
Total (Corr.)	551,492	14			

R-cuadrada = 96,7504 por ciento
R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 94,945 por ciento
Error estándar del est. = 1,41113
Error absoluto medio = 0,915036
Estadístico Durbin-Watson = 1,73773 (P=0,2799)
Autocorrelación de residuos en retraso 1 = 0,0276492

El StatAdvisor
La salida muestra los resultados de ajustar un modelo de regresión lineal múltiple para describir la relación entre Rendimiento Albañil y 5 variables independientes. La ecuación del modelo ajustado es

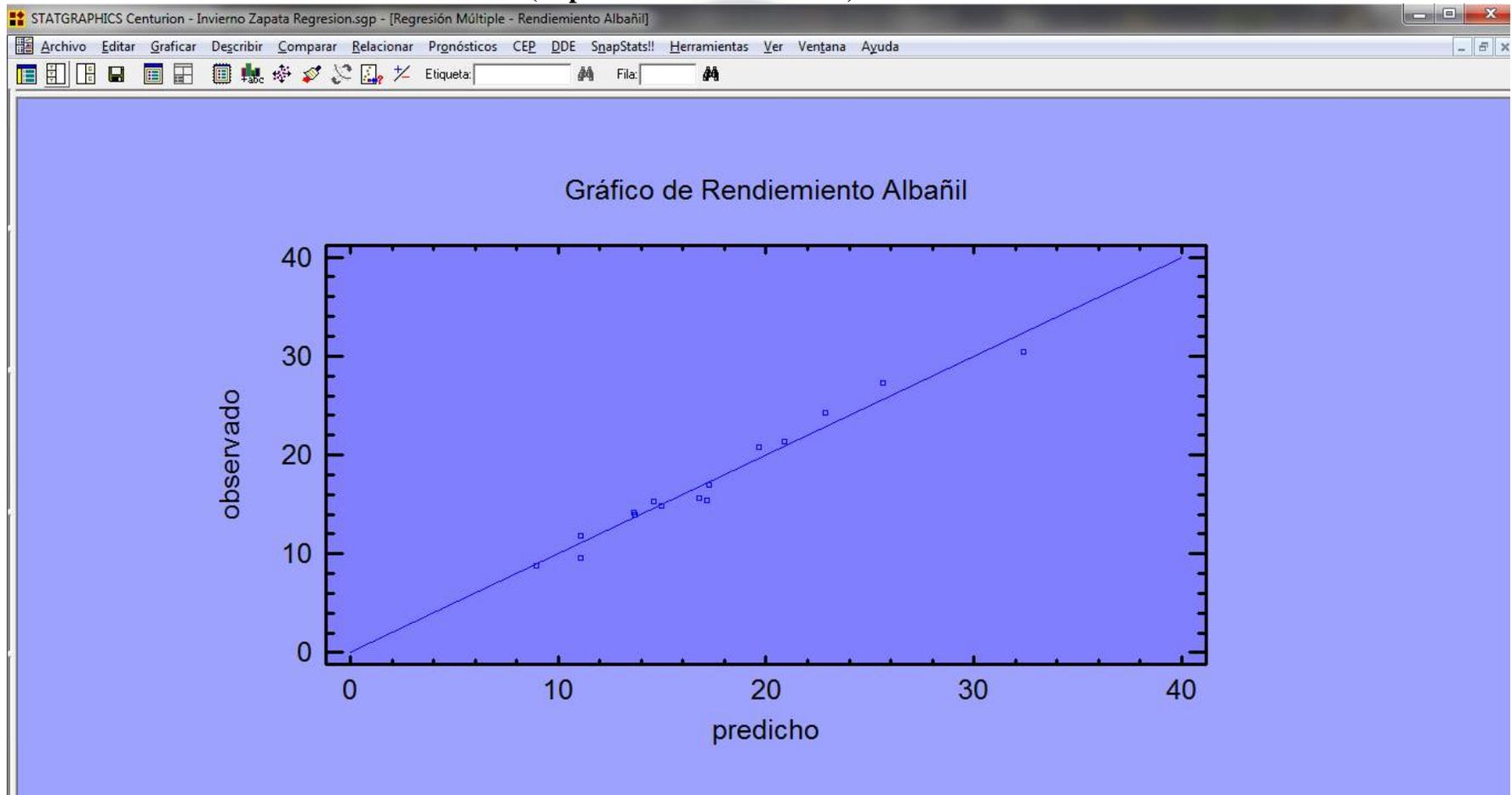
$$\text{Rendimiento Albañil} = 303,649 - 1,23894 * \text{Promedio Actividad} - 0,756682 * \text{Promedio Clima} - 0,582007 * \text{Promedio Equipamiento} - 0,720721 * \text{Promedio Supervicion} - 0,979418 * \text{Promedio Trabajador}$$

Puesto que el valor-P en la tabla ANOVA es menor que 0,05, existe una relación estadísticamente significativa entre las variables con un nivel de confianza del 95,0%.

Fuente: Elaboración con base en las salidas del Programa Estadístico Statgraphics



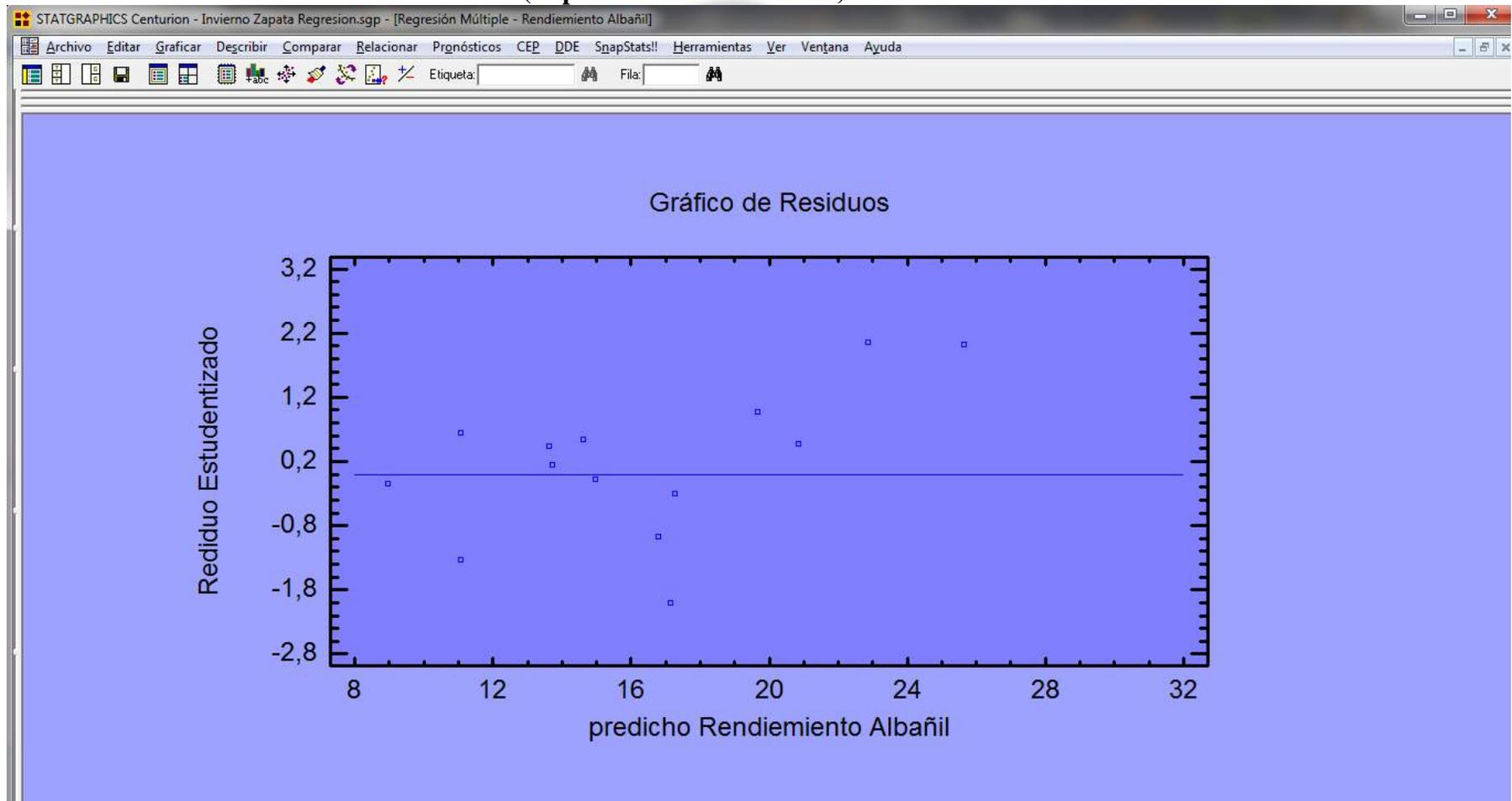
ANEXO Nro. 20 Gráfica de Datos Observados vs. Predichos para el Rendimiento de los Albañiles (Zapatatas de H.A. - Invierno)



Fuente: Elaboración con base en las salidas del Programa Estadístico Statgraphics



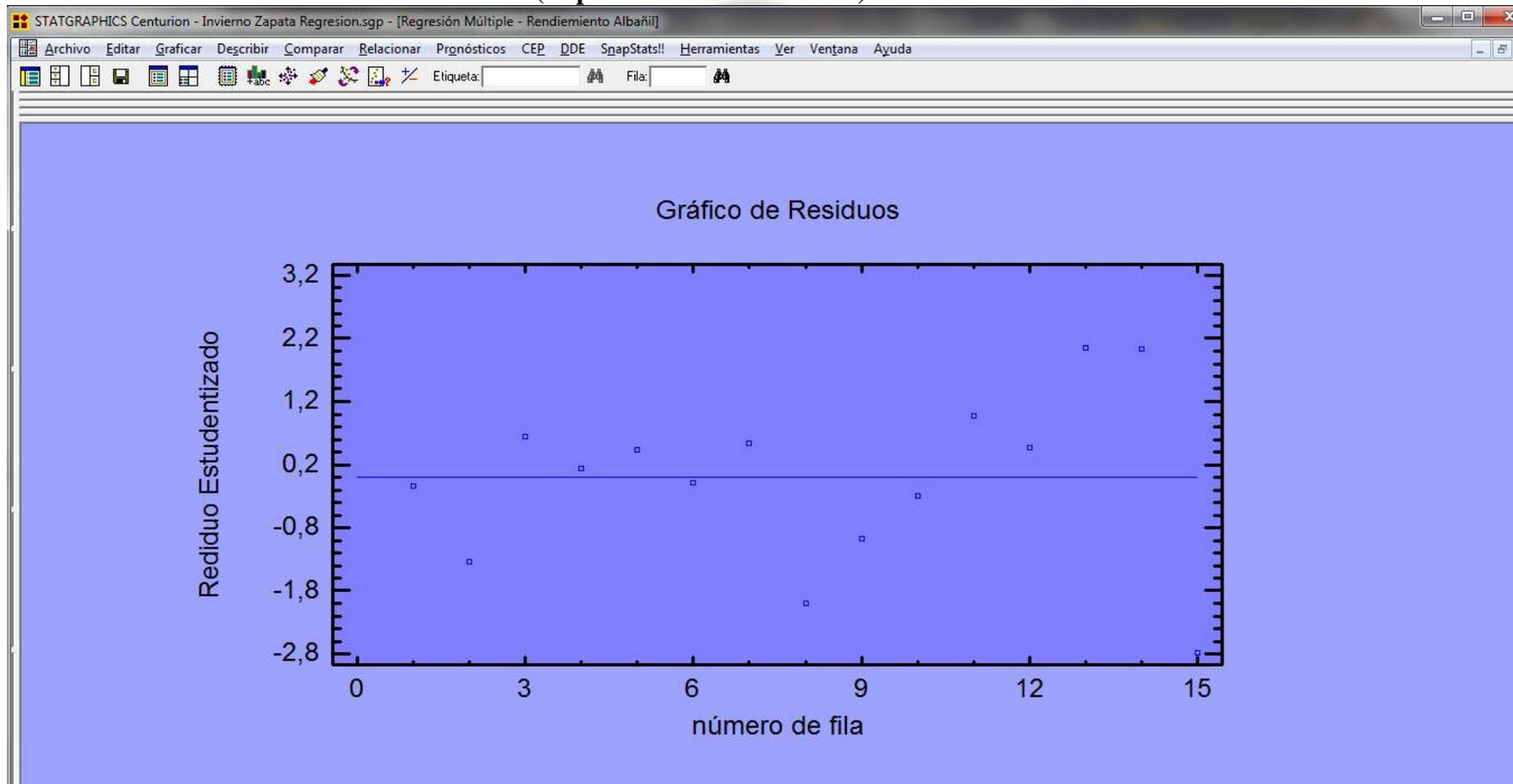
ANEXO Nro. 21 Gráfica de los Residuos vs. Predichos para el Rendimiento de los Albañiles (Zapatatas de H.A. - Invierno)



Fuente: Elaboración con base en las salidas del Programa Estadístico Statgraphics



ANEXO Nro. 22 Gráfica de los Residuos vs. Numero de Fila para el Rendimiento de los Albañiles (Zapatatas de H.A. - Invierno)



Fuente: Elaboración con base en las salidas del Programa Estadístico Statgraphics



ANEXO Nro. 23 Determinación de Probabilidades de la Categoría Actividad (Zapatas, Columnas y Losa)

ACTIVIDAD-VIGAS DE FUNDACION DE H.A.						ACTIVIDAD-COLUMNAS DE H.A.						ACTIVIDAD-LOSA ALIVIANADA H=20cm.					
Factores	Eventos	Cod. Num.	Nro. Obs.	Prob.	Prob. Acum.	Factores	Eventos	Cod. Num.	Nro. Obs.	Prob.	Prob. Acum.	Factores	Eventos	Cod. Num.	Nro. Obs.	Prob.	Prob. Acum.
Grado de Dificultad	Muy Fácil	5	0	0	0	Grado de Dificultad	Muy Fácil	5	0	0	0	Grado de Dificultad	Muy Fácil	5	0	0	0
	Fácil	4	2	0,1	0,1		Fácil	4	4	0,1	0,1		Fácil	4	6	0,15	0,15
	Normal	3	6	0,3	0,4		Normal	3	12	0,3	0,4		Normal	3	14	0,35	0,5
	Difícil	2	10	0,5	0,9		Difícil	2	16	0,4	0,8		Difícil	2	16	0,4	0,9
	Muy Difícil	1	2	0,1	1		Muy Difícil	1	8	0,2	1		Muy Difícil	1	4	0,1	1
TOTAL			20	1		TOTAL			40	1		TOTAL			40	1	
Peligro	Ninguno	5	1	0,05	0,05	Peligro	Ninguno	5	2	0,05	0,05	Peligro	Ninguno	5	2	0,05	0,05
	Normal	4	8	0,4	0,45		Normal	4	6	0,15	0,2		Normal	4	8	0,2	0,25
	Moderado	3	5	0,25	0,7		Moderado	3	8	0,2	0,4		Moderado	3	6	0,15	0,4
	Riesgosa	2	5	0,25	0,95		Riesgosa	2	16	0,4	0,8		Riesgosa	2	16	0,4	0,8
	Peligrosa	1	1	0,05	1		Peligrosa	1	8	0,2	1		Peligrosa	1	8	0,2	1
TOTAL			20	1		TOTAL			40	1		TOTAL			40	1	
Interrupciones	Ninguna	5	2	0,1	0,1	Interrupciones	Ninguna	5	4	0,1	0,1	Interrupciones	Ninguna	5	4	0,1	0,1
	De 0 a 5 min.	4	4	0,2	0,3		De 0 a 5 min.	4	8	0,2	0,3		De 0 a 5 min.	4	12	0,3	0,4
	De 15 a 20 min.	3	5	0,25	0,55		De 15 a 20 min.	3	12	0,3	0,6		De 15 a 20 min.	3	8	0,2	0,6
	De 20 a 60 min.	2	5	0,25	0,8		De 20 a 60 min.	2	10	0,25	0,85		De 20 a 60 min.	2	10	0,25	0,85
	Mayor a 1 hora	1	4	0,2	1		Mayor a 1 hora	1	6	0,15	1		Mayor a 1 hora	1	6	0,15	1
TOTAL			20	1		TOTAL			40	1		TOTAL			40	1	
Orden y Aseo	Aseo Total	5	1	0,05	0,05	Orden y Aseo	Aseo Total	5	2	0,05	0,05	Orden y Aseo	Aseo Total	5	4	0,1	0,1
	Piso Sucio	4	4	0,2	0,25		Piso Sucio	4	8	0,2	0,25		Piso Sucio	4	10	0,25	0,35
	Transitable	3	4	0,2	0,45		Transitable	3	8	0,2	0,45		Transitable	3	12	0,3	0,65
	Algún Escombros	2	4	0,2	0,65		Algún Escombros	2	10	0,25	0,7		Algún Escombros	2	8	0,2	0,85
	Difícil Acceso	1	7	0,35	1		Difícil Acceso	1	12	0,3	1		Difícil Acceso	1	6	0,15	1
TOTAL			20	1		TOTAL			40	1		TOTAL			40	1	
Actividades Predecesoras	Perfecta	5	2	0,1	0,1	Actividades Predecesoras	Perfecta	5	4	0,1	0,1	Actividades Predecesoras	Perfecta	5	2	0,05	0,05
	Aceptable	4	8	0,4	0,5		Aceptable	4	14	0,35	0,45		Aceptable	4	12	0,3	0,35
	Pocas Modificaciones	3	6	0,3	0,8		Pocas Modificaciones	3	14	0,35	0,8		Pocas Modificaciones	3	12	0,3	0,65
	Muchas Modificaciones	2	2	0,1	0,9		Muchas Modificaciones	2	4	0,1	0,9		Muchas Modificaciones	2	10	0,25	0,9
	Repetir	1	2	0,1	1		Repetir	1	4	0,1	1		Repetir	1	4	0,1	1
TOTAL			20	1		TOTAL			40	1		TOTAL			40	1	
Tipicidad	Más de 20 repeticiones	5	4	0,2	0,2	Tipicidad	Más de 20 repeticiones	5	12	0,3	0,3	Tipicidad	Más de 20 repeticiones	5	2	0,05	0,05
	De 15 a 20	4	4	0,2	0,4		De 15 a 20	4	12	0,3	0,6		De 15 a 20	4	2	0,05	0,1
	De 10 a 15	3	4	0,2	0,6		De 10 a 15	3	8	0,2	0,8		De 10 a 15	3	4	0,1	0,2
	De 5 a 10	2	4	0,2	0,8		De 5 a 10	2	4	0,1	0,9		De 5 a 10	2	4	0,1	0,3
	De 1 a 5	1	4	0,2	1		De 1 a 5	1	4	0,1	1		De 1 a 5	1	28	0,7	1
TOTAL			20	1		TOTAL			40	1		TOTAL			40	1	



**ANEXO Nro. 24 Determinación de Probabilidades de la Categoría Equipamiento
(Zapatatas de H.A., Columnas de H.A. y Losa Alivianada H=20 cm.)**

EQUIPAMIENTO-VIGAS DE FUNDACION DE H.A.						EQUIPAMIENTO-COLUMNAS DE H.A.						EQUIPAMIENTO-LOSA ALIVIANADA H=20cm.					
Factores	Eventos	Cod. Num.	Nro. Obs.	Prob.	Prob. Acum.	Factores	Eventos	Cod. Num.	Nro. Obs.	Prob.	Prob. Acum.	Factores	Eventos	Cod. Num.	Nro. Obs.	Prob.	Prob. Acum.
Herramienta	Especial	5	1	0,05	0,05	Herramienta	Especial	5	4	0,1	0,1	Herramienta	Especial	5	8	0,2	0,2
	Adecuada	4	7	0,35	0,4		Adecuada	4	12	0,3	0,4		Adecuada	4	10	0,25	0,45
	Común	3	7	0,35	0,75		Común	3	16	0,4	0,8		Común	3	10	0,25	0,7
	Incomoda	2	4	0,2	0,95		Incomoda	2	6	0,15	0,95		Incomoda	2	8	0,2	0,9
	Inadecuada	1	1	0,05	1		Inadecuada	1	2	0,05	1		Inadecuada	1	4	0,1	1
TOTAL			20	1		TOTAL			40	1		TOTAL			40	1	
Disponibilidad	Repuesto	5	2	0,1	0,1	Disponibilidad	Repuesto	5	2	0,05	0,05	Disponibilidad	Repuesto	5	2	0,05	0,05
	Siempre	4	2	0,1	0,2		Siempre	4	2	0,05	0,1		Siempre	4	2	0,05	0,1
	A tiempo	3	4	0,2	0,4		A tiempo	3	4	0,1	0,2		A tiempo	3	8	0,2	0,3
	Casi Siempre	2	4	0,2	0,6		Casi Siempre	2	6	0,15	0,35		Casi Siempre	2	8	0,2	0,5
	No Disponible	1	8	0,4	1		No Disponible	1	26	0,65	1		No Disponible	1	20	0,5	1
TOTAL			20	1		TOTAL			40	1		TOTAL			40	1	
Confiabilidad	Total	5	3	0,15	0,15	Confiabilidad	Total	5	4	0,1	0,1	Confiabilidad	Total	5	4	0,1	0,1
	Alta	4	3	0,15	0,3		Alta	4	8	0,2	0,3		Alta	4	4	0,1	0,2
	Buena	3	5	0,25	0,55		Buena	3	16	0,4	0,7		Buena	3	12	0,3	0,5
	Baja	2	7	0,35	0,9		Baja	2	8	0,2	0,9		Baja	2	16	0,4	0,9
	Nula	1	2	0,1	1		Nula	1	4	0,1	1		Nula	1	4	0,1	1
TOTAL			20	1		TOTAL			40	1		TOTAL			40	1	
Elementos de Protección	Todos	5	3	0,15	0,15	Elementos de Protección	Todos	5	4	0,1	0,1	Elementos de Protección	Todos	5	4	0,1	0,1
	Casi Todos	4	3	0,15	0,3		Casi Todos	4	4	0,1	0,2		Casi Todos	4	4	0,1	0,2
	Básico	3	8	0,4	0,7		Básico	3	12	0,3	0,5		Básico	3	12	0,3	0,5
	Algunos	2	4	0,2	0,9		Algunos	2	12	0,3	0,8		Algunos	2	12	0,3	0,8
	Ninguno	1	2	0,1	1		Ninguno	1	8	0,2	1		Ninguno	1	8	0,2	1
TOTAL			20	1		TOTAL			40	1		TOTAL			40	1	

Fuente: Elaboración con base en los datos registrados de las actividades que realiza la empresa



**ANEXO Nro. 25 Determinación de Probabilidades de la Categoría Supervisión
(Zapatatas de H.A., Columnas de H.A. y Losa Alivianada H=20 cm.)**

SUPERVICION-VIGAS DE FUNDACION DE H.A.						SUPERVICION-COLUMNAS DE H.A.						SUPERVICION-LOSA ALIVIANADA H=20cm.					
Factores	Eventos	Cod. Num.	Nro. Obs.	Prob.	Prob. Acum.	Factores	Eventos	Cod. Num.	Nro. Obs.	Prob.	Prob. Acum.	Factores	Eventos	Cod. Num.	Nro. Obs.	Prob.	Prob. Acum.
Instrucción	Documentada	5	2	0,1	0,1	Instrucción	Documentada	5	12	0,3	0,3	Instrucción	Documentada	5	14	0,35	0,35
	Verbales Previos	4	4	0,2	0,3		Verbales Previos	4	12	0,3	0,6		Verbales Previos	4	12	0,3	0,65
	Necesaria	3	6	0,3	0,6		Necesaria	3	6	0,15	0,75		Necesaria	3	8	0,2	0,85
	Ocasional	2	4	0,2	0,8		Ocasional	2	6	0,15	0,9		Ocasional	2	4	0,1	0,95
	Ninguna	1	4	0,2	1		Ninguna	1	4	0,1	1		Ninguna	1	2	0,05	1
	TOTAL			20	1		TOTAL			40	1		TOTAL			40	1
Seguimiento	Total	5	1	0,05	0,05	Seguimiento	Total	5	8	0,2	0,2	Seguimiento	Total	5	8	0,2	0,2
	Parcial	4	3	0,15	0,2		Parcial	4	16	0,4	0,6		Parcial	4	12	0,3	0,5
	Esporádico	3	6	0,3	0,5		Esporádico	3	8	0,2	0,8		Esporádico	3	12	0,3	0,8
	Eventual	2	6	0,3	0,8		Eventual	2	6	0,15	0,95		Eventual	2	6	0,15	0,95
	Ninguna	1	4	0,2	1		Ninguna	1	2	0,05	1		Ninguna	1	2	0,05	1
	TOTAL			20	1		TOTAL			40	1		TOTAL			40	1
Supervisor	Muy Competente	5	2	0,1	0,1	Supervisor	Muy Competente	5	4	0,1	0,1	Supervisor	Muy Competente	5	4	0,1	0,1
	Competente	4	3	0,15	0,25		Competente	4	6	0,15	0,25		Competente	4	6	0,15	0,25
	Bueno	3	8	0,4	0,65		Bueno	3	16	0,4	0,65		Bueno	3	16	0,4	0,65
	Regular	2	5	0,25	0,9		Regular	2	10	0,25	0,9		Regular	2	10	0,25	0,9
	Malo	1	2	0,1	1		Malo	1	4	0,1	1		Malo	1	4	0,1	1
	TOTAL			20	1		TOTAL			40	1		TOTAL			40	1

Fuente: Elaboración con base en los datos registrados de las actividades que realiza la empresa

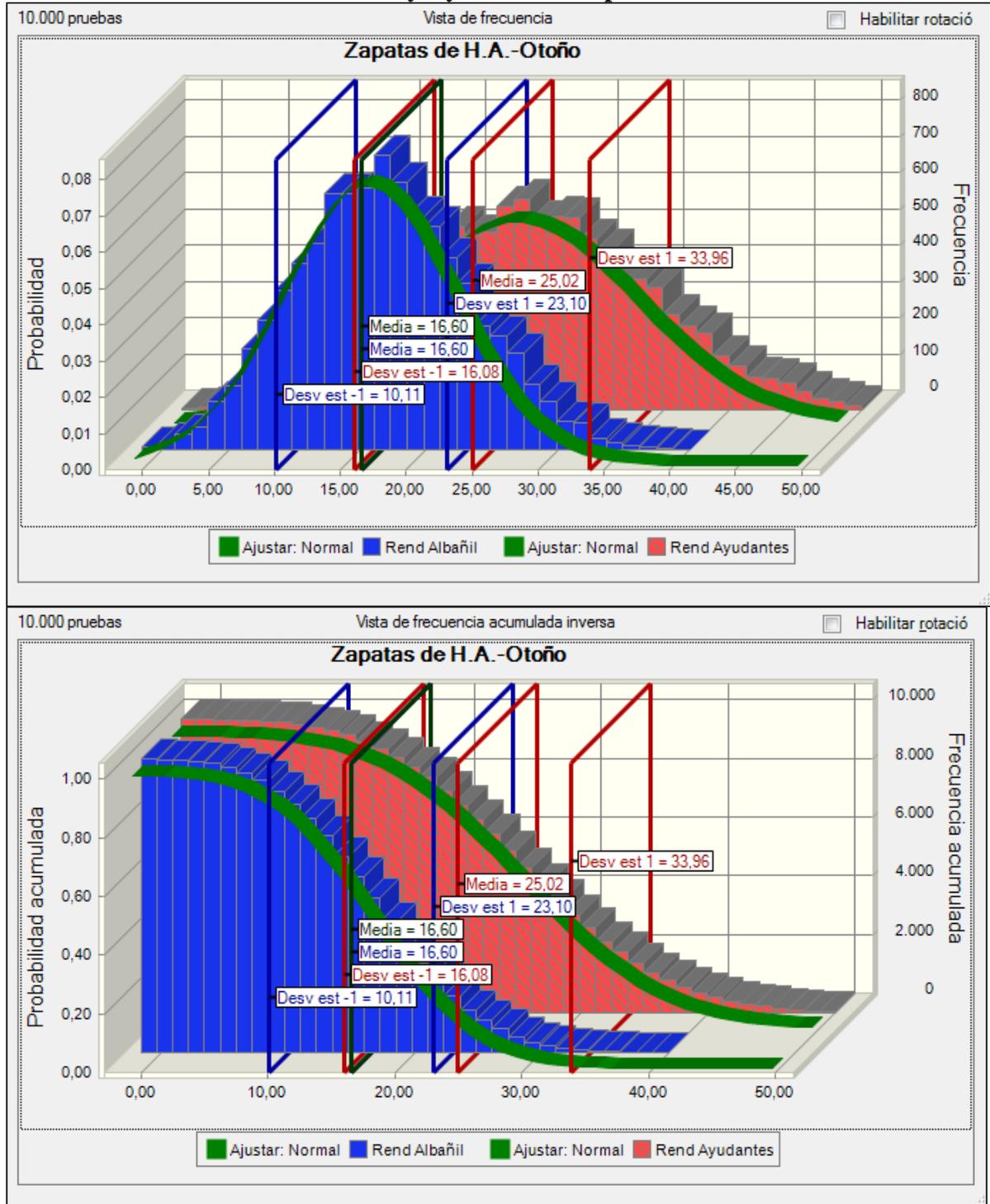


**ANEXO Nro. 26 Determinación de Probabilidades de la Categoría Trabajador
(Zapatatas de H.A., Columnas de H.A. y Losa Alivianada H=20 cm.)**

TRABAJADOR-VIGAS DE FUNDACION DE H.A.						TRABAJADOR-COLUMNAS DE H.A.						TRABAJADOR-LOSA ALIVIANADA H=20cm.					
Factores	Eventos	Cod. Num.	Nro. Obs.	Prob.	Prob. Acum.	Factores	Eventos	Cod. Num.	Nro. Obs.	Prob.	Prob. Acum.	Factores	Eventos	Cod. Num.	Nro. Obs.	Prob.	Prob. Acum.
Cansancio	Veloz	5	3	0,15	0,15	Cansancio	Veloz	5	6	0,15	0,15	Cansancio	Veloz	5	4	0,1	0,1
	Rápido	4	4	0,2	0,35		Rápido	4	8	0,2	0,35		Rápido	4	8	0,2	0,3
	Normal	3	7	0,35	0,7		Normal	3	16	0,4	0,75		Normal	3	18	0,45	0,75
	Lento	2	4	0,2	0,9		Lento	2	6	0,15	0,9		Lento	2	8	0,2	0,95
	Agotado	1	2	0,1	1		Agotado	1	4	0,1	1		Agotado	1	2	0,05	1
	TOTAL		20	1			TOTAL		40	1			TOTAL		40	1	
Habilidad	Experto	5	2	0,1	0,1	Habilidad	Experto	5	6	0,15	0,15	Habilidad	Experto	5	4	0,1	0,1
	Hábil	4	7	0,35	0,45		Hábil	4	16	0,4	0,55		Hábil	4	8	0,2	0,3
	Normal	3	7	0,35	0,8		Normal	3	12	0,3	0,85		Normal	3	16	0,4	0,7
	Torpe	2	2	0,1	0,9		Torpe	2	2	0,05	0,9		Torpe	2	4	0,1	0,8
	Lerdo	1	2	0,1	1		Lerdo	1	4	0,1	1		Lerdo	1	8	0,2	1
	TOTAL		20	1			TOTAL		40	1			TOTAL		40	1	
Conocimiento	Superiores	5	1	0,05	0,05	Conocimiento	Superiores	5	2	0,05	0,05	Conocimiento	Superiores	5	2	0,05	0,05
	Buenos	4	4	0,2	0,25		Buenos	4	8	0,2	0,25		Buenos	4	12	0,3	0,35
	Normales	3	11	0,55	0,8		Normales	3	22	0,55	0,8		Normales	3	18	0,45	0,8
	Escasos	2	3	0,15	0,95		Escasos	2	6	0,15	0,95		Escasos	2	6	0,15	0,95
	Ignorante	1	1	0,05	1		Ignorante	1	2	0,05	1		Ignorante	1	2	0,05	1
	TOTAL		20	1			TOTAL		40	1			TOTAL		40	1	
Capacitación	Certificado	5	1	0,05	0,05	Capacitación	Certificado	5	2	0,05	0,05	Capacitación	Certificado	5	2	0,05	0,05
	Expertos	4	6	0,3	0,35		Expertos	4	10	0,25	0,3		Expertos	4	10	0,25	0,3
	Normal	3	6	0,3	0,65		Normal	3	16	0,4	0,7		Normal	3	12	0,3	0,6
	Aprendiz	2	4	0,2	0,85		Aprendiz	2	8	0,2	0,9		Aprendiz	2	8	0,2	0,8
	Ninguna	1	3	0,15	1		Ninguna	1	4	0,1	1		Ninguna	1	8	0,2	1
	TOTAL		20	1			TOTAL		40	1			TOTAL		40	1	

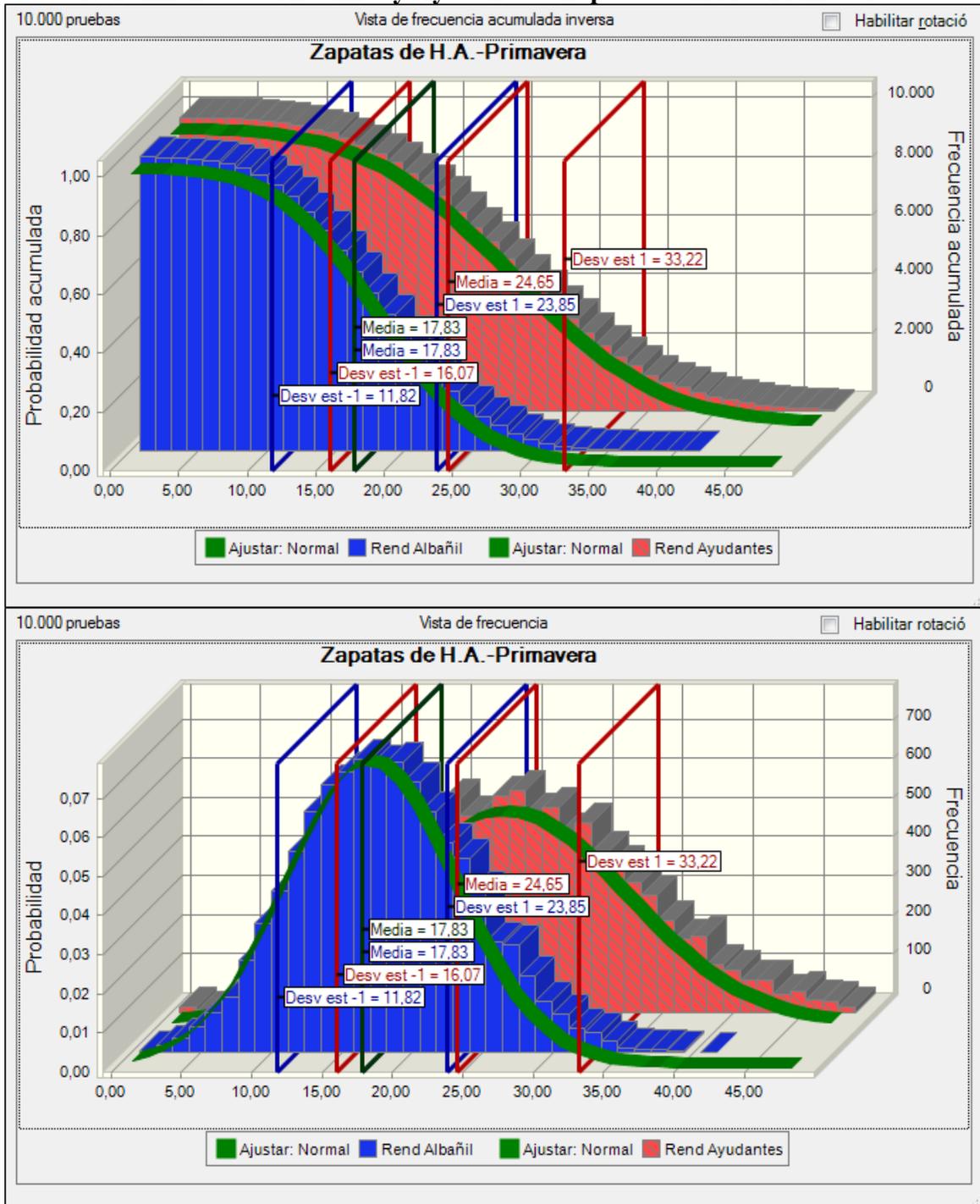
Fuente: Elaboración con base en los datos registrados de las actividades que realiza la empresa

ANEXO Nro. 27 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes – Zapatas de H.A. - Otoño



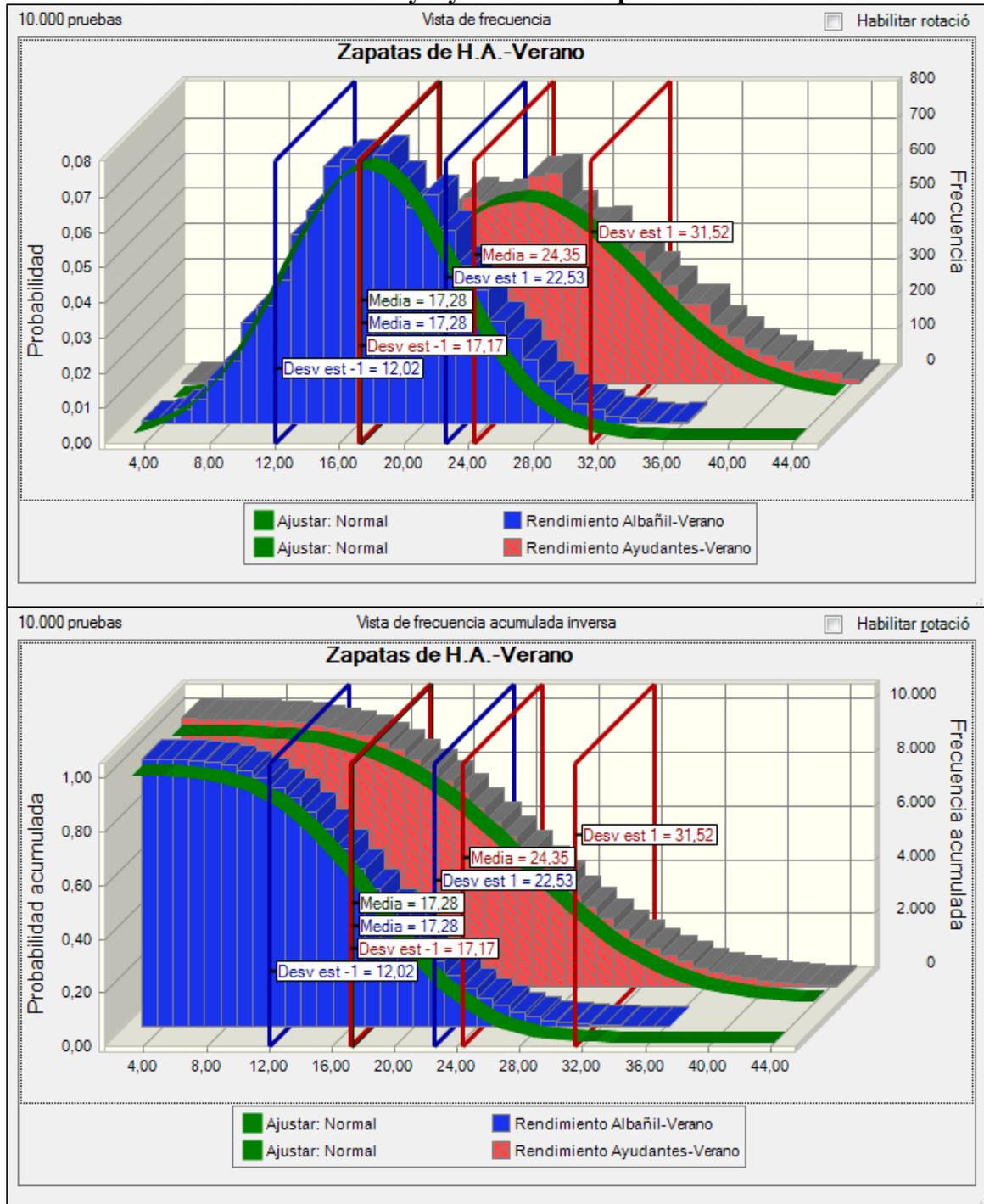
Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación

ANEXO Nro. 28 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes - Zapatas de H.A. - Primavera



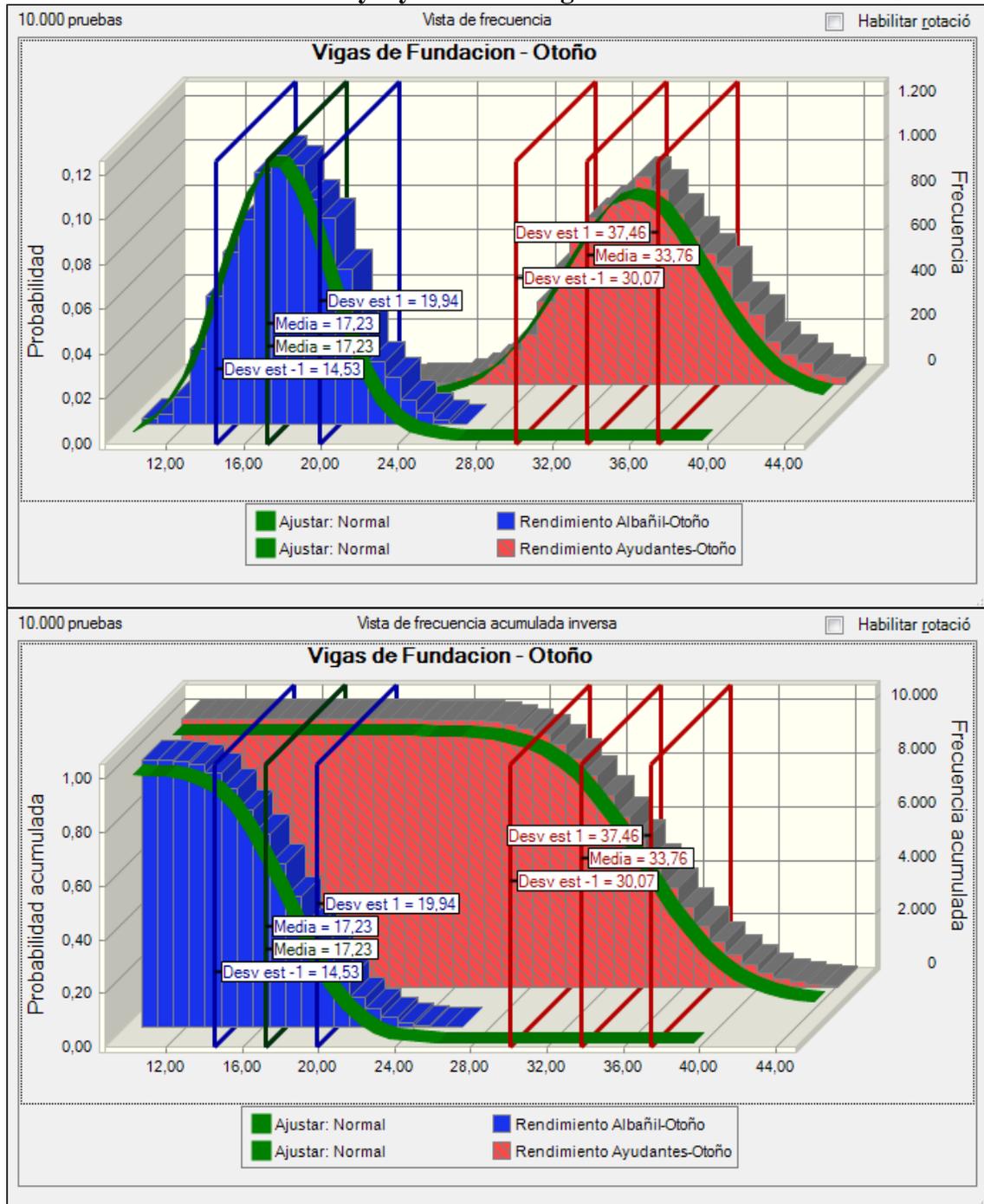
Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación

ANEXO Nro. 29 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes – Zapatas de H.A. - Verano



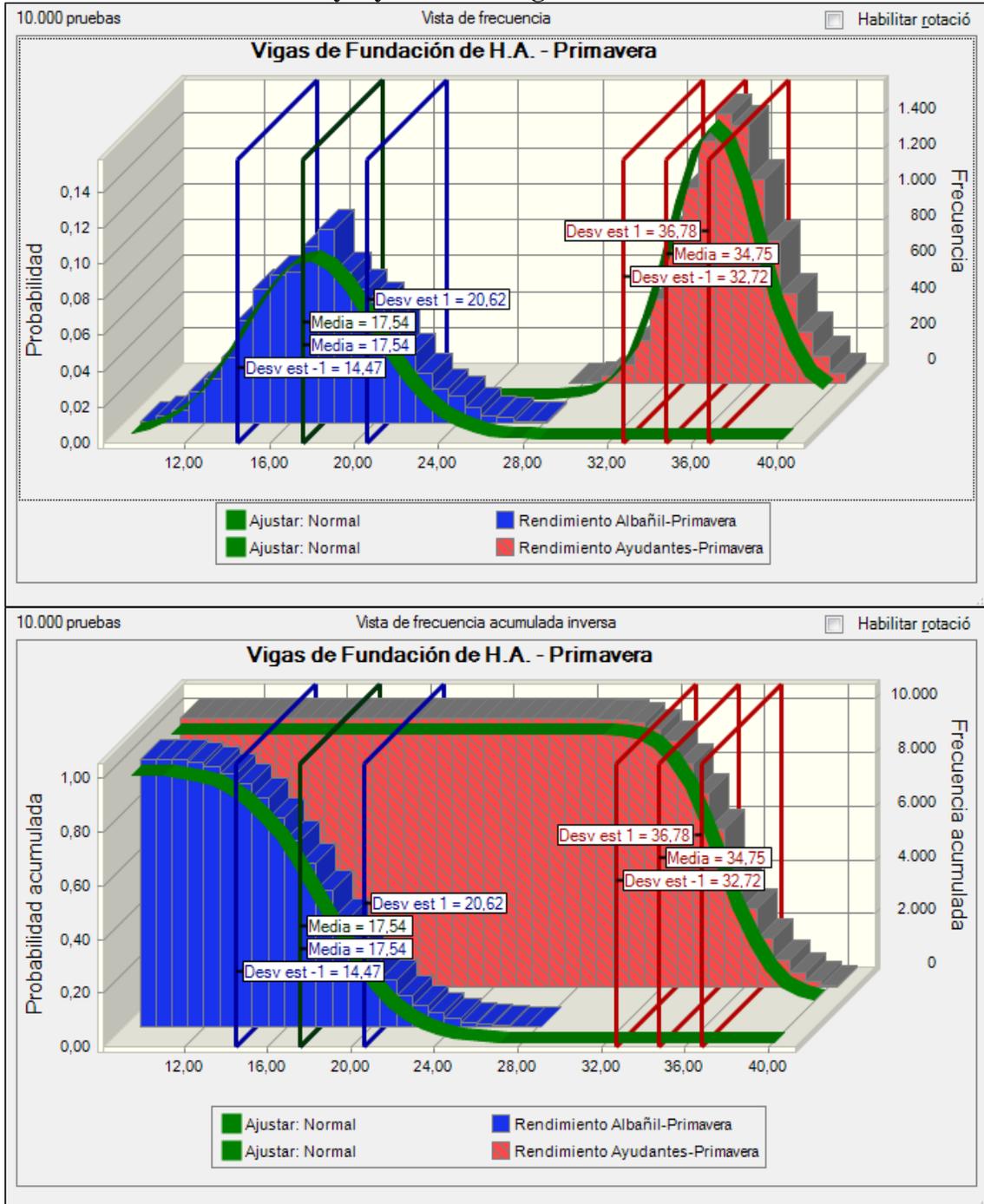
Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación

ANEXO Nro. 30 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes – Vigas de Fundación de H.A. - Otoño



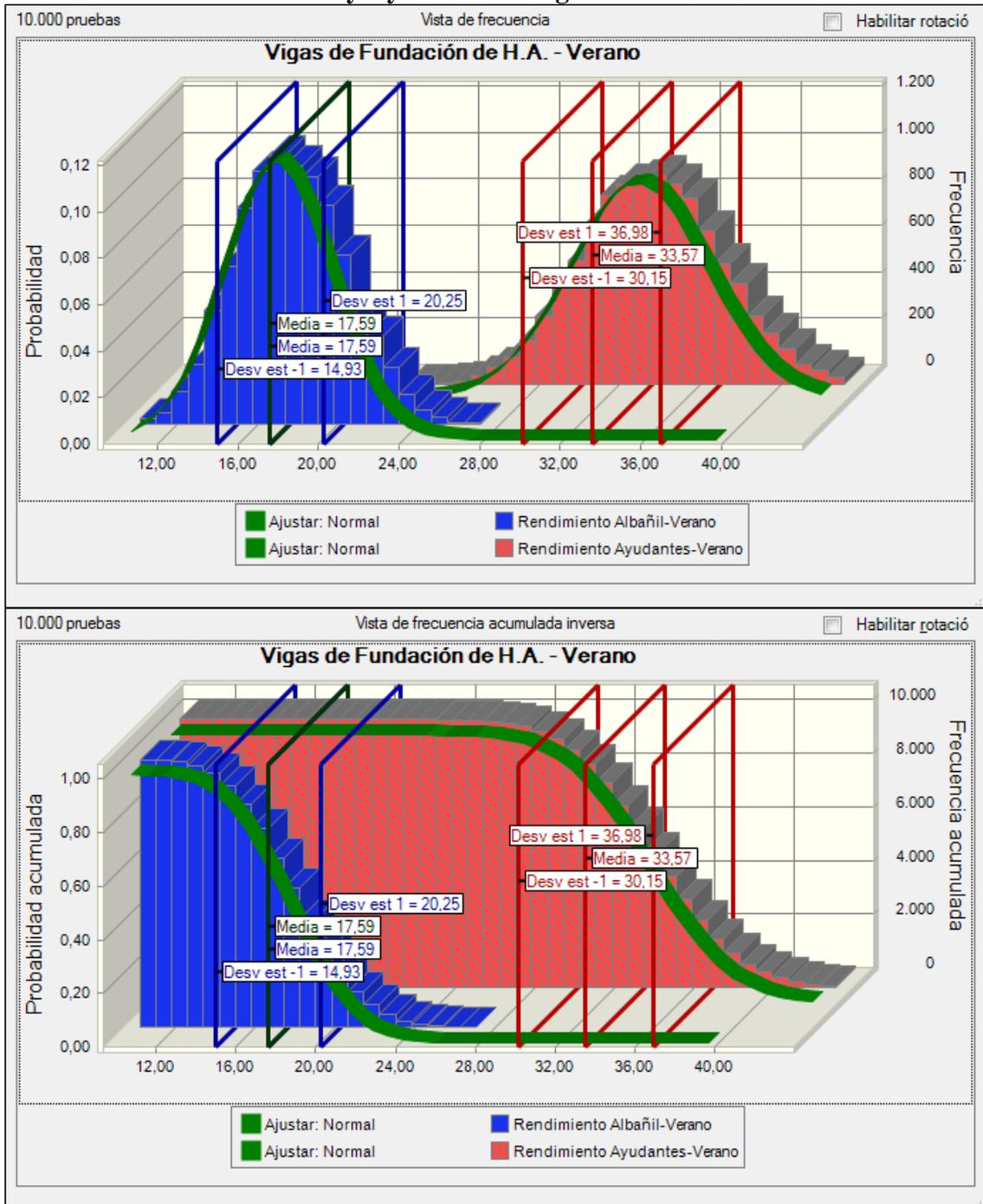
Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación

ANEXO Nro. 31 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes - Vigas de Fundación de H.A. - Primavera



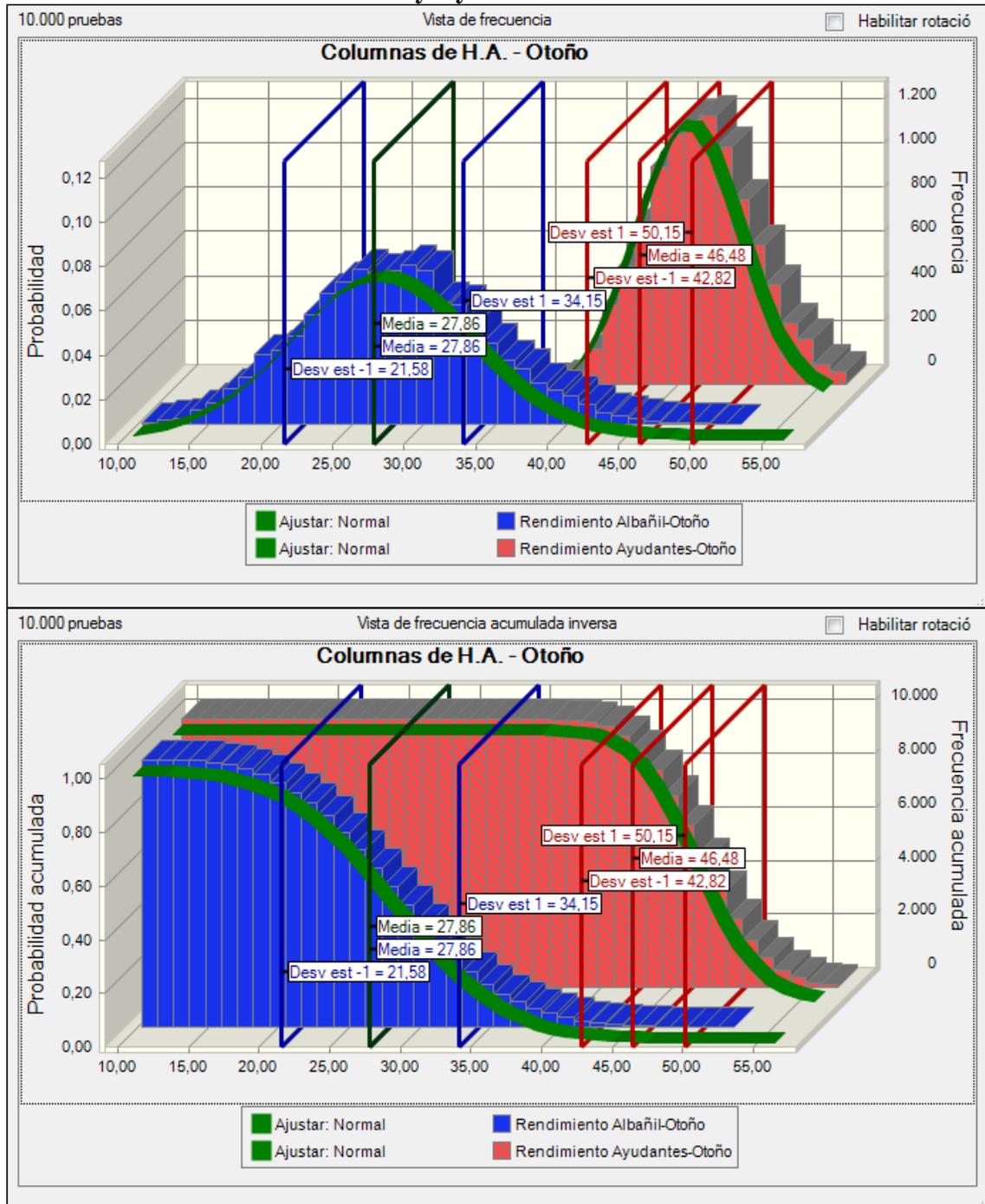
Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación

ANEXO Nro. 32 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes – Vigas de Fundación de H.A. - Verano



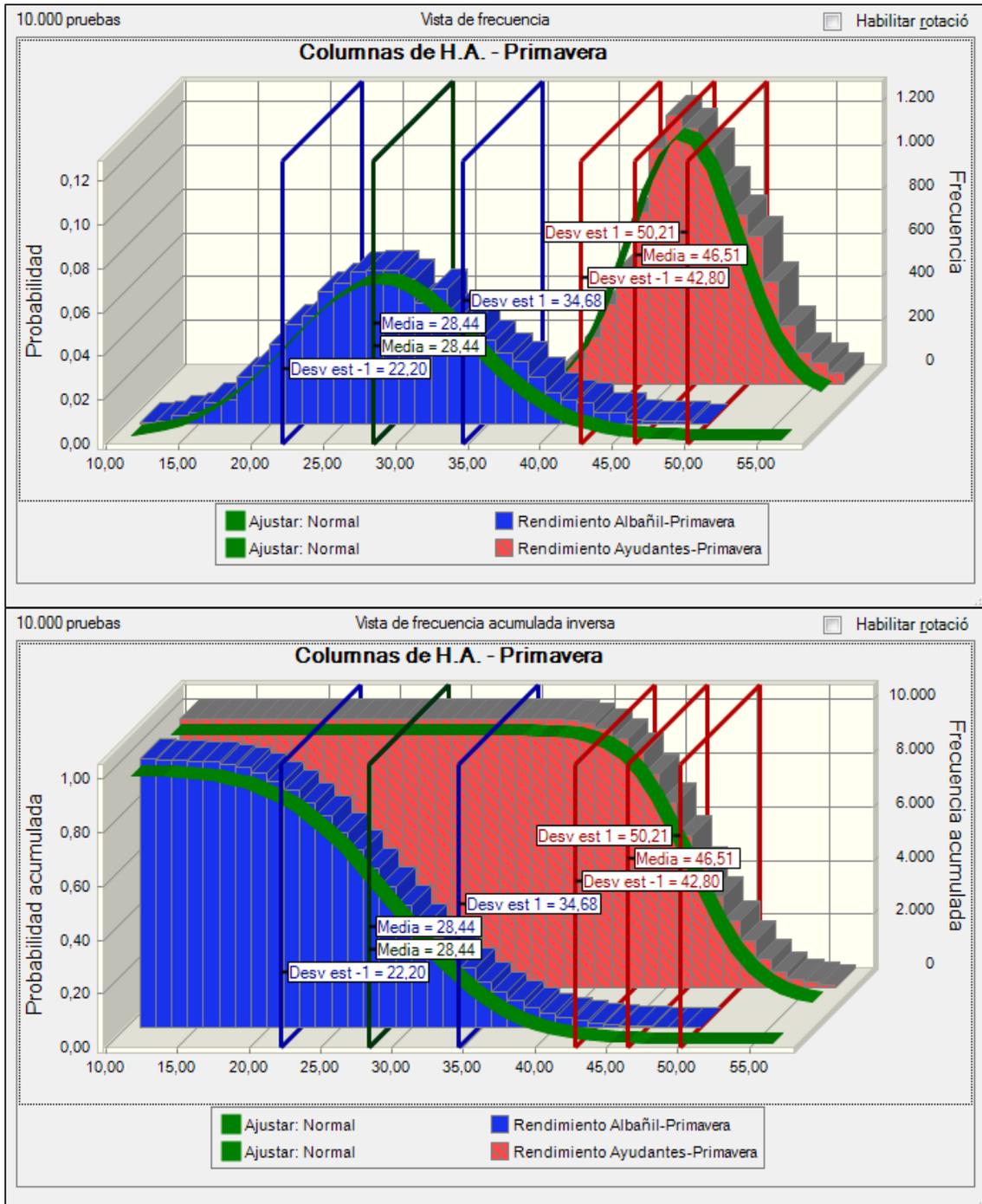
Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación

ANEXO Nro. 33 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes – Columnas de H.A. - Otoño



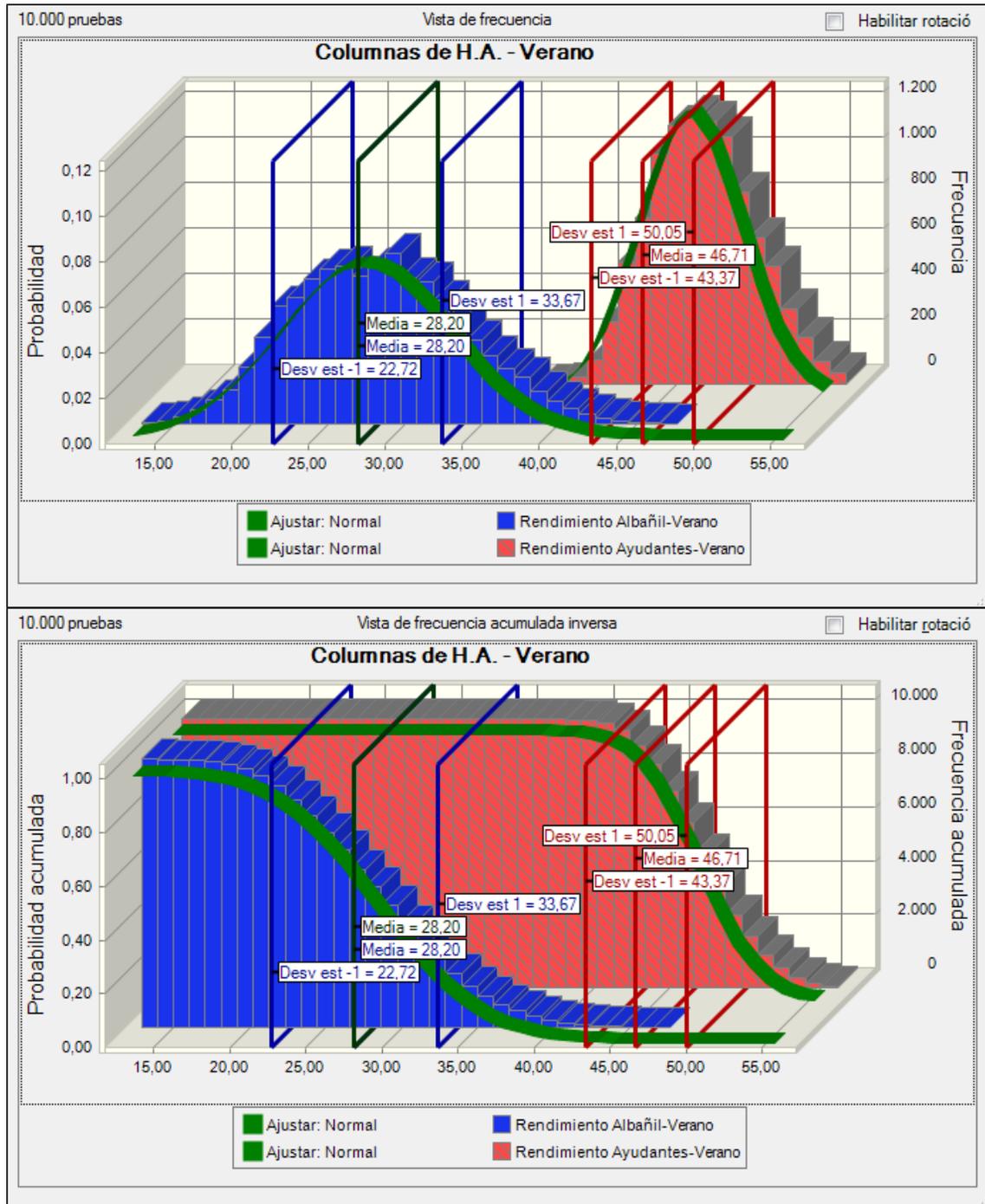
Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación

ANEXO Nro. 34 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes - Columnas de H.A. - Primavera



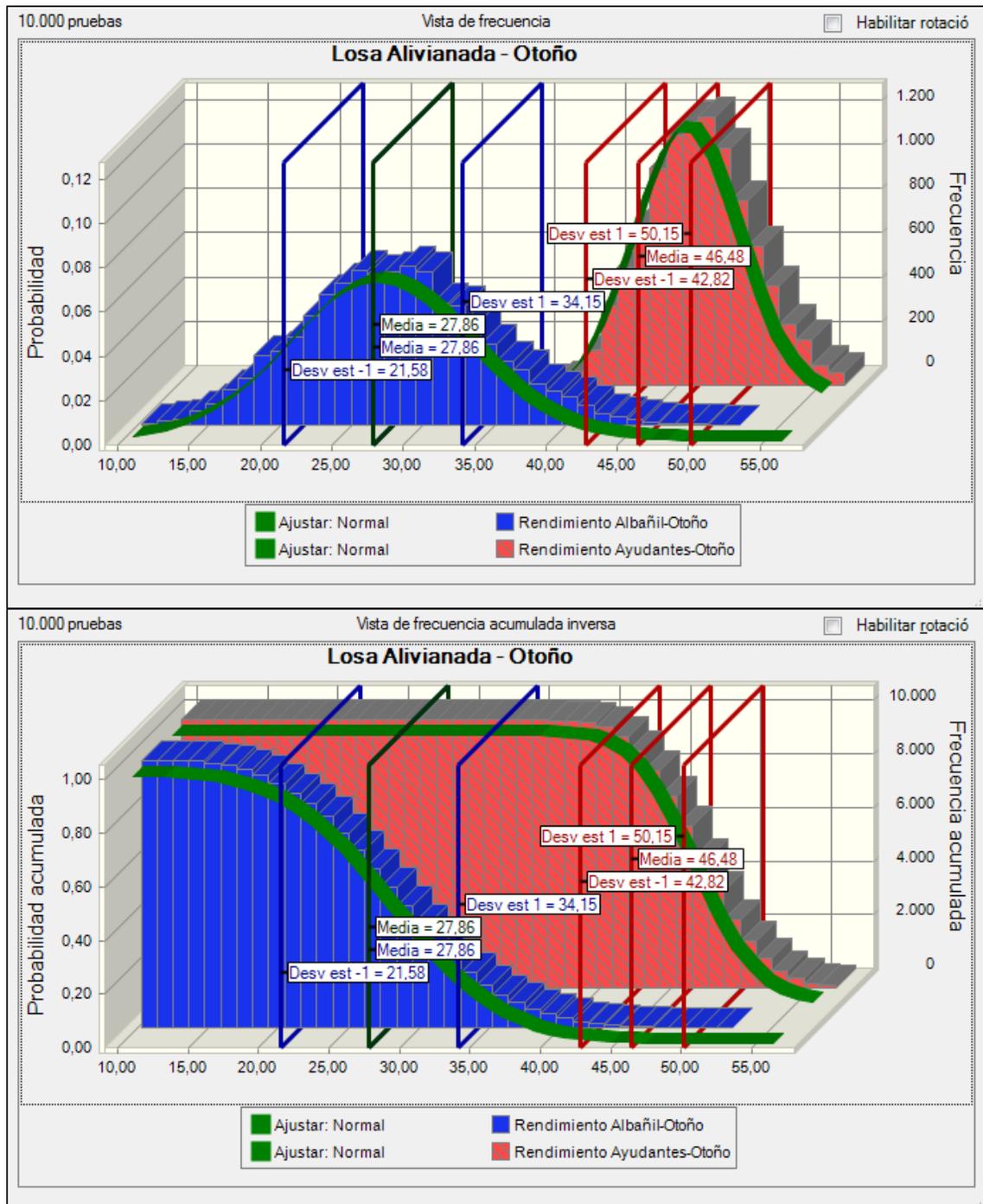
Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación

ANEXO Nro. 35 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes – Columnas de H.A. - Verano



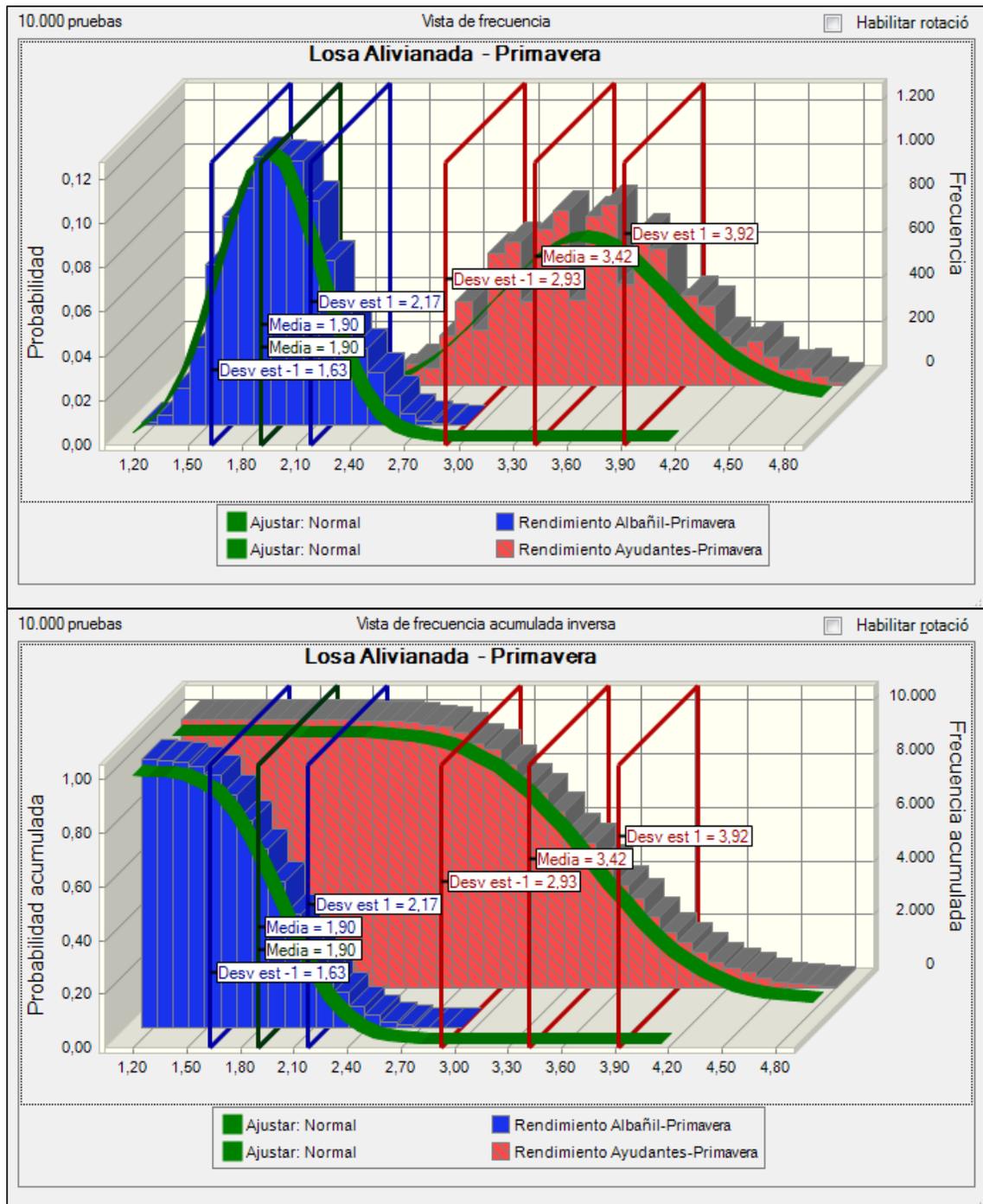
Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación

ANEXO Nro. 36 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes – Losa Alivianada - Otoño



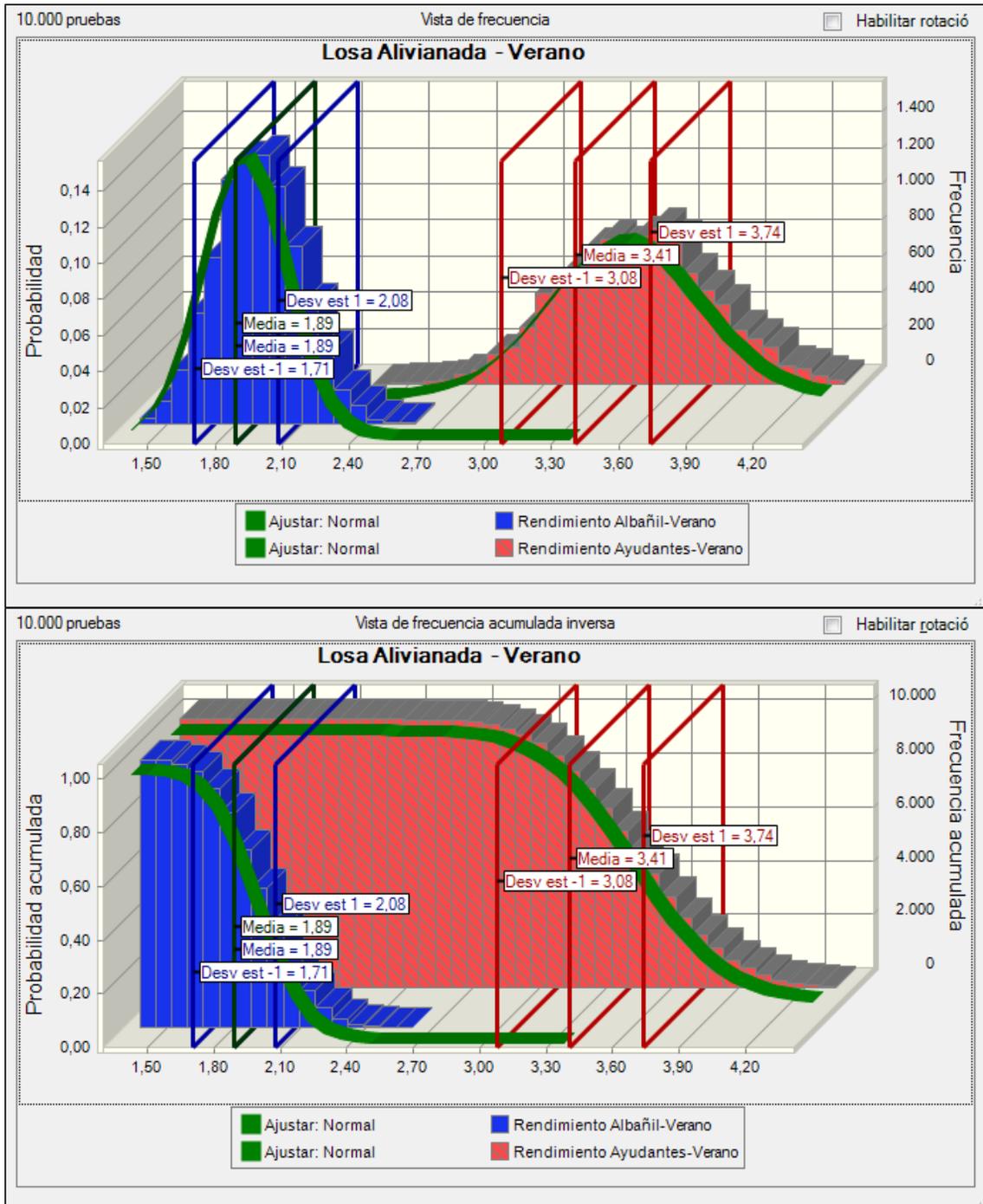
Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación

ANEXO Nro. 37 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes - Losa Alivianada - Primavera



Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación

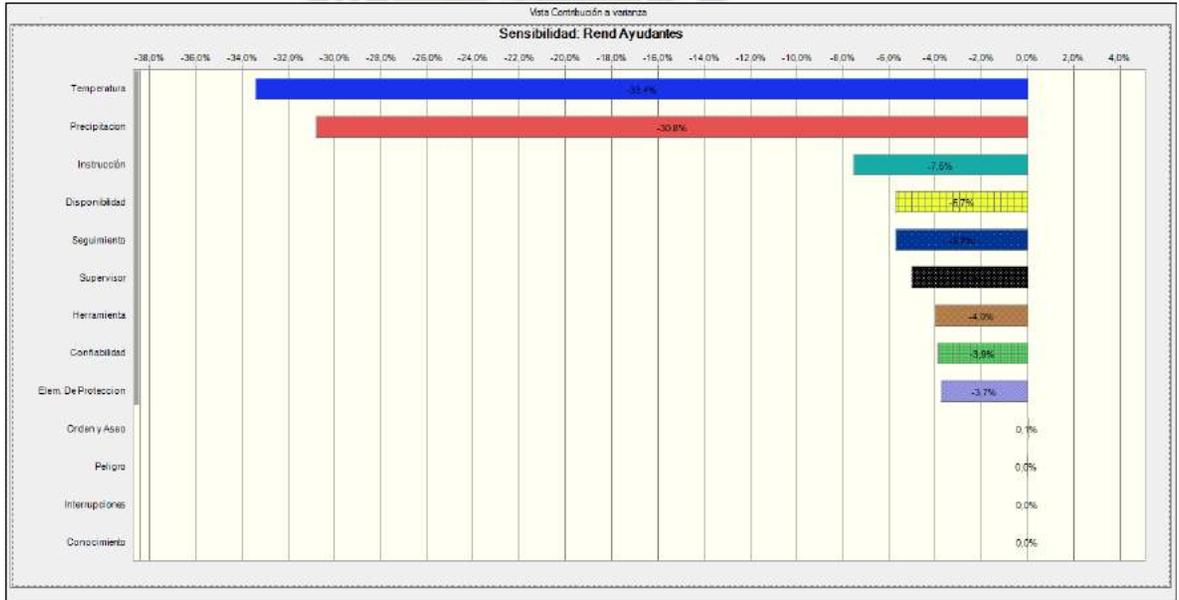
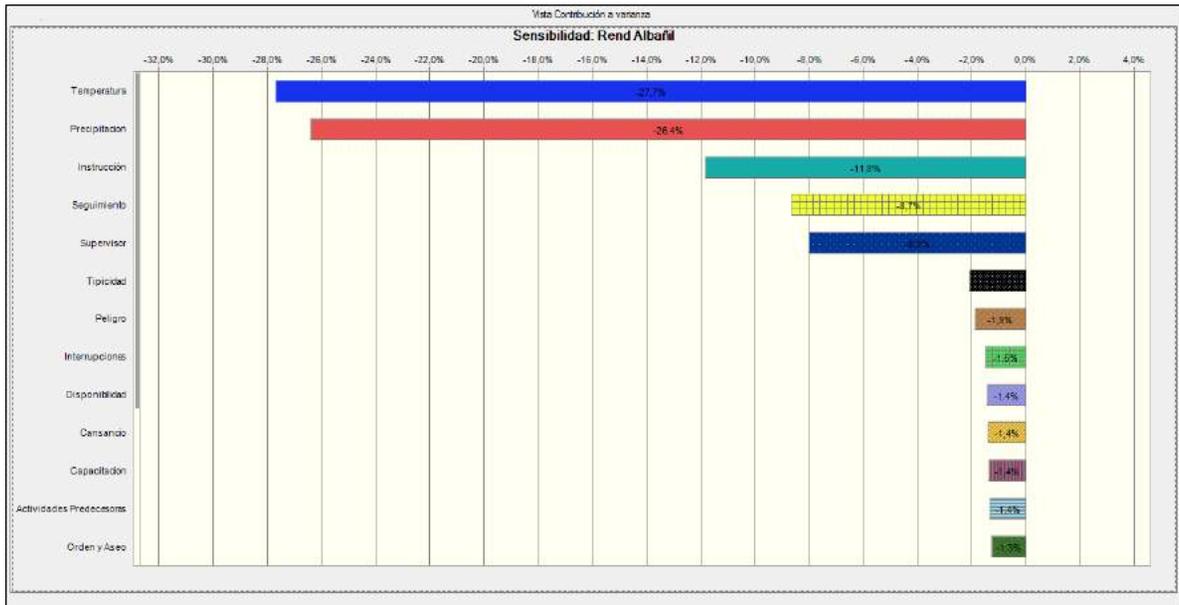
ANEXO Nro. 38 Grafica de Superposición de las Frecuencias de los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes – Losa Alivianada - Verano



Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación

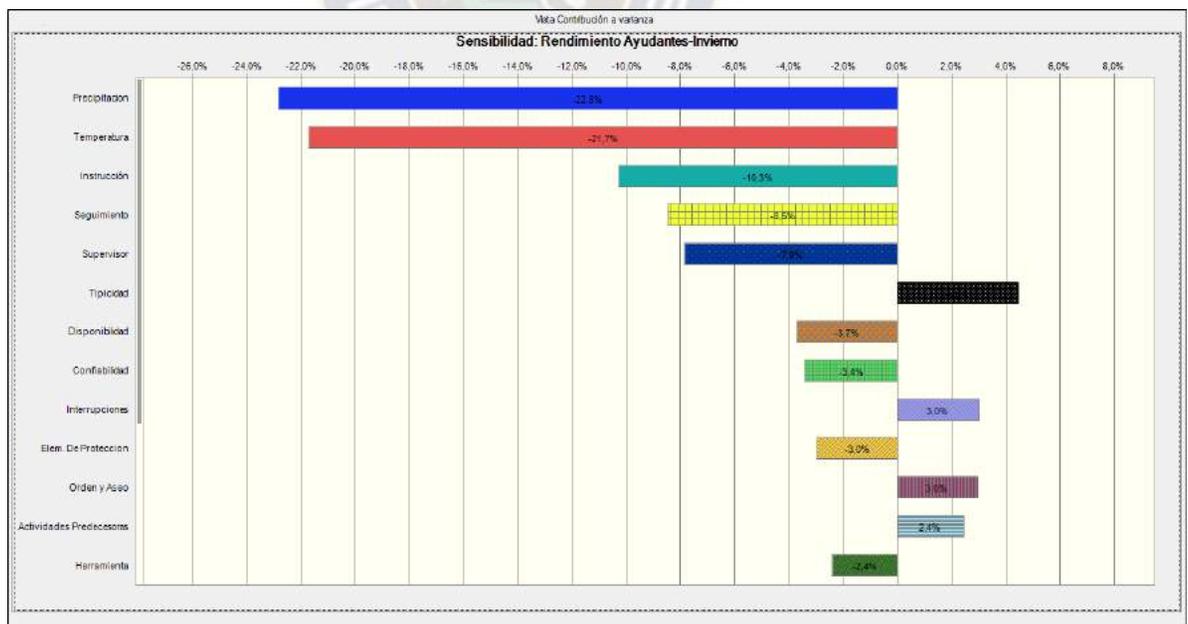
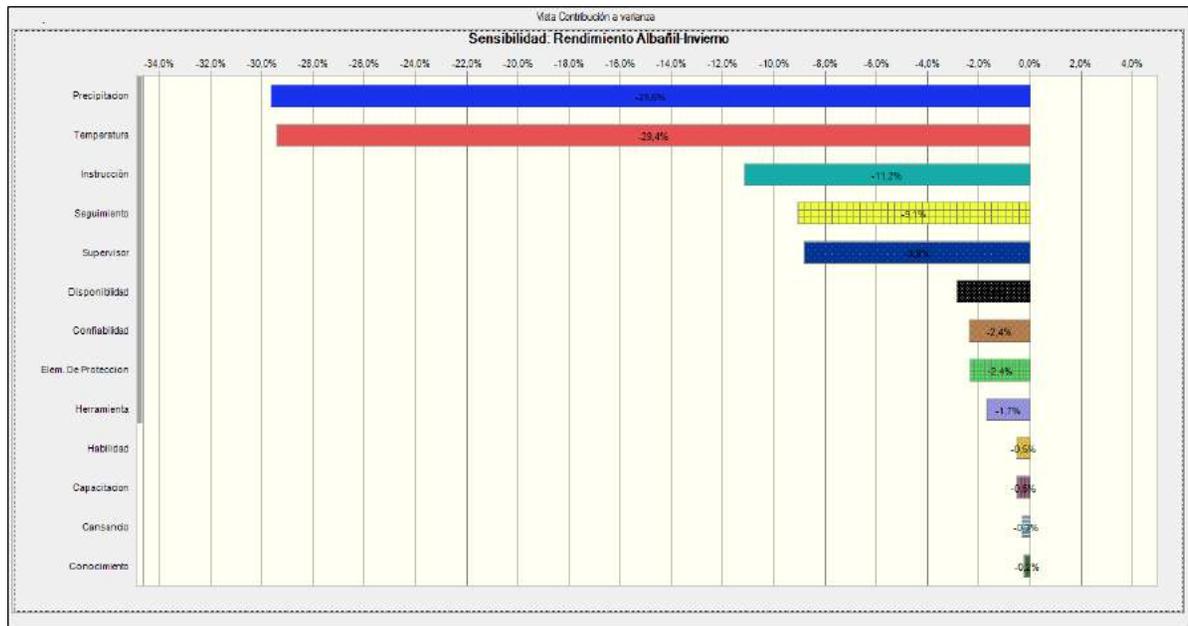


ANEXO Nro. 39 Análisis de la Sensibilidad de los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes – Zapatas de H.A.- Invierno



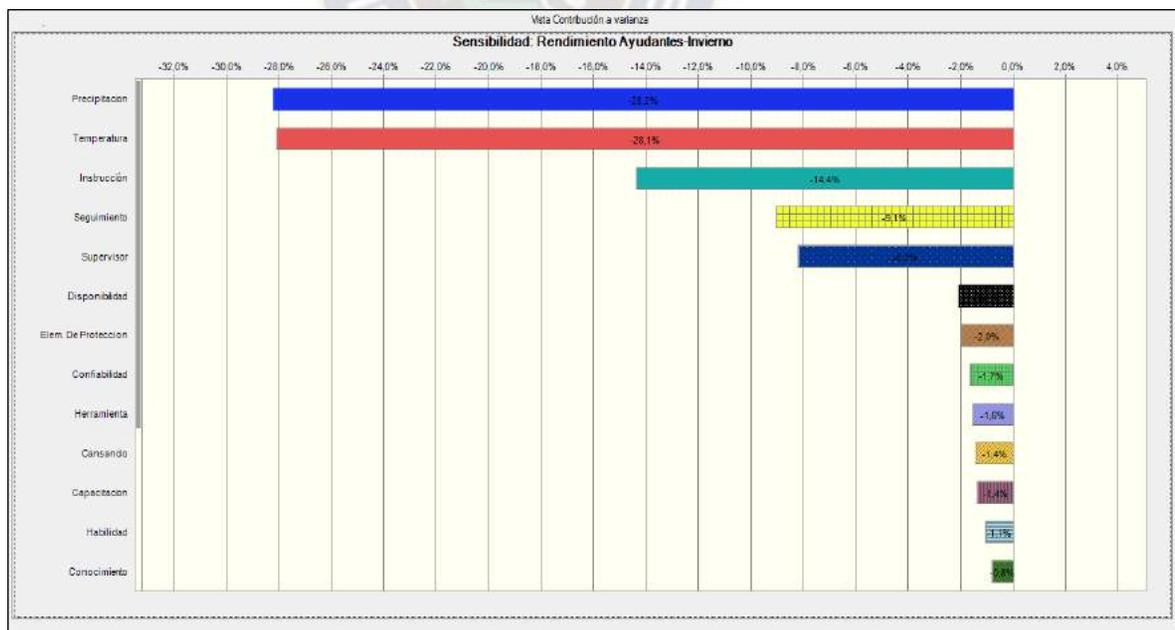
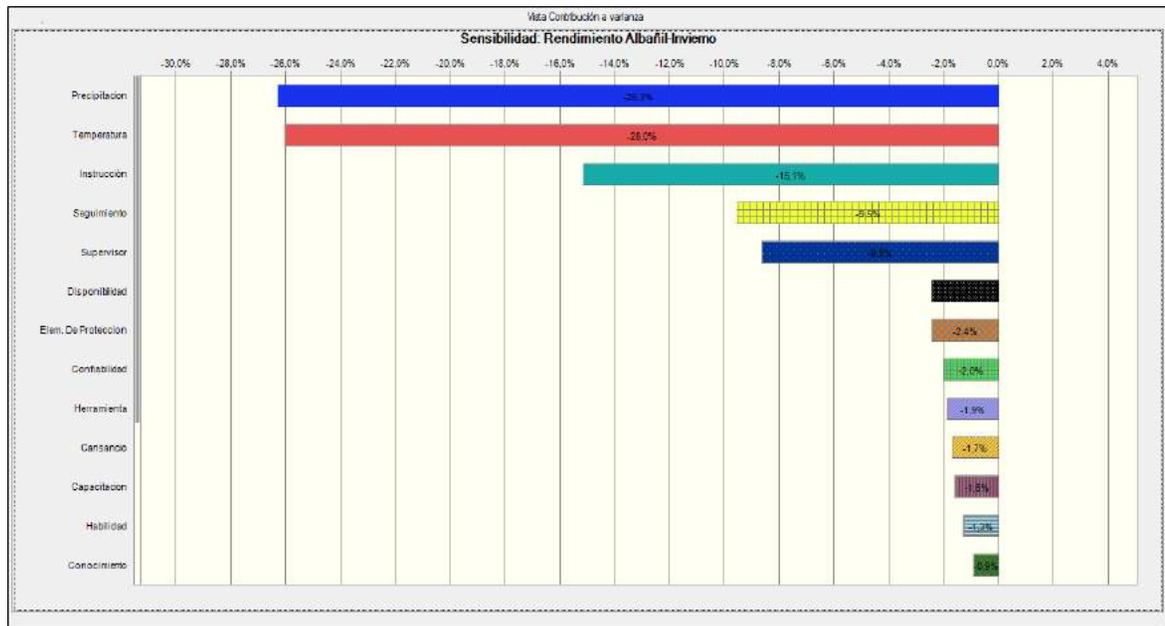
Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación

ANEXO Nro. 40 Análisis de la Sensibilidad de los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes – Vigas de Fundación de H.A.- Invierno



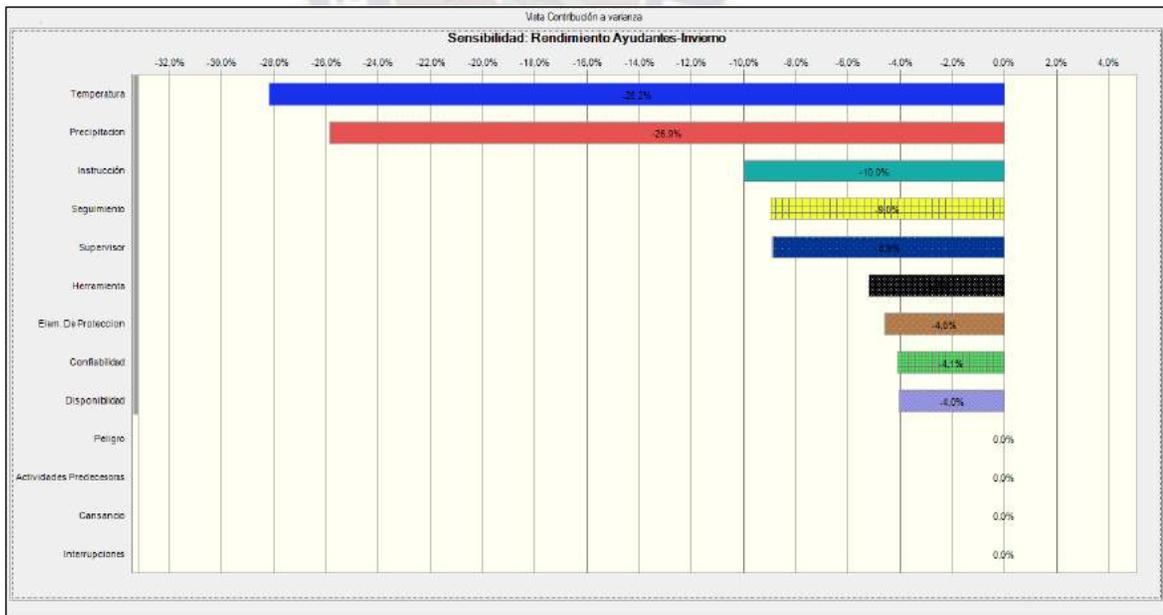
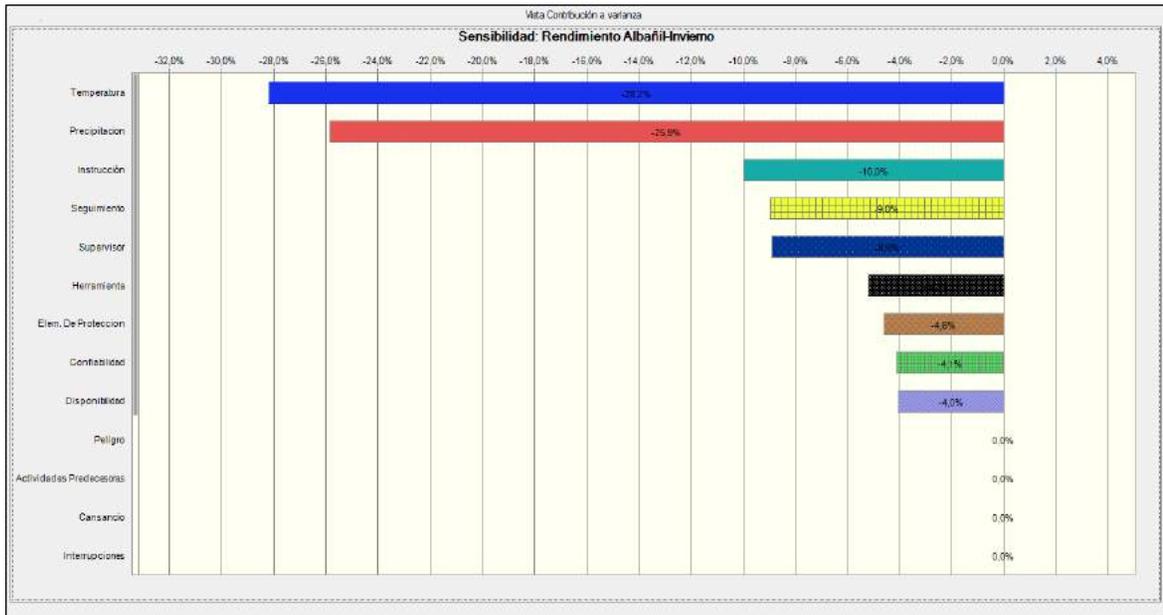
Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación

ANEXO Nro. 41 Análisis de la Sensibilidad de los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes – Columnas de H.A.- Invierno



Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación

ANEXO Nro. 42 Análisis de la Sensibilidad de los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes – Losa Alivianada - Invierno



Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación

**ANEXO Nro. 43 Estadísticas de los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes
Zapatas de H.A.**

Superposición: Comparación de los Rendimientos de Albañiles				
Estadística	Rendimiento Albañil- Invierno	Rendimiento Albañil- Otoño	Rendimiento Albañil- Primavera	Rendimiento Albañil- Verano
Pruebas	10.000	10.000	10.000	10.000
Caso base	26,89	10,13	8,7	24,53
Media	16,6	18,14	17,83	17,28
Mediana	16,45	17,85	17,63	17,08
Modo	19,41	17,65	13,05	17,84
Desviación estándar	6,49	7,72	6,02	5,26
Varianza	42,15	59,54	36,19	27,64
Sesgo	0,1519	0,1685	0,1758	0,1688
Curtosis	2,76	2,86	2,82	2,79
Coefficiente de variación	0,391	0,4253	0,3373	0,3043
Mínimo	-2,12	-7,28	-1,73	1,17
Máximo	39,09	47,25	41,41	35,94
Error estándar medio	0,06	0,08	0,06	0,05
Superposición: Comparación de los Rendimientos de los Ayudantes				
Estadística	Rendimiento Ayudantes- Invierno	Rendimiento Ayudantes- Otoño	Rendimiento Ayudantes- Primavera	Rendimiento Ayudantes- Verano
Pruebas	10.000	10.000	10.000	10.000
Caso base	38,44	17,55	17,2	36,53
Media	25,02	26,42	24,65	24,35
Mediana	24,73	25,9	24,47	24,19
Modo	23,81	23,64	19,46	19,67
Desviación estándar	8,94	9,32	8,57	7,17
Varianza	79,92	86,79	73,5	51,42
Sesgo	0,1577	0,1973	0,1367	0,1649
Curtosis	2,83	2,78	2,94	2,86
Coefficiente de variación	0,3574	0,3526	0,3479	0,2945
Mínimo	-2,65	-5,72	-2	2,01
Máximo	58,43	56,3	58,2	50,25
Error estándar medio	0,09	0,09	0,09	0,07

Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación

**ANEXO Nro. 44 Estadísticas de los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes
Vigas de Fundación de H.A.**

Superposición: Comparación de Rendimientos Albañiles				
Estadística	Rendimiento Albañil- Invierno	Rendimiento Albañil-Otoño	Rendimiento Albañil-Primavera	Rendimiento Albañil-Verano
Pruebas	10.000	10.000	10.000	10.000
Caso base	11,03	13,87	14,69	13,12
Media	18,44	17,23	17,54	17,59
Mediana	18,31	17,17	17,41	17,52
Modo	18,17	18,75	15,06	18,33
Desviación estándar	4,1	2,7	3,08	2,66
Varianza	16,81	7,31	9,46	7,06
Sesgo	0,1275	0,1637	0,1758	0,1279
Curtosis	2,76	2,71	2,82	2,76
Coefficiente de variación	0,2224	0,1569	0,1754	0,1511
Mínimo	6,29	8,71	8,51	8,82
Máximo	33,75	26,35	28,08	26,53
Error estándar medio	0,04	0,03	0,03	0,03
Superposición: Comparación de Rendimientos Ayudantes				
Estadística	Rendimiento Ayudantes- Invierno	Rendimiento Ayudantes- Otoño	Rendimiento Ayudantes- Primavera	Rendimiento Ayudantes- Verano
Pruebas	10.000	10.000	10.000	10.000
Caso base	24,16	28,64	30,97	28,22
Media	33,16	33,76	34,75	33,57
Mediana	33,09	33,67	34,75	33,51
Modo	30,44	35,53	34,74	33,72
Desviación estándar	4,88	3,69	2,03	3,42
Varianza	23,85	13,65	4,13	11,67
Sesgo	0,0606	0,1325	0,058	0,0868
Curtosis	2,83	2,85	2,9	2,83
Coefficiente de variación	0,1473	0,1094	0,0585	0,1018
Mínimo	15,15	20,92	27,62	21,71
Máximo	52,03	47,32	41,9	45,11
Error estándar medio	0,05	0,04	0,02	0,03

Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación



**ANEXO Nro. 45 Estadísticas de los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes
Columnas de H.A.**

Superposición: Comparación de Rendimientos Albañiles				
Estadística	Rendimiento Albañil-Invierno	Rendimiento Albañil-Otoño	Rendimiento Albañil-Primavera	Rendimiento Albañil-Verano
Pruebas	10.000	10.000	10.000	10.000
Caso base	19,12	20,28	18,88	19,61
Media	28,65	27,86	28,44	28,2
Mediana	28,45	27,73	28,12	28,04
Modo	26,65	30,25	29,82	27,2
Desviación estándar	5,99	6,29	6,24	5,48
Varianza	35,89	39,55	38,99	29,98
Sesgo	0,1799	0,1847	0,2132	0,2238
Curtosis	2,86	2,87	2,8	2,69
Coefficiente de variación	0,2091	0,2257	0,2196	0,1942
Mínimo	10,59	6,11	10,55	12,07
Máximo	52,22	51,21	49,88	46,67
Error estándar medio	0,06	0,06	0,06	0,05
Superposición: Comparación de Rendimientos Ayudantes				
Estadística	Rendimiento Ayudantes- Invierno	Rendimiento Ayudantes- Otoño	Rendimiento Ayudantes- Primavera	Rendimiento Ayudantes- Verano
Pruebas	10.000	10.000	10.000	10.000
Caso base	41,05	41,05	43,73	45,18
Media	46,66	46,48	46,51	46,71
Mediana	46,53	46,4	46,45	46,58
Modo	45,44	48,04	43,08	43,72
Desviación estándar	3,71	3,67	3,7	3,34
Varianza	13,73	13,45	13,71	11,17
Sesgo	0,1931	0,184	0,1973	0,238
Curtosis	2,85	2,87	2,85	2,72
Coefficiente de variación	0,0794	0,0789	0,0796	0,0716
Mínimo	35,73	33,41	35,53	36,53
Máximo	61,17	60,26	61,4	57,99
Error estándar medio	0,04	0,04	0,04	0,03

Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación



**ANEXO Nro. 46 Estadísticas de los Rendimientos de Albañiles y Ayudantes
Losa Alivianada**

Superposición: Comparación de Rendimientos Albañiles 4				
Estadística	Rendimiento Albañil- Invierno	Rendimiento Albañil-Otoño	Rendimiento Albañil-Primavera	Rendimiento Albañil-Verano
Pruebas	10.000	10.000	10.000	10.000
Caso base	1,6	1,59	1,61	1,63
Media	1,89	1,89	1,9	1,89
Mediana	1,88	1,89	1,9	1,89
Modo	1,66	1,95	2,05	1,93
Desviación estándar	0,41	0,2	0,27	0,18
Varianza	0,17	0,04	0,08	0,03
Sesgo	0,1804	0,0082	0,2299	0,0794
Curtosis	2,97	2,94	2,7	2,85
Coefficiente de variación	0,2181	0,1065	0,1446	0,0977
Mínimo	0,38	1,12	1,07	1,27
Máximo	3,63	2,58	2,91	2,58
Error estándar medio	0	0	0	0
Superposición: Comparación de Rendimientos Ayudantes				
Estadística	Rendimiento Ayudantes- Invierno	Rendimiento Ayudantes- Otoño	Rendimiento Ayudantes- Primavera	Rendimiento Ayudantes- Verano
Pruebas	10.000	10.000	10.000	10.000
Caso base	2,88	2,87	2,89	2,94
Media	3,41	3,39	3,42	3,41
Mediana	3,37	3,4	3,43	3,41
Modo	2,99	3,51	3,7	3,47
Desviación estándar	0,75	0,36	0,49	0,33
Varianza	0,56	0,13	0,24	0,11
Sesgo	0,1792	0,0143	0,2297	0,0765
Curtosis	2,97	2,94	2,7	2,86
Coefficiente de variación	0,2184	0,1064	0,1445	0,0976
Mínimo	0,68	2,03	1,93	2,29
Máximo	6,54	4,65	5,25	4,65
Error estándar medio	0,01	0	0	0

Fuente: Elaboración con base en los Resultados del Proceso de Simulación

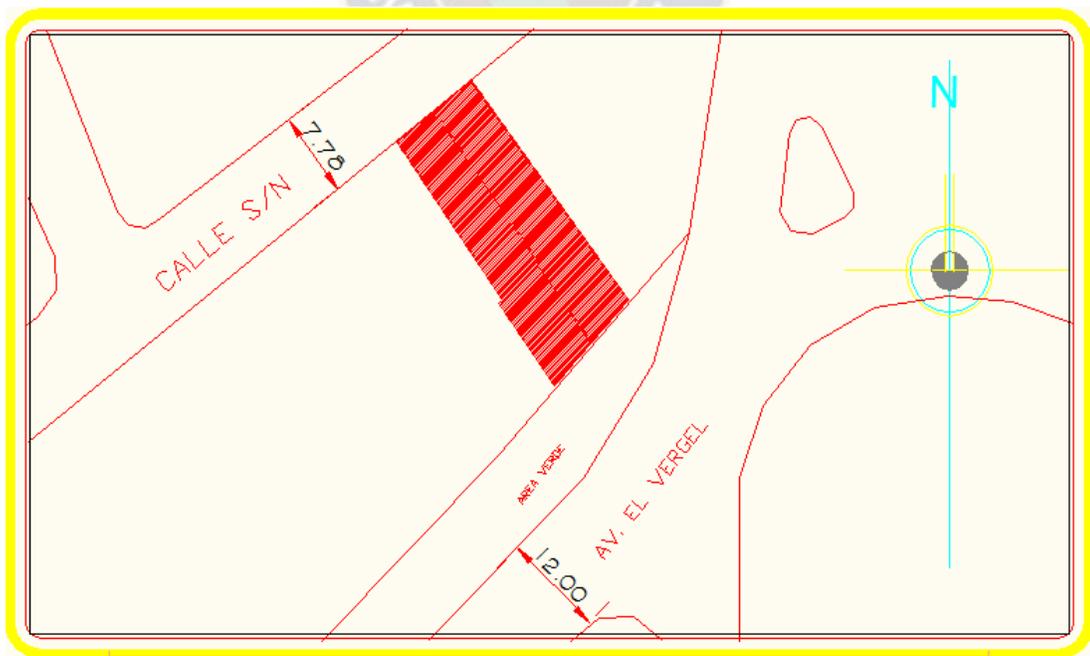
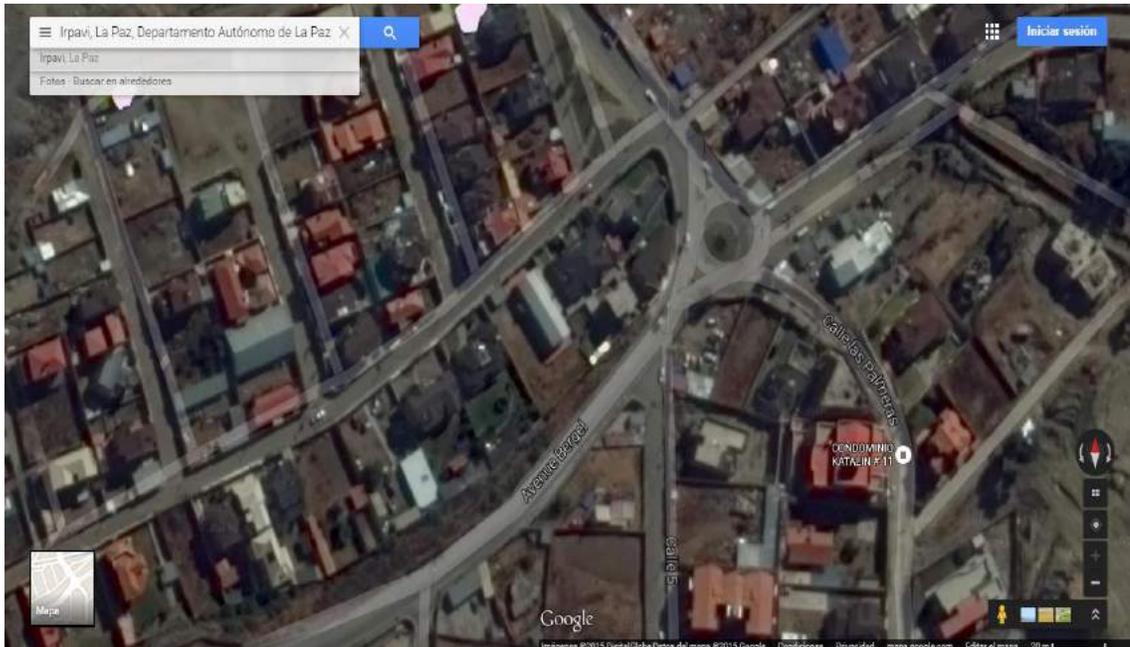


ANEXO Nro. 47 Costos Totales Promedios Obtenidos del Proceso de Simulación, Registro de Datos y las Fuentes de Información

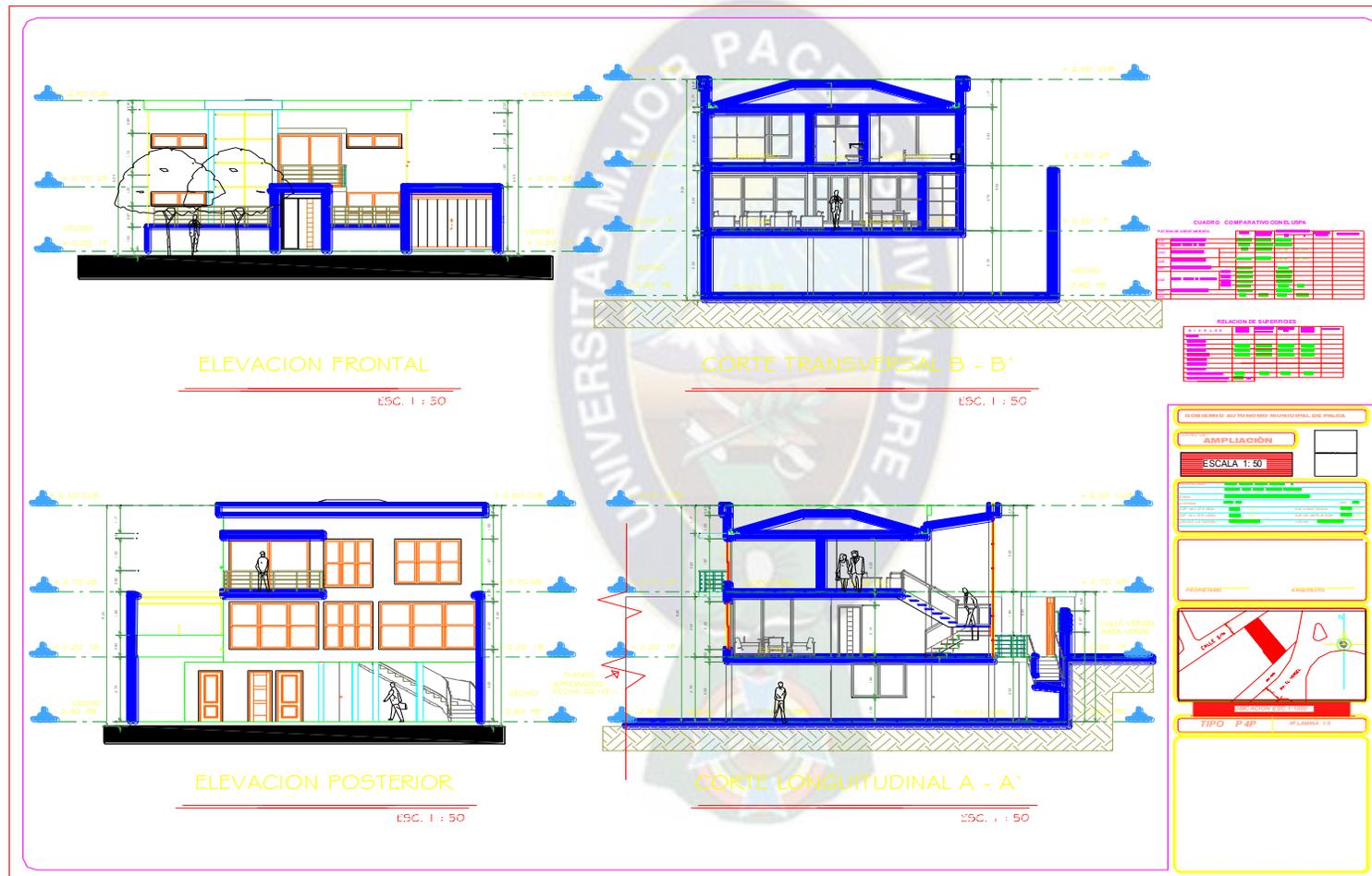
	Costos Totales Zapatas	Costos Totales Vigas	Costos Totales Columnas	Costos Totales Losa	Costos Totales
ISHTAR	609,83	698,2687621	1074,955	74,705	34612,7155
Revista P&C	776,00	905	869	63,5	34020,74
Revista CADECO	708,00	745	783,75	47,71	28320,2439
Página de INSUCONS	587,50	802,5	958,5	39,75	25651,125
Simulación-Invierno	590,74	720,62	1061,295	73,995	34148,5516
Simulación-Otoño	634,49	706,645	1045,31	73,755	34634,2971
Simulación-Primavera	607,83	723,95	1055,82	74,29	34460,4711
Simulación-Verano	594,60	710,665	1054,02	73,995	34141,0183
Cómputos Métricos	15,21	2,92	5,11	238,34	

Fuente: Elaboración con base en los Resultados de Simulación, Registro de Datos y Fuentes de Información.

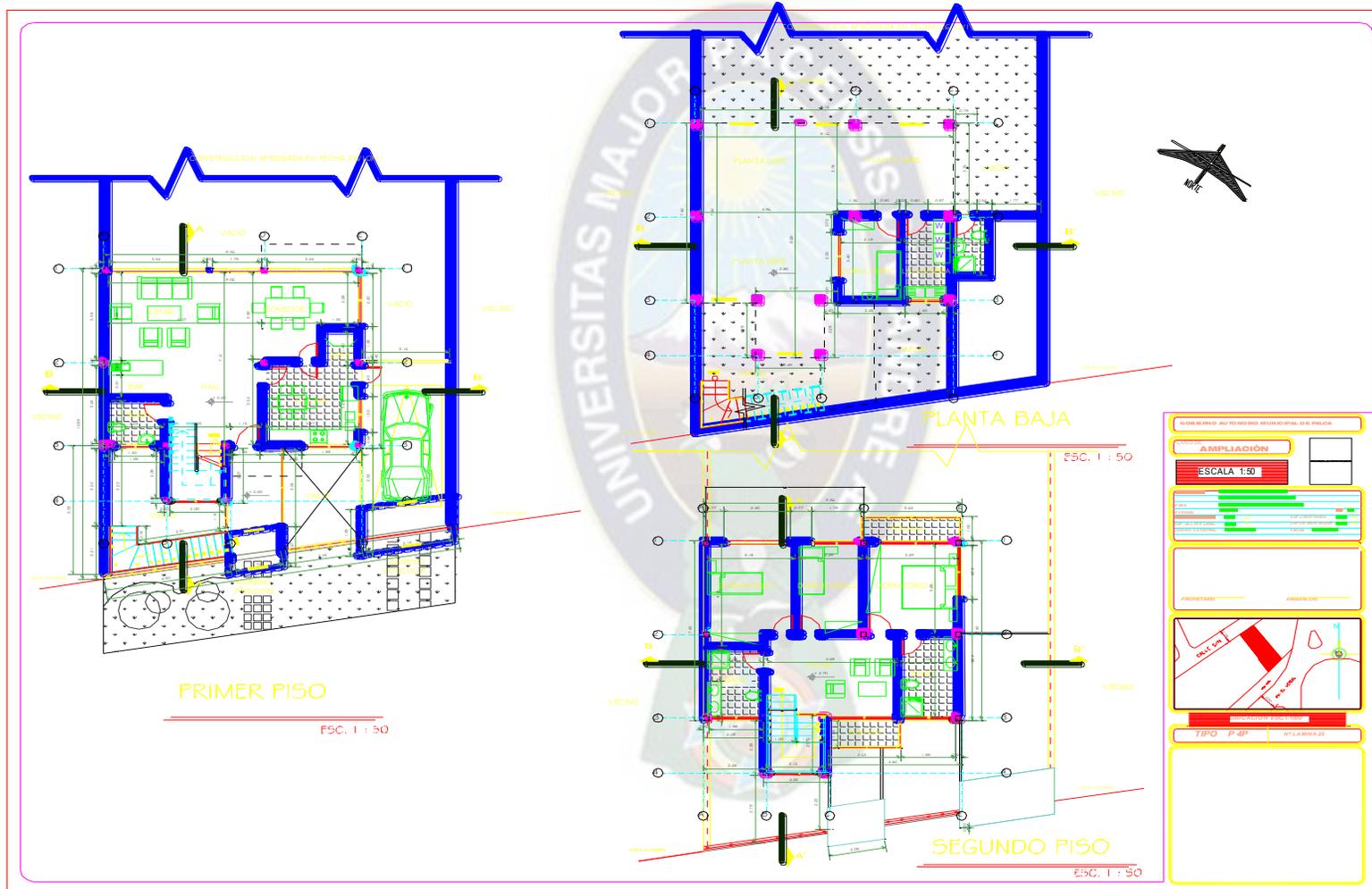
ANEXO Nro. 48 Fotografía Satelital de la Infraestructura Residencial



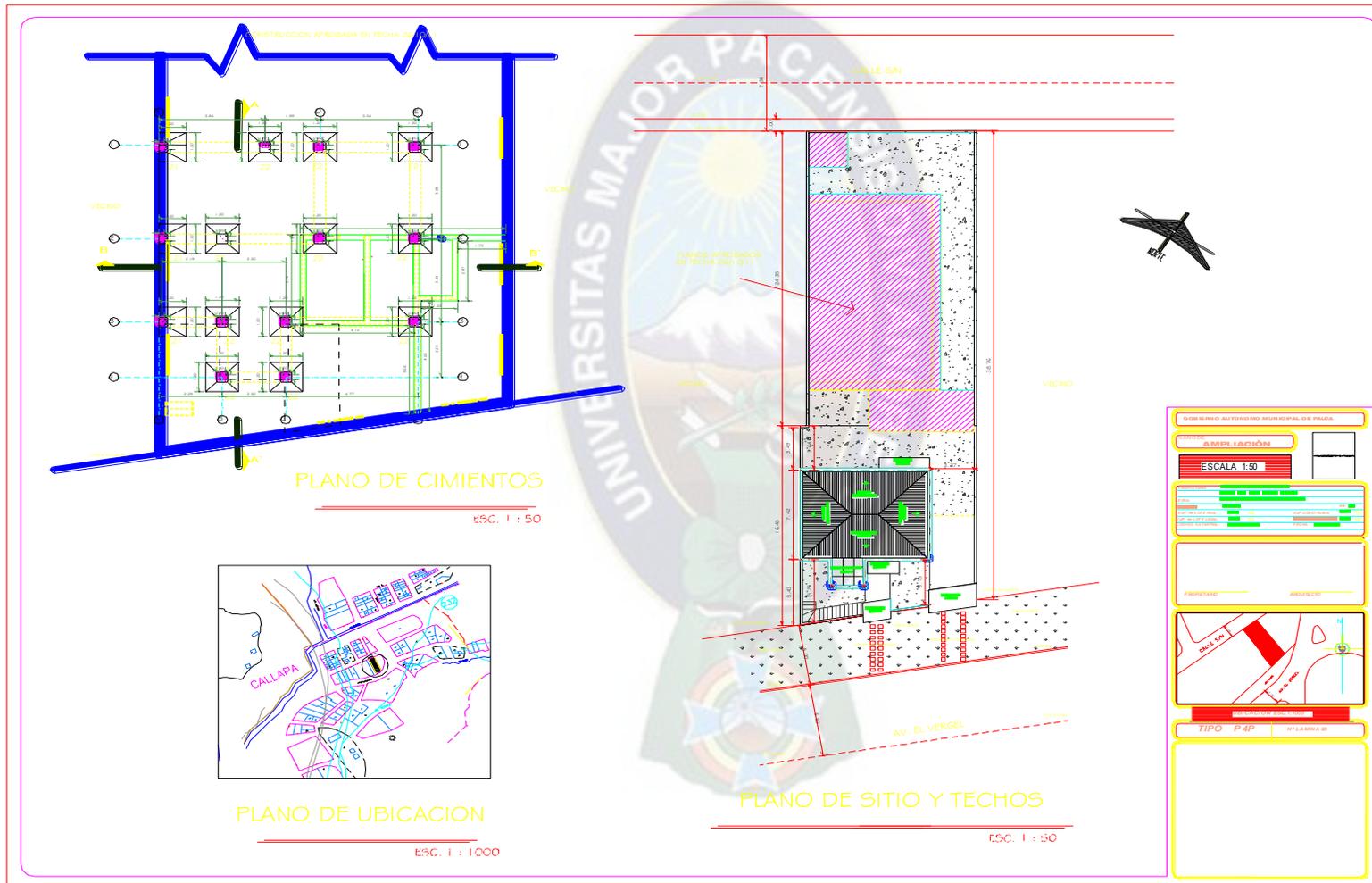
ANEXO Nro. 49 Plano en Elevación



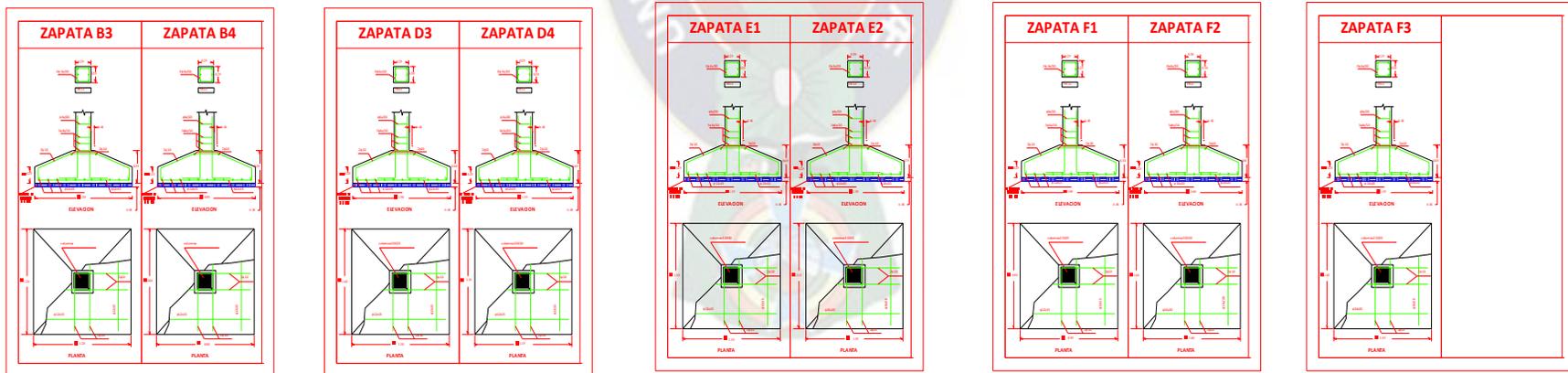
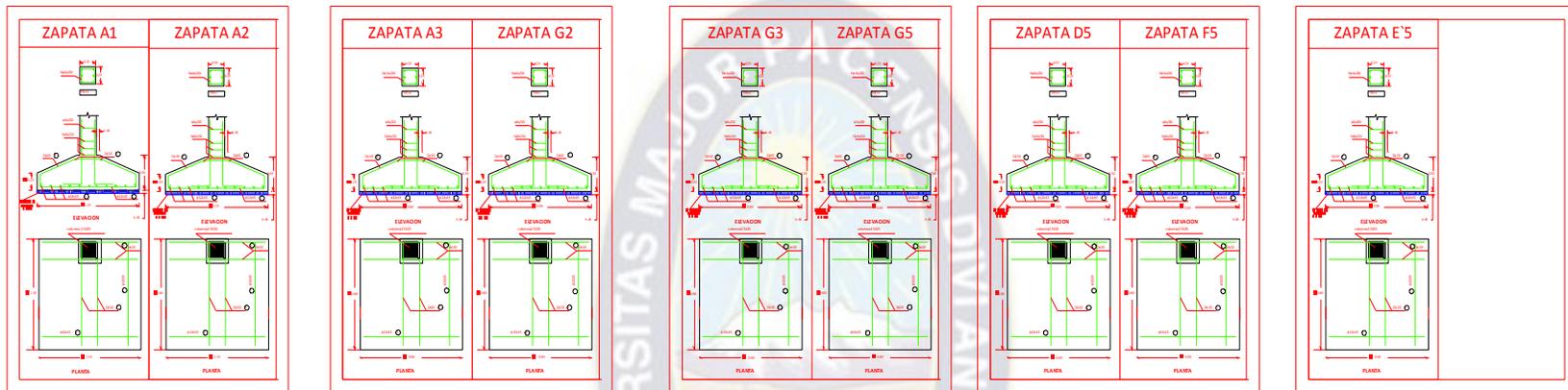
ANEXO Nro. 50 Plano en Planta



ANEXO Nro. 51 Planos



ANEXO Nro. 52 Plano de Zapatas





ANEXO Nro. 54

Manual del Usuario

WORKFORCE

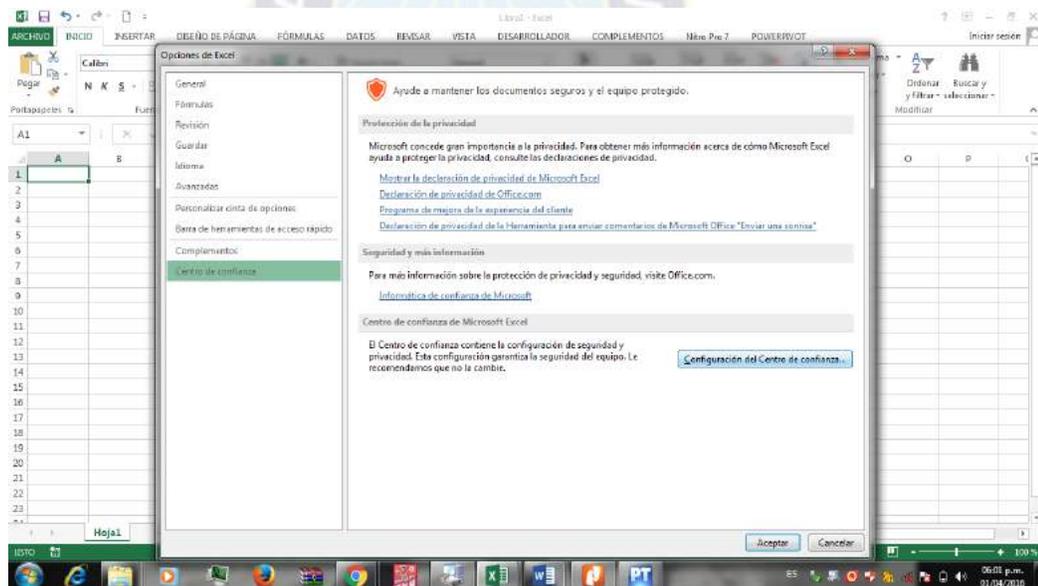
WORKFORCE es un macros desarrollada como complemento para los programas de elaboración de presupuestos, específicamente en la parte de la mano de obra, la misma incluye funciones como el registro de datos, predicción de rendimientos y la simulación de las actividades.

REQUERIMIENTO DE LA MACROS

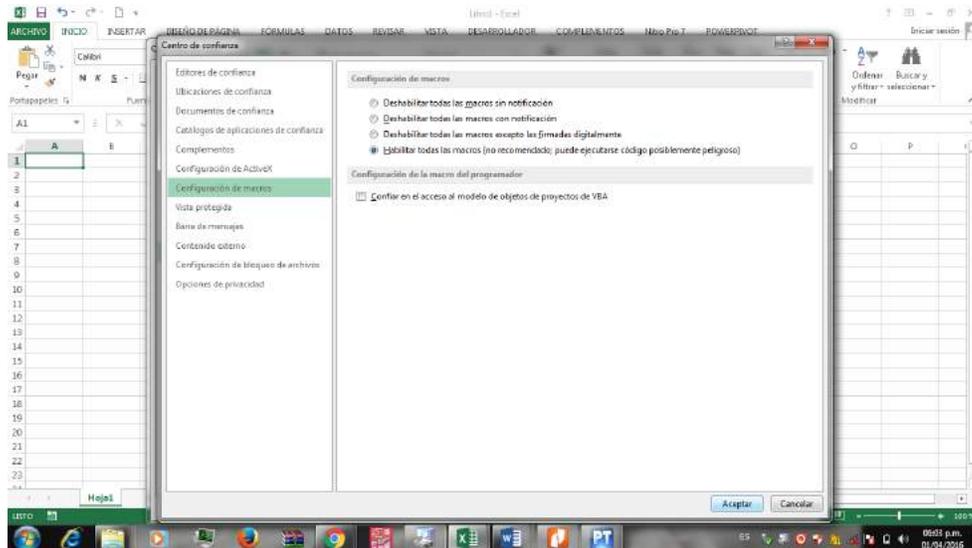
Para ejecutar **WORKFORCE** correctamente debe tener instalado el siguiente software en el equipo:

Como es un macros los requerimientos mínimos para la utilización de la misma, es contar con Microsoft Excel instalado en el Ordenador en donde se quiera utilizar la misma, también se debe realizar las siguientes configuraciones en el Excel:

Archivo > Opciones > Centro de Confianza > Configuración del Centro de Confianza



Configuración del Centro de Confianza > Configuración de Macros > Habilitar todas las Macros > Aceptar

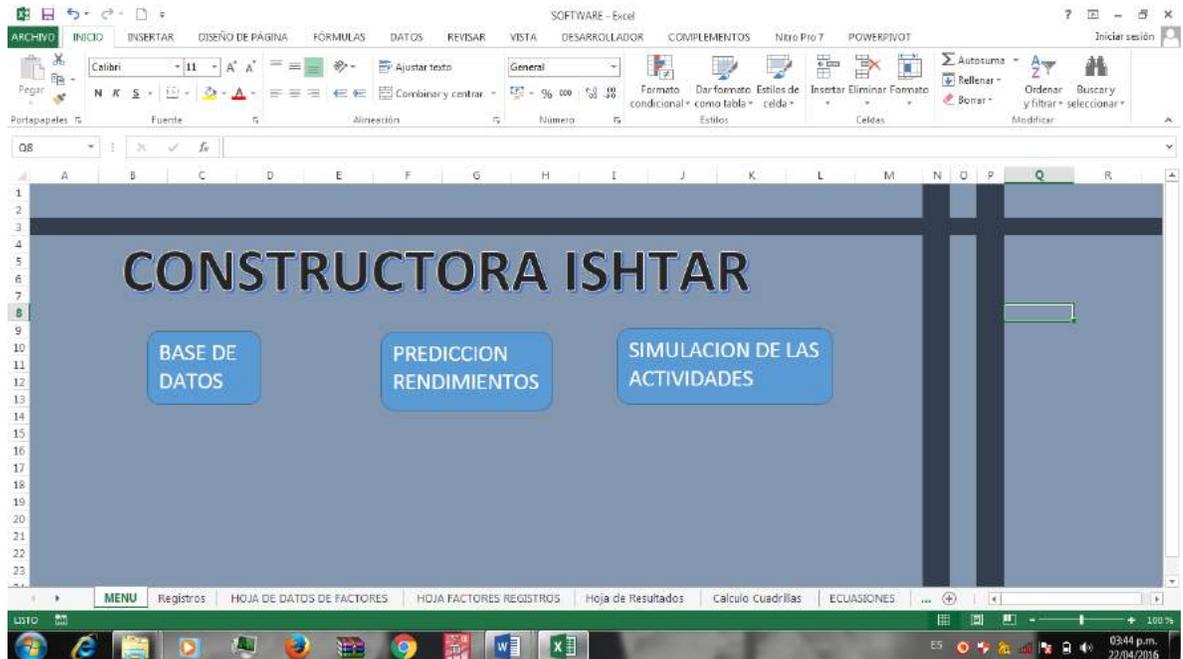


PRESENTACION DE LA MACROS

WORKFORCE es un macros desarrollada como complemento para la elaboración de presupuestos, específicamente en la parte de la mano de obra, la misma incluye funciones como el registro de datos, predicción de rendimientos y la simulación de las actividades de construcción. La macro es el producto obtenido de la propuesta de la Metodología expuesta en el presente Proyecto de Grado, el cual podría ser una herramienta interesante, ya que el mismo puede predecir rendimientos en base a una calificación de los Factores que influyen en el entorno laboral, y la simulación del tiempo de ejecución de los mismos en base a las estadísticas obtenidas del registro de las Calificaciones al entorno de trabajo. Y por último una planilla que le permita recoger la información respecto a los Rendimientos y las Calificaciones del entorno de trabajo, el mismo será de utilidad a las Empresas Constructoras para contar con una base de datos en futuros proyectos.

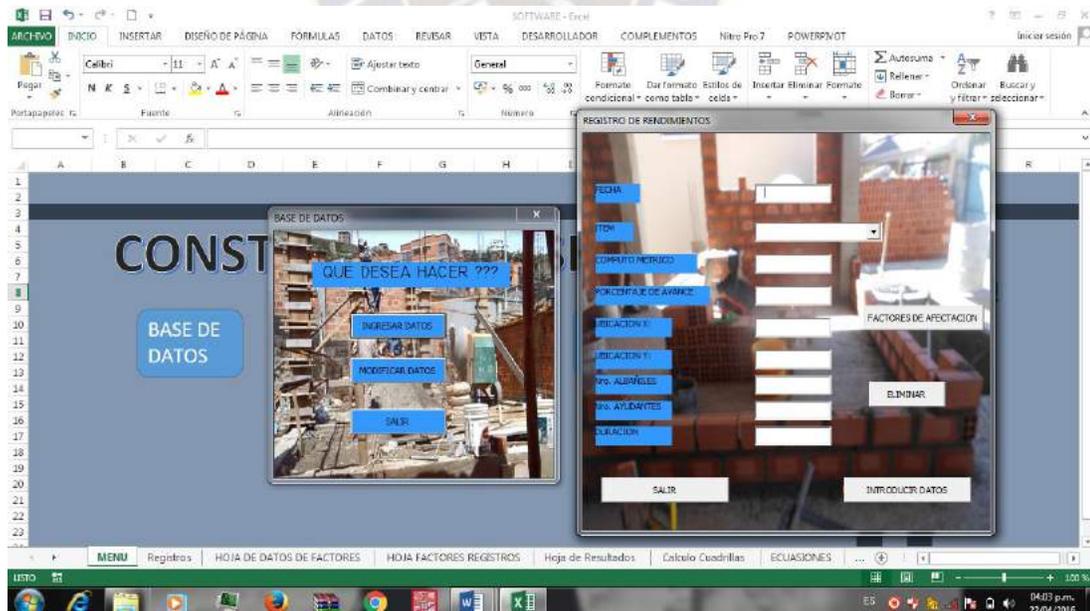
DESCRIPCION DE LAS APLICACIONES DE LA MACROS

La pantalla general, presenta básicamente tres opciones, a continuación se muestra la explicación de las mismas:



BASE DE DATOS

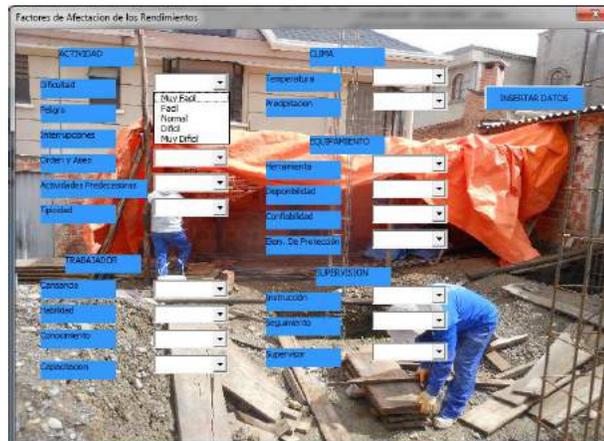
Base de Datos > Ingresar Datos se desplegara el siguiente formulario:



En este formulario usted tiene que ingresar los datos pedidos en cada una de las casillas para poder registrar los Rendimientos de la Actividad que usted elija, si usted desea

ingresar los datos del entorno de trabajo deberá de elegir la opción de Factores de Afectación mediante el siguiente procedimiento:

Base de Datos > Ingresar Datos > Factores de Afectación



Entonces se presentara el siguiente formulario, debido a que todas las casillas son desplegadas usted solo tiene que escoger la opción que se adapte al entorno en el cual se desarrolla una determinada Infraestructura de Construcción. Una vez definidos todos los parámetros solo inserte los Datos mediante el icono con similar nombre.

Cuando se realice el procedimiento de llenado de toda la información usted deberá de Introducir los datos, lo cual le abrirá directamente a la hoja donde ese encuentra toda la información registrada:

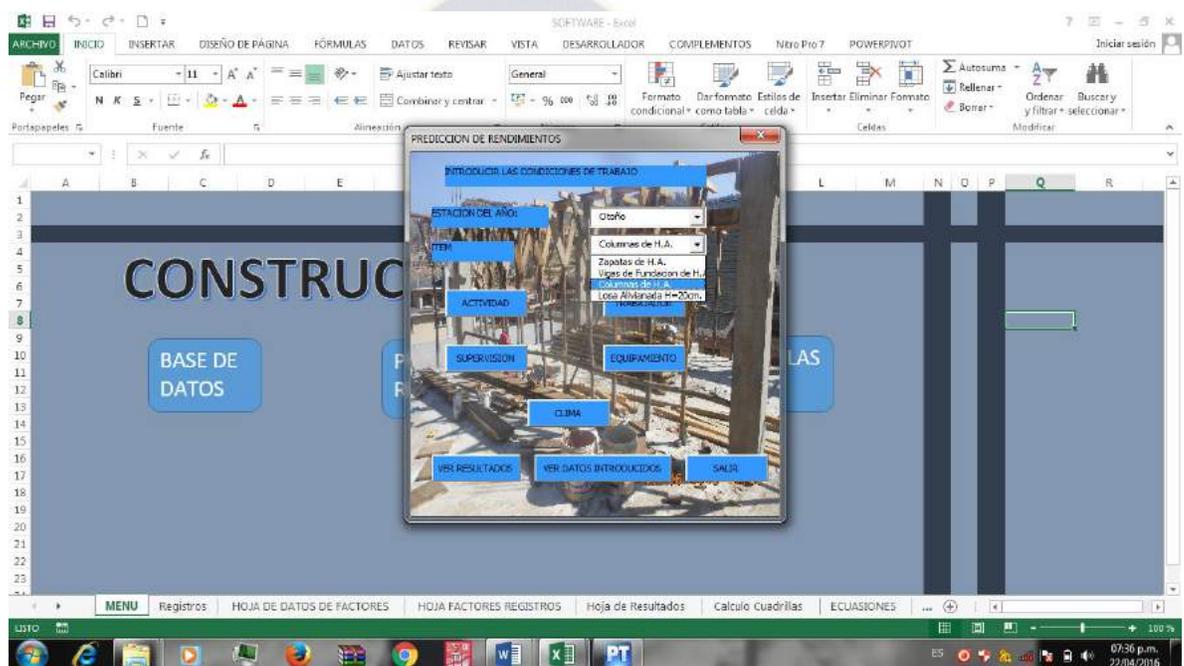
FECHA	ITEMS	COMPUTO METRICO	UNIDADES	HORIZONTAL DE AVANCE	UBICACION X	UBICACION Y	NUMERO DE ALBAÑILES	NUMERO DE AYUDANTES	DURACION	RENDIMIENTO	RENDIMIENTO ALBAÑILES	RENDIMIENTO AYUDANTES	UNIDADES RENDIMIENTOS
12/01/2000	Zapatas de H.A.	1.184625	3	0,2	A	E	2	3	8	0,08666667	0,11933333	0,3	0,040519152
14/05/2015	Zapatas de H.A.	0,302	1	0,2	A	D	2	3	8	0,08533333	0,16666667	0,25	0,039461338
17/05/2015	Zapatas de H.A.	1,244	3	0,5	A	E	2	3	12	0,02055556	0,04802222	0,07022222	0,02222222
18/05/2015	Zapatas de H.A.	2,058	6	0,4	B	A	2	3	12	0,01212121	0,02666667	0,03222222	0,03222222
20/05/2015	Zapatas de H.A.	0,803	3	0,6	B	D	2	3	12	0,10000000	0,21000000	0,35000000	0,15000000
21/05/2015	Zapatas de H.A.	1,604	6	0,6	B	E	2	3	12	0,05128205	0,10256410	0,15384615	0,15384615
25/08/2015	Zapatas de H.A.	1,184625	3	0,7	B	D	2	3	10	0,07000000	0,14181791	0,21272854	0,21272854
26/05/2015	Zapatas de H.A.	0,191	1	1	B	E	2	3	28	1,42633333	3,91666667	4,375	0,07022222
27/05/2015	Zapatas de H.A.	0,27075	1	1	B	A	2	3	28	1,62444444	3,04833333	3,30244444	3,30244444
30/05/2015	Zapatas de H.A.	0	1	1	B	D	2	3	28	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
31/05/2015	Zapatas de H.A.	0	1	2	E	E	2	3	12	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
01/06/2015	Zapatas de H.A.	0,792	3	0,4	F	F	2	3,5	8	0,04200000	0,08000000	0,12000000	0,12000000
02/06/2015	Zapatas de H.A.	2,457618	6	0,6	A	A	2	2,5	8	0,28411508	0,017822296	0,04022726	0,04022726
08/06/2015	Zapatas de H.A.	0	1	0,5	B	A	2	2,5	8	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
08/04/2015	Zapatas de H.A.	0	1	2	F	F	2	2,5	24	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
10/04/2015	Zapatas de H.A.	0	1	1	A	A	2	2,5	26	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
13/04/2015	Zapatas de H.A.	0,1512	1	2	A	A	2	2,5	24	1,587501567	0,148018175	0,96935998	0,96935998



En el formulario estará los cuadros llenados y si desea modificar alguno, solamente realizara los cambios en forma manual y después presione en corregir, para producir una modificación en la base de datos.

PREDICCION DE RENDIMIENTOS

Dándole clic en el botón PREDICCION DE RENDIMIENTOS del Menú Principal se desplegara el siguiente formulario:



Primero deberás de elegir la estación del año donde se pretende realizar una Infraestructura y escoger el Ítem del cual quieres sacar el Rendimiento, además se debe de ingresar los datos con respecto a Actividad, Clima, Supervisión, Trabajador y Equipamiento de acuerdo a las condiciones del entorno laboral.

CATEGORIA ACTIVIDAD

ACTIVIDAD: [dropdown]
 DIFICULTAD: [dropdown]
 PELIGRO: [dropdown]
 ACTIVIDADES PREDESEÑADAS: [dropdown]
 INTERVALACIONES: [dropdown]
 ORDEN Y ASEO: [dropdown]
 TIPOCIDAD: [dropdown]
 ACEPTAR

CATEGORIA TRABAJADOR

TRABAJADOR: [dropdown]
 CAMBANCIO: [dropdown]
 HABILIDAD: [dropdown]
 CONOCIMIENTO: [dropdown]
 CAPACITACION: [dropdown]
 ACEPTAR

CATEGORIA SUPERVISION

SUPERVISION: [dropdown]
 INSTRUCCION: [dropdown]
 SEGUIMIENTO: [dropdown]
 SUPERVISOR: [dropdown]
 ACEPTAR

CATEGORIA EQUIPAMIENTO

EQUIPAMIENTO: [dropdown]
 HERRAMIENTA: [dropdown]
 DISPONIBILIDAD: [dropdown]
 CONFIABILIDAD: [dropdown]
 ELEM. DE PROTECCION: [dropdown]
 ACEPTAR

CLIMA

CLIMA: [dropdown]
 PRECIPITACION: [dropdown]
 ACEPTAR

Introducidos los datos tienes la opción de ver los resultados:

Rendimientos de Columnas de H.A. en Otoño

Fecha de Inicio: 06/11/2015

CUADRILLA OPTIMA		Desperdicio Total (DT)		Costo de Desperdicio	Costo de la Cuadrilla	Costo Abast.	Costo Ayudante	Tiempo Total de Ejecucion	Fecha de Finalizacion
No. Abastiles	No. Ayudantes	D. Abastiles	D. Ayudantes						
3	0	0	0	0,00000000	29,20000000	100,00	140,00	0,00	6,04600000

VARIACION DE LAS CUADRILLAS DE TRABAJO		Desperdicio Total (DT)		Costo de Desperdicio	Costo de la Cuadrilla	Costo Abast.	Costo Ayudante	Tiempo Total de Ejecucion	Fecha de Finalizacion
No. Abastiles	No. Ayudantes	D. Abastiles	D. Ayudantes						
3	0	0	0	0,00000000	29,20000000	100,00	140,00	0,00	6,04600000



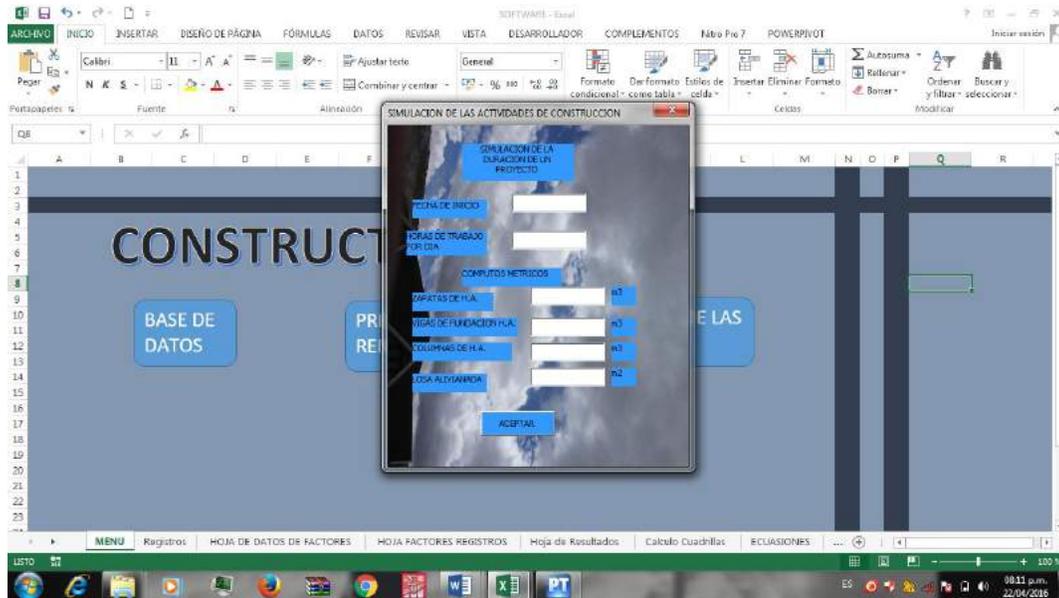
Además de presentar los Rendimientos Predecidos, en la primera parte se puede apreciar el cálculo de la Cuadrilla de Trabajo Optima, en base al menor costo y menor tiempo, en la segunda parte podemos variar diferentes conformaciones de cuadrillas de trabajo y saber el tiempo y el costo de finalización de la misma.

También se puede apreciar los datos de los factores de Afectación del Entorno de Trabajo introducidos mediante el Formulario, haciendo clic en el botón VER DATOS INTRODUCIDOS, desplegando la siguiente Hoja de cálculo.

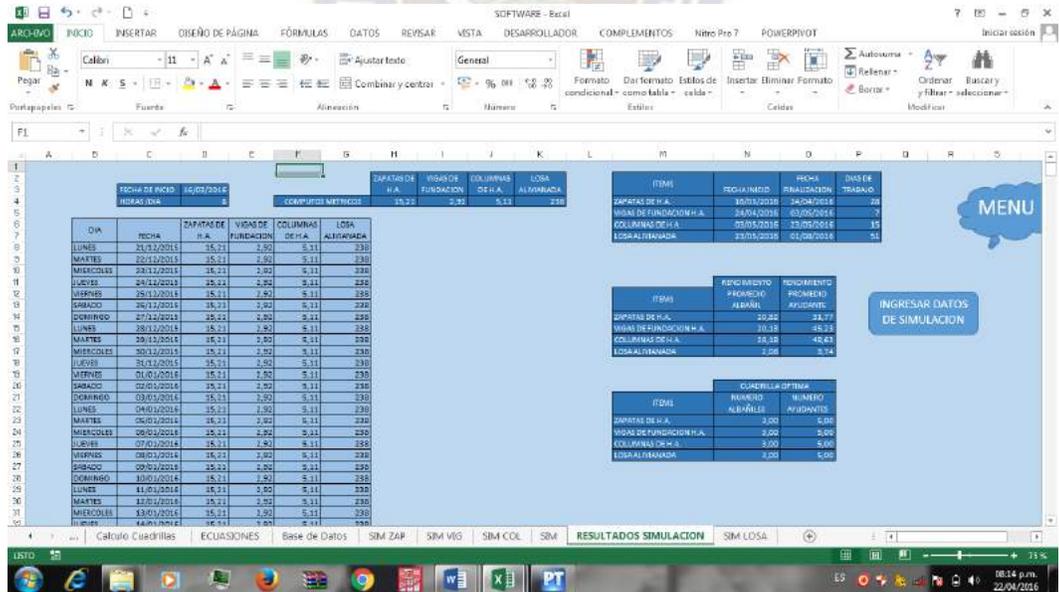
ITEMS		Columnas de H.A.	Estacion del Año	Otoño
FACTORES DE AFECTACION DE LOS RENDIMIENTOS DE MENO DE DIA				
ACTIVIDAD	Dificultad	Normal	TEMPERATURA	15.00 - 18.00
	Peligro	Mediobajo	PRECIPITACION	1.00 - 2.00
	Inmanejables	De 15 a 30 min.	RELATIVIDAD	100 - 150
	Orden y Aseo	Piso Buzo	CONDICION	Comun
EVALUACION	Actividades	Muchas Modificaciones	Disponibilidad	No Disponible
	Reactividad	De 5 a 10	Capacidad	Nula
	Comercio	Normal	Elemento de Protección	Ninguno
	Habilidad	Trampe	Instrucción	Ocasional
		Experiencia	Seguimiento	Eventual
		Espección	Supervisar	Competente

SIMULACION DE LAS ACTIVIDADES

La última de las funciones consiste en una simulación de los procesos constructivos, para poder estimar un tiempo de finalización, considerando que las mismas se realizan de manera secuencial. Dándole Clic en el Botón SIMULACION DE LAS ACTIVIDADES se despliega el siguiente Formulario:



Solamente debes de ingresar los datos de la Fecha de Inicio de Actividades, horas de trabajo por día, y los cálculos métricos de las actividades a realizar. Cuando aceptamos estos parámetros se abre la siguiente Hoja de Cálculo:



La información que brinda la misma es las fechas de Inicio y Finalización de cada una de las Actividades los Rendimientos Promedios obtenidos durante los días de trabajo simulados, y las cuadrillas optimas de trabajo de cada una de las actividades.