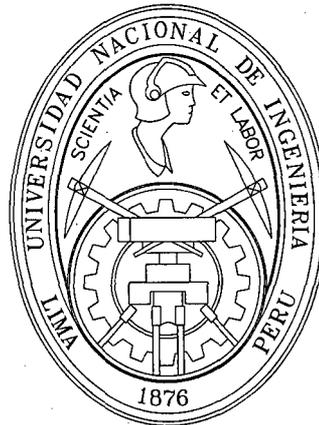


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD CON "REDES
OPERACIONALES CÍCLICAS Y "CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDAS"-
PROYECTO INTERCEPTOR NORTE"

TOMO 2

TESIS

Para optar el Título Profesional de :

INGENIERO CIVIL

GLEDY ALTEZ CLEMENTE
KATERIN LISSETT BOLIVAR PAYPAY

Lima - Perú

2008

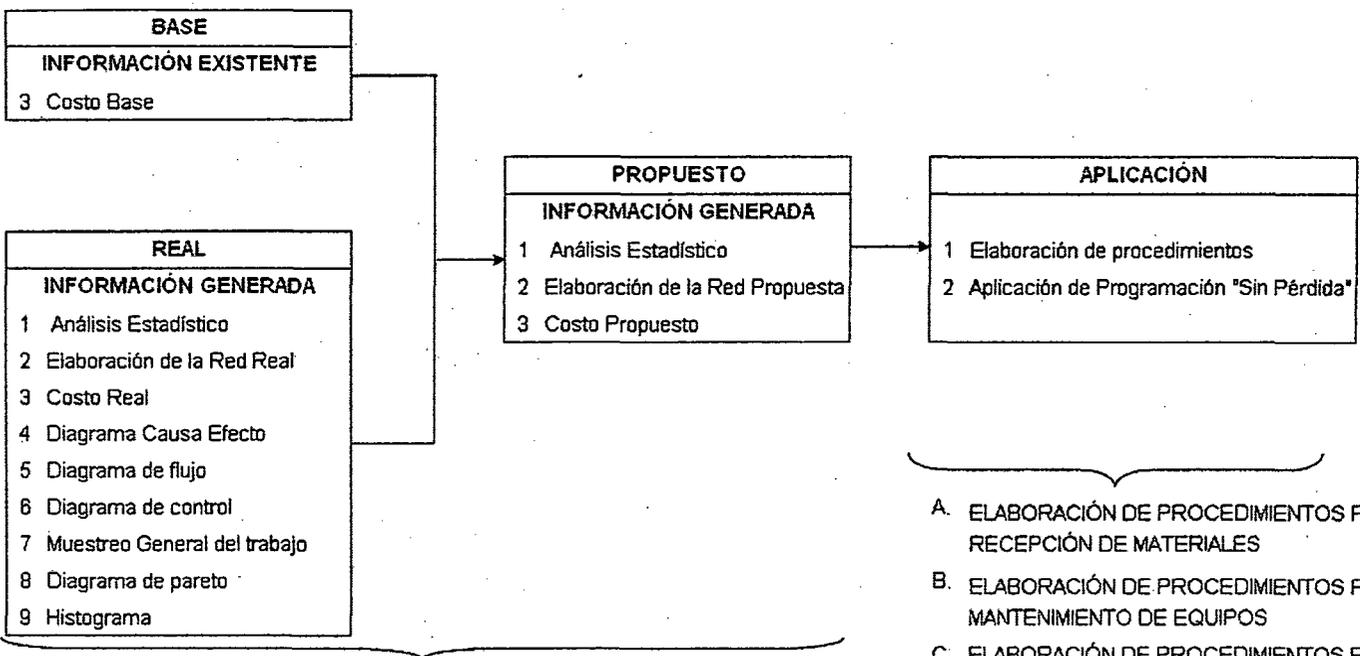
Digitalizado por:

Consortio Digital del
Conocimiento MebLatam,
Hemisferio y Dalse

CAPÍTULO VII

APLICACIÓN DEL MARCO TEÓRICO (ESTADÍSTICA, CYCLONE Y CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDA) EN EL PROYECTO INTERCEPTOR NORTE

- TRAMO "HINCADO DE TUBOS" O "PIPE JACKING"



- A. GENERACIÓN DE ÍNDICES PARA EL MODELO REAL
- B. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS INDICES BASE É INDICES DEL MODELO REAL
- C. EN BASE A LOS RESULTADOS DE (B) SE DEFINE UNA META
- D. GENERACIÓN DE ÍNDICES PARA EL MODELO PROPUESTO
- E. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS INDICES BASE, ÍNDICES DEL MODELO REAL, ÍNDICES DEL MODELO PROPUESTOS

- A. ELABORACIÓN DE PROCEDIMIENTOS PARA RECEPCIÓN DE MATERIALES
- B. ELABORACIÓN DE PROCEDIMIENTOS PARA MANTENIMIENTO DE EQUIPOS
- C. ELABORACIÓN DE PROCEDIMIENTOS PARA PRODUCCIÓN, MONTAJE Y DESMONTAJE
- D. APLICACIÓN DE PROGRAMACIÓN SIN PÉRDIDA
 - 1. Planificación Maestra
 - 2. Planificación Anticipada de recursos
 - 3. Programación Semanal
 - 4. Programación diaria

	Ver Pág.
BASE	
Costo base	155, 156, 159
REAL	
Análisis Estadístico	138 – 142 Anexo B, C
Elaboración de la Red Real	143 - 150
Costo Real	151 – 154, 157 – 159 Anexo D
Diagrama Causa Efecto	179
Diagrama de flujo	180
Diagrama de control	181 - 186
Muestreo General del trabajo	186 - 192
Diagrama de Pareto	192 - 195
Histograma	195 - 201
PROPUESTO	
Análisis Estadístico	160 – 162 Anexo E, F
Elaboración de la Red Propuesta	163 - 170
Costo Propuesto	171 – 178 Anexo G
APLICACIÓN	
Elaboración de procedimientos	203 - 298
Aplicación de Programación "Sin Pérdida"	299 Anexo K, L, M, N

7.1. MODELO REAL

7.1.1. Estadística Inferencial: Prueba de bondad de Ajuste con el programa estadístico @RISK.

Los detalles de cálculo de la Tabla 7.1 se encuentran en el Anexo "B" Y "C"

Tabla 7.1: Funciones de cada actividad				
Nº	ACTIVIDAD	FUNCIÓN	FORMA	VALORES
MONTAJE				
1	Trazado de Ejes	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (101.80,36.28)
2	Bajar Primer riel Guía	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (47.45,7.64)
3	Bajar Segundo riel Guía	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (64.60,18.49)
4	Empernar Soldar Shield y nivelar	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (246.75,75.15)
5	Bajar Shield	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (35.20,12.56)
6	Instalar, soldar accesorios de Shield	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (477.88,59.62)
7	Montaje de Container de Agua y Oficina	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (61.99,30.41)
8	Montaje de Cilindros Hidráulicos Pequeños	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (43.95,11.08)
Para introducir la Retroexcavadora con vagón de 1 m3				
9	Excavar con retroexcavadora	Triangular	Triangular (mín, moda, máx)	Triangular (0.04,0.09,0.21)
10	Jalar Material	Triangular	Triangular (mín, moda, máx)	Triangular (0.04,0.07,0.21)
11	Colocar material en Faja Primaria	Triangular	Triangular (mín, moda, máx)	Triangular (0.02,0.04,0.10)
13	Retorno la retroexcavadora	Triangular	Triangular (mín, moda, máx)	Triangular (0.03,0.07,0.21)
14	Traslado de material en la faja primaria	Triangular	Triangular (mín, moda, máx)	Triangular (0.01,0.01,0.04)
Producción con vagón de 2.7 m3				
9	Excavación con retroexcavadora	Gamma	Gamma (α, β)	Gamma (3.2,0.06)
10	Jalar Material	Gamma	Gamma (α, β)	Gamma (3.2,0.06)

11	Colocar material en Faja Primaria	Gamma	Gamma (α , β)	Gamma (3.2,0.03)
12	Retorno de la retroexcavadora	Gamma	Gamma (α , β)	Gamma (3.2,0.06)
13	Traslado de material por las fajas	Gamma	Gamma (α , β)	Gamma (3.2,0.01)
14	Descenso de vagón pequeño vacío al pozo	Uniforme	Uniform (mín, máx)	Uniform (0.91,1.76)
15	Izaje y Giro de vagón pequeño lleno	Triangular	Triangular (mín, moda, máx)	Triangular (1.23,1.23,5.14)
16	Vaciado de material del vagón pequeño al volquete	Triangular	Triangular (mín, moda, máx)	Triangular (1.01,3.48,4.48)
17	Traslado del volquete	Triangular	Triangular (mín, moda, máx)	Triangular (15.76,33.02,66.34)
18	Empuje de 0.30 m c/cilindros Hidráulicos pequeños	Triangular	Triangular (mín, moda, máx)	Triangular (4.04,13.00,22.37)
19	Empuje de 0.60 m c/cilindros Hidráulicos principales	Exponencial	Exponential (μ)	Exponential (5.24)
20	Desmontaje de cilindros hidráulicos pequeños	Normal	Normal (μ , σ)	Normal (46.08,7.33)
21	Traslado de equipo oxicorte a pozo de empuje 01	Uniforme	Uniform (mín., máx.)	Uniform (1.81,5.37)
22	Descenso de Estación Principal y Pórtico Láser	Normal	Normal (μ , σ)	Normal (17.62,2.03)
23	Montaje de Estación Principal	Normal	Normal (μ , σ)	Normal (318.93,98.70)
24	Montaje de Pórtico Láser	Normal	Normal (μ , σ)	Normal (110.76,29.92)
25	Montaje del Tablero hidráulico	Normal	Normal (μ , σ)	Normal (268.00,42.73)
26	Colocación de láser en el pórtico	Normal	Normal (μ , σ)	Normal (100.54,56.27)
27	Cambio de anillo de madera	Normal	Normal (μ , σ)	Normal (246.66,50.81)
28	Cambio de estrobo de 4 a 2 ramales o de 2 a 4 ramales / Cambio de estrobo de 2 ramales por eslingas 1 / 2	Exponencial	Exponential (μ)	Exponential (3.08)
29	Retracción de cilindros hidráulicos principales 1 / 2 / 3 / 4	Gamma	Gamma (α , β)	Gamma (9.84,0.64)
30	Izaje y giro de tubo de concreto D = 2.5 m.	Exponencial	Exponential (μ)	Exponential (2.52)
31	Descenso de tubo de concreto D = 2.5 m	Normal	Normal (μ , σ)	Normal (4.38,1.88)
32	Extensión de cilindros hidráulicos principales	Triangular	Triangular (mín, moda, máx)	Triangular (5.25,5.25,9.91)
33	Conexión de Accesorios	Gamma	Gamma (α , β)	Gamma (1.42,7.11)
34	Nivelación de Estación Principal / Nivelación de estación Principal y empinado al riel móvil 1 / 2	Triangular	Triangular (mín, moda, máx)	Triangular (4.13,4.13,7.06)
35	Montaje del Sistema de Ventilación	Normal	Normal (μ , σ)	Normal (80.83,26.36)

36	Montaje de faja secundaria	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (73.75,39.11)
PRODUCCIÓN				
1	Colocar ganchos en vagón vacío / Retiro de ganchos de vagón vacío / Colocación de ganchos en vagón lleno / Colocar ganchos en vagón lleno para su vaciado en el volquete	Gamma	Gamma (α, β)	Gamma (13.4,0.11)
2	Izar y Girar vagón vacío de 2.7 m ³	Gamma	Gamma (α, β)	Gamma (1.23,0.36)
3	Descender vagón vacío de 2.7 m ³	Triangular	Triangular (mín, moda, máx)	Triangular (0.37,1.25,2.48)
4	Ingreso de vagón vacío de 2.7 m ³	Triangular	Triangular (mín, moda, máx)	Triangular (0.79,1.13,2.77)
5	Traslado de material en las fajas (primaria y secundaria)	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (0.29,0.08)
6	Primera salida del vagón 1.5 m	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (0.09,0.03)
7	Empuje con Estación Principal (0.30 m)	Beta	Beta (α, σ)	Beta (0.71,0.77)
8	Empuje con Estación Principal y Estación Intermedia 01 (0.30 m)	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (9.64,2.28)
9	Empuje con Estación Principal y Estación Intermedia 01 y 02 (0.30 m)	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (12.48,3.21)
10	Salida total del vagón del túnel	Triangular	Triangular (mín, moda, máx)	Triangular (0.38,3.38,7.65)
11	Izaje, Giro y Descenso de vagón lleno	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (1.75,0.61)
12	Retirar ganchos y Giro de viga metálica	Gamma	Gamma (α, β)	Gamma (17.04,0.08)
13	Izaje, giro de vagón lleno y Vaciado del material en el volquete	Triangular	Triangular (mín, moda, máx)	Triangular (2.00,4.45,6.84)
14	Descenso de viga metálica al pozo de empuje / Izaje de viga metálica al pozo de empuje	Triangular	Triangular (mín, moda, máx)	Triangular (0.70,0.70,1.00)
15	Cambio de viga metálica por estrobos 1 / 2	Uniforme	Uniform (mín, máx)	Uniform (8.11,21.67)
16	Traslado de vagón vacío, 3 m dentro del túnel	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (0.27,0.08)
17	Desconexión de mangas de ventilación, bentonita, cables de alimentación y riel	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (6.50,1.73)
18	Habilitación de Estación Intermedia 01 y 02	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (234.40,34.48)
19	Izaje y giro de Estación Intermedia	Triangular	Triangular (mín, moda, máx)	Triangular (0.48,0.48,1.67)
20	Instalación de Estación Intermedia	Uniforme	Uniform (mín., máx.)	Uniform (4.94,280.56)
21	Instalación del niple metálico	Uniforme	Uniform (mín., máx.)	Uniform (6.98,9.02)
22	Corte de orejas metálicas de Estación Intermedia	Uniforme	Uniform (mín., máx.)	Uniform (23.14,57.04)
23	Izaje de niple metálico a la superficie	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (1.17,0.42)

DESMONTAJE				
1	Desmontaje del sistema de Ventilación Vertical	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (100.78,39.11)
2	Desmontaje del sistema de Ventilación Horizontal	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (159.95,51.16)
3	Empuje total	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (252.46,21.80)
4	Cortar faja secundaria, Soldar listones y Colocar Bulones	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (46.67,6.50)
5	Izaje de Shield	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (97.51,13.91)
6	Izaje de Faja Secundaria de Pozo de salida 01	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (41.71,9.48)
7	Transporte de Shield y Faja Secundaria	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (60.20,24.74)
8	Bajar Shield y faja Secundaria en Pozo de Empuje 02	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (32.60,11.26)
9	Retorno de Grúa y Cama baja a Pozo de Empuje 01	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (101.00,21.48)
10	Izaje del container de Agua y Oficina	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (27.99,11.93)
11	Transporte de Container de Agua y oficina a Pozo de Empuje 02	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (38.92,10.08)
12	Retorno de Grúa a Pozo de Empuje 01	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (23.68,11.85)
13	Desmontaje del sistema de bentonita desde Pozo de Salida 01 hasta Estación Intermedia 01	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (62.47,20.58)
14	Transporte del sistema de Bentonita desde Estación Intermedia 01 hasta Pozo de Empuje 01	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (13.77,2.70)
15	Levantamiento y Transporte de Maderas y Rieles desde Pozo de Salida 01 hasta Estación Intermedia 01	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (253.37,71.39)
16	Desmontaje de Estación Intermedia 01 y 02	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (720.76,171.93)
17	Cortar y Esmerilar Estación Intermedia 01 y 02	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (207.27,37.71)
18	Cierre de Estación Intermedia 01 y 02	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (53.30,24.47)
19	Desmontaje del sistema de bentonita desde Estación Intermedia 01 hasta Estación Intermedia 02	Normal	Normal (μ, σ)	Normal(127.87,60.44)
20	Transporte del sistema de Bentonita desde Estación Intermedia 02 hasta Pozo de Empuje 01	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (27.97,2.88)
21	Levantamiento y Transporte de Maderas y Rieles desde Estación Intermedia 01 hasta Estación Intermedia 02	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (236.37,116.31)
22	Desconexión de Mangueras hidráulicas y Cables Eléctricos	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (47.20,5.32)
23	Desmontaje del sistema de bentonita desde Estación Intermedia 02 hasta Pozo de Empuje 01	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (138.67,71.41)

24	Levantamiento y Transporte de Maderas y Rieles desde Estación Intermedia 02 hasta Pozo de Empuje 01	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (240.06,110.51)
25	Desmontaje de Rieles Guía	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (54.49,15.65)
26	Izaje de Primer riel Guía	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (12.49,5.76)
27	Desmontaje de Tablero Hidráulico	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (211.34,25.66)
28	Izaje del Tablero hidráulico	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (7.75,2.82)
29	Desmontaje de Pórtico Láser	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (50.27,15.92)
30	Izaje del Pórtico Láser	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (5.45,2.38)
31	Desmontaje de Estación Principal	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (334.14,86.79)
32	Izaje de Estación Principal	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (13.91,2.73)
33	Izaje de Segundo riel Guía	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (23.25,17.89)
34	Transporte a Pozo de Empuje 02	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (66.00,47.75)
REPARACIONES				
1	Espera por ausencia del operador del Shield	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (52.22,35.18)
2	Reparación de Volquete	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (59.56,22.27)
3	Reparar retroexcavadora por fallas mecánicas	Exponencial	Exponencial (μ)	Exponencial (246.34)
4	Reparar faja primaria / secundaria por fallas mecánicas	Exponencial	Exponencial (μ)	Exponencial (11.26)
5	Espera por ausencia del rigger o maniobrista	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (11.26,7.80)
6	Reparar grúa por fallas mecánicas / Esperas de grúa	Triangular	Triangular (mín, moda, máx)	Triangular (7.00,7.00,299.97)
7	Reparación de Estación Principal, Estación Intermedia 01 Y 02	Triangular	Triangular (mín, moda, máx)	Triangular (15.00,15.00,693.11)

7.1.4. Reporte de resultados de la Simulación del modelo real.

Reporte estadístico de tiempos

Los detalles del reporte estadístico de tiempo se encuentran en el Anexo "D"

	GENERADOR 73 KVA	GENERADOR 325 KVA	GRÚA 1 50 ton	GRÚA 2 50 ton	CAMA BAJA	EQUIPO DE HINCADO
MONTAJE	53.26	32.84	20.57	0.69		12.24
DESMONTAJE	74.94	10.11	20.71	4.29	5.81	
SUBTOTAL	139.04	42.96	41.28	4.98	5.81	12.24
PRODUCCIÓN	419.60	417.93	117.00			357.60
TOTAL	547.80	460.89	158.27	4.98	5.81	369.84

	HORAS	DIAS	SEMANAS
MONTAJE	53.26	2.42	0.40
DESMONTAJE	74.94	3.41	0.57
SUBTOTAL	128.20	5.83	0.97
PRODUCCIÓN	419.60	20.98	3.50
TOTAL	547.80	26.81	4.47

Reporte de Producción

No TUBOS 68
METROS LINEALES 204

PRODUCTIVIDAD	Metro lineal	Tubo
PRODUCCIÓN HORARIA	0.49 (ml/h)	0.16 (tubo/h)
PRODUCCIÓN DIARIA	9.72 (ml/día)	3.24 (tubo/día)
COSTO UNITARIO	ML	Tubo
COSTO PRODUCCIÓN	983.66 (US \$/ml)	2,950.99 (US \$/ml)

No TUBOS 71
METROS LINEALES 213

PRODUCTIVIDAD	Metro lineal	Tubo
TOTAL	0.39 (ml/h)	0.13 (tubo/h)
COSTO UNITARIO	Metro lineal	Tubo
TOTAL	1,175.50 (US \$/ml)	3,526.50 (US \$/tubo)

TABLA 7.9: Costos Unitarios Realizados - Modelo Base					
UAs - Comparativo de las Composiciones Unitarias (PA) / (Costo Real)					
UA/Insumos			Composición Unitaria - UA (Acumulado)		
Código	Descripción	Unid.	Cantidad	C. Unit. Realizado	C. Total Realizado
2110	PJ - Montaje y Desmontaje de Pipe Jacking	UND			7,506.17
	Mano de Obra		439.34	23.24	1,385.52
11066202	Oficial	hh	33.50	3.22	107.92
11067012	Peón	hh	184.53	2.70	499.04
12062612	Operario	hh	170.63	3.35	571.28
13061667	Operario Semi Especialista	hh	3.68	3.83	14.08
13061764	Operario Especialista	hh	43.19	3.92	169.49
15051134	Capataz	hh	3.81	6.22	23.71
	UAs - Familia de Equipos				5,720.81
1630	Camión Baranda C/MUNCK M.B. L1313/48 5T 130H	hm	10.01	17.29	173.15
1812	Camión Semi-trailer 50T SC T112E 6X4 305 HP	hm	3.30	89.52	295.80
4007	Generador 58 KW - 73 KVA	hm	31.59	14.90	470.73
4071	Generador Perkins 325 KVA	hm	15.41	27.62	425.74
4151	Grúa Neumática 50 ton	hm	0.83	85.61	71.00
4151	Grúa Neumática 50 ton	hm	14.05	60.33	847.81
0560	Equipo de Hincado de Tubos Westfalia LSK 65/13	hm	11.78	291.73	3,436.58
	UAs - Otras Revisiones				399.84
9000	Taller Mecánico	h	24.00	7.07	169.68
9005	Taller de Lubricación	h			
9010	Taller Industrial	h	24.00	9.59	230.16
Código	Descripción	Unid.	Cantidad	C. Unit. Realizado	C. Total Realizado
2130	PJ - Excavación e Instalación de Tuberías con	ml			644.66
	Mano de Obra		31.09		101.99
11066202	Oficial	hm	2.60	3.21	8.34
11067012	Peón	hm	12.15	2.74	33.31
12062612	Operario	hm	11.94	3.38	40.37
13061667	Operario Semi Especialista	hm	0.16	3.31	0.52
13061764	Operario Especialista	hm	2.56	3.91	10.03
15051134	Capataz	hm	1.68	5.60	9.42
	Material				340.31
20301915	Bentonita	kg	22.16	0.40	8.84
20301917	Baritina	kg			
20301919	Polímero	kg	0.37	116.54	43.31
20301920	Mangas de Ventilación D=60 cm.	m	1.00	0.52	0.52
20301930	Tubería Alvenius 2" - Agua Industrial	m	1.00	1.23	1.23
20301935	Ventilador Axial, motor 60 HP y Tablero	US \$	1.00	0.25	0.25
20602798	Acero Diámetro Grado 60	kg	0.65	0.57	0.37
20602914	Acero para Anclajes	kg	0.05	0.61	0.03
20800105	Alambre Negro Nø 16	kg	0.04	0.82	0.03

20800110	Cable Eléctrico Vulcanizado 3x12 AWG 600V	m	1.00	0.11	0.11
20800115	Cable Eléctrico Vulcanizado 3x53 mm ² / 3x1/10 AWG	m	0.94	0.36	0.33
20800120	Lámpara 100W x 220V y socket colgante de jebe E-27	und	0.86	0.14	0.12
21000997	Maderas Varias	m ³	0.00	242.86	0.11
21400531	Triplas Plástico 19 MM	m ²	0.03	4.04	0.11
23500017	Clavos Varios	kg	0.03	0.80	0.02
26400019	Herramientas y Utensilios	US \$	0.61	7.96	4.89
27900017	Materiales Varios de Consumo	US \$	2.15	2.55	5.47
28200002	Gasolina	l	0.03	0.86	0.03
28200011	Petróleo Diesel	l	0.01	0.70	0.01
28600019	Grasas	kg	0.00	2.88	
28600025	Grasa lubricante	kg	0.03	7.01	0.23
29800040	Shaft Seal	US \$	0.85	8.90	7.60
	Tubo de concreto armado D=2.5m	m	1.00	266.67	266.67
29999999	Pieza de Mantenimiento	%	0.01	4.89	0.03
	Subcontratado				441.62
31010050	Transporte de Material de Eliminación (Externo + Interno)	m ³	5.67	2.22	12.57
31010055	Transporte de Material de Eliminación Externo (PJ)	m ³	1.40	2.09	2.93
31010060	Proceso y Transporte Material Seleccionado (Arena + Hormigón)	m ³	0.06	5.13	0.29
31010090	Sub Contrato Transporte de Tubos	VIAJE	0.18	101.80	18.77
32102645	Suministro de Agua	m ³	0.73	1.94	1.42
32500033	Relleno Fluido 10 Kg./cm ²	m ³	0.21	42.00	8.64
Código	Descripción	Unid.	Cantidad	C. Unit. Realizado	C. Total Realizado
	UAs - Familia de Equipos				385.59
0560	Equipo de Hincado de Tubos Westfalia LSK 65/13	hm	1.01	291.73	295.57
4007	Generador 58 KW - 73 KVA	hm	0.85	14.90	12.70
4071	Generador Perkins 325 KVA	hm	1.01	27.52	27.88
4151	Grúa Neumática 50 ton	hm	1.01	60.33	61.12
	UAs - Otras Reversiones				20.06
9000	Taller Mecánico	h	0.01	3.70	0.03
9005	Taller de Lubricación	h	0.00	13.46	0.03
9010	Taller Industrial	h			

Resultado de la simulación del Modelo Real en el EZstrobe
(Usando los reportes estadísticos de tiempos de las Tablas 7.5 y Tabla 7.6)

Tabla 7.10 Costos Unitarios Realizados - Modelo Real					
UAs - Comparativo de las Composiciones Unitarias (PA) / (Costo Real)					
UA/Insumos			Composición Unitaria - UA (Acumulado)		
Código	Descripción	Unid. Medida	Cantidad	C. Unit. Realizado	C. Total Realizado
2110	PJ - Montaje y Desmontaje de Pipe Jacking	UND			16,598.56
	Mano de Obra		1,922.51	22.15	6,338.28
11066202	Oficial	hh	120.16	3.21	385.70
11067012	Peón	hh	720.94	2.74	1,975.38
12062612	Operario	hh	720.94	3.38	2,436.78
13061667	Operario Semi Especialista	hh	120.16	3.31	397.72
13061764	Operario Especialista	hh	120.16	3.91	469.81
15051134	Capataz	hh	120.16	5.60	672.88
	UAs - Familia de Equipos				10,260.28
1630	Camión Baranda C/MUNCK M.B. L1313/48 5T 130H	hm	0.00	17.29	0.00
1812	Camión Semi-trailer.50T SC T112E 6X4 305 HP	hm	5.81	89.52	520.09
4007	Generador 58 KW - 73 KVA	hm	139.04	14.90	2,071.64
4071	Generador Perkins 325 KVA	hm	42.96	27.52	1,182.13
4151	Grúa Neumática 50 ton	hm	41.28	60.33	2,490.35
4151	Grúa Neumática 50 ton	hm	4.98	85.61	426.07
560	Equipo de Hincado de Tubos Westfalia LSK 65/13	hm	12.24	291.73	3,570.02
	UAs - Otras Revisiones				0.00
9000	Taller Mecánico	h	0.00	7.07	0.00
9005	Taller de Lubricación	h			
9010	Taller Industrial	h	0.00	9.59	0.00
Código	Descripción	Unid.	Cantidad	C. Unit. Realizado	C. Total Realizado
2130	PJ - Excavación e Instalación de Tuberías con	m			1,129.80
	Mano de Obra		31.09		111.86
11066202	Oficial	hm	2.12	3.21	6.81
11067012	Peón	hm	12.72	2.74	34.86
12062612	Operario	hm	12.72	3.38	43.01
13061667	Operario Semi Especialista	hm	2.12	3.31	7.02
13061764	Operario Especialista	hm	2.12	3.91	8.29
15051134	Capataz	hm	2.12	5.60	11.88
	Material				340.31
20301915	Bentonita	kg	22.16	0.40	8.84
20301917	Baritina	kg			
20301919	Polímero	kg	0.37	116.54	43.31
20301920	Mangas de Ventilación D=60 cm.	m	1.00	0.52	0.52
20301930	Tubería Alvenius 2" - Agua Industrial	m	1.00	1.23	1.23

20301935	Ventilador Axial, motor 60 HP y Tablero	US \$	1.00	0.25	0.25
20602798	Acero Diámetro Grado 60	kg	0.65	0.57	0.37
20602914	Acero para Anclajes	kg	0.05	0.61	0.03
20800105	Alambre Negro Nø 16	kg	0.04	0.82	0.03
20800110	Cable Eléctrico Vulcanizado 3x12 AWG 600V	m	1.00	0.11	0.11
20800115	Cable Eléctrico Vulcanizado 3x53 mm2 / 3x1/10 AWG	m	0.94	0.36	0.33
20800120	Lámpara 100W x 220V y socket colgante de jebe E-27	und	0.86	0.14	0.12
21000997	Maderas Varias	m3	0.00	242.86	0.11
21400531	Triplas Plástico 19 MM	m2	0.03	4.04	0.11
23500017	Clavos Varios	kg	0.03	0.80	0.02
26400019	Herramientas y Utensilios	US \$	0.61	7.96	4.89
27900017	Materiales Varios de Consumo	US \$	2.15	2.55	5.47
28200002	Gasolina	l	0.03	0.86	0.03
28200011	Petróleo Diesel	l	0.01	0.70	0.01
28600019	Grasas	kg	0.00	2.88	
28600025	Grasa lubricante	kg	0.03	7.01	0.23
29800040	Shaft Seal	US \$	0.85	8.90	7.60
	Tubo de concreto armado D=2.5m	m	1.00	266.67	266.67
29999999	Pieza de Mantenimiento	%	0.01	4.89	0.03
	Subcontratado				44.62
31010050	Transporte de Material de Eliminación (Externo + Interno)	m3	5.67	2.22	12.57
31010055	Transporte de Material de Eliminación Externo (PJ)	m3	1.40	2.09	2.93
31010060	Proceso y Transporte Material Seleccionado (Arena + Hormigón)	m3	0.06	5.13	0.29
31010090	Sub Contrato Transporte de Tubos	VIAJE	0.18	101.80	18.77
32102645	Suministro de Agua	m3	0.73	1.94	1.42
32500033	Relleno Fluido 10 Kg /cm2	m3	0.21	42.00	8.64
Código	Descripción	Unid:	Cantidad	C. Unit. Realizado	C. Total Realizado
	UAs - Familia de Equipos				633.02
560	Equipo de Hincado de Tubos Westfalia LSK 65/13	hm	1.75	291.73	511.39
4007	Generador 58 KW - 73 KVA	hm	2.06	14.90	30.65
4071	Generador Perkins 325 KVA	hm	2.05	27.52	56.38
4151	Grúa Neumática 50 ton	hm	0.57	60.33	34.60
	UAs - Otras Reversiones				0.00
9000	Taller Mecánico	h	0.00	3.70	0.00
9005	Taller de Lubricación	h	0.00	13.46	0.00
9010	Taller Industrial	h			

Reporte de los Costos de Producción

Tabla 7.11 Análisis de Costo - Modelo Base					
	COSTO				COSTO
	EQUIPO	MANO DE OBRA	MATERIALES	SUB CONTRATO	
SUBTOTAL (\$)	5,720.81	1,385.52	1,385.52	0.00	8491.85
PRODUCCIÓN (\$/ML)	385.59	101.99	340.31	44.62	872.51
PRODUCCIÓN (\$)	78,660.36	20,805.96	69,422.56	9,102.48	177,991.36
Costo Total (\$)	84,381.17	22,191.48	70,808.08	9,102.48	186,483.21

Tabla 7.12 Análisis de Costo - Modelo Real						
	COSTO				COSTO	COSTO HORA
	EQUIPO	MANO DE OBRA	MATERIALES	SUB CONTRATO		
MONTAJE	6567.34	2633.19	0.00	0.00	9200.53	
DESMONTAJE	3531.5	3705.09	0.00	0.00	7236.59	
SUBTOTAL (\$)	10,098.84	6,338.28	0.00	0.00	16437.12	128.21
PRODUCCIÓN (\$/ML)	633.01	111.86	340.31	44.62	1129.80	
PRODUCCIÓN (\$)	129,135.00	22,819.50	69,423.21	9,102.48	230,480.19	549.29
COSTO TOTAL (\$)	139,233.84	29,157.78	69,423.21	9,102.48	246,917.31	

7.2. MODELO PROPUESTO

7.2.1. Estadística Inferencial: Prueba de bondad de Ajuste con el programa estadístico @RISK.

Los detalles de cálculo de la Tabla 7.13 se encuentran en el Anexo "E" Y "F"

Tabla 7.13: Funciones de cada actividad				
Nº	ACTIVIDAD	FUNCIÓN	FORMA	VALORES
MONTAJE				
2	Bajar Primer riel Guía	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (29.10, 1.97)
3	Bajar Segundo riel Guía	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (30.8, 3.28)
4	Empernar Soldar Shield y nivelar	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (180.35, 15.26)
6	Instalar, soldar accesorios de Shield	Normal	Normal (μ, σ)	Normal (360.55, 18.98)
Para introducir la Retroexcavadora con vagón de 1 m ³				
9	Excavar con retroexcavadora	Triangular	Triangular (mín., moda, máx.)	Triangular (0.03, 0.07, 0.19)
10	Jalar Material	Triangular	Triangular (mín., moda, máx.)	Triangular (0.03, 0.07, 0.19)
11	Colocar material en Faja Primaria	Triangular	Triangular (mín., moda, máx.)	Triangular (0.02, 0.03, 0.09)
12	Retomo la retroexcavadora	Triangular	Triangular (mín., moda, máx.)	Triangular (0.03, 0.07, 0.19)
Producción con vagón de 2.7 m ³				
9	Excavación con retroexcavadora	Gamma	Gamma (α, β)	Gamma (3.20, 0.06)
10	Jalar Material	Gamma	Gamma (α, β)	Gamma (3.20, 0.06)
11	Colocar material en Faja Primaria	Gamma	Gamma (α, β)	Gamma (3.20, 0.03)
12	Retorno de la retroexcavadora	Gamma	Gamma (α, β)	Gamma (3.20, 0.06)

15	Izaje y Giro de vagón pequeño lleno	Triangular	Triangular (mín., moda, máx.)	Triangular (1.05,1.05,4.37)
17	Traslado del volquete	Triangular	Triangular (mín., moda, máx.)	Triangular (19.15,28.35,28.35)
20	Desmontaje de cilindros hidráulicos pequeños	Normal	Normal (μ , σ)	Normal (30.09,2.79)
24	Montaje de Estación Principal	Normal	Normal (μ , σ)	Normal (239.57,23.06)
27	Montaje de Pórtico Láser	Normal	Normal (μ , σ)	Normal (89.54,4.68)
28	Cambio de anillo de madera	Normal	Normal (μ , σ)	Normal (180.16,21.52)
30	Izaje y giro de tubo de concreto D = 2.5 m	Exponencial	Exponencial (μ)	Exponencial (2.17)
PRODUCCIÓN				
2	Izar y Girar vagón vacío de 2.7 m ³	Gamma	Gamma (α , β)	Gamma (1.23,0.33)
3	Descender vagón vacío de 2.7 m ³	Triangular	Triangular (mín., moda, máx.)	Triangular (0.38,1.10,2.35)
4	Ingreso de vagón vacío de 2.7 m ³	Triangular	Triangular (mín., moda, máx.)	Triangular (0.71,1.02,2.49)
10	Salida total del vagón del túnel	Triangular	Triangular (mín., moda, máx.)	Triangular (0.62,2.65,6.09)
11	Izaje, Giro y Descenso de vagón lleno	Normal	Normal (μ , σ)	Normal (1.58,0.54)
13	Izaje, giro de vagón lleno y Vaciado del material en el volquete	Triangular	Triangular (mín., moda, máx.)	Triangular (1.72,3.83,5.88)
15	Cambio de viga metálica por estrobos 1 / 2	Uniforme	Uniform (mín., máx.)	Uniform (4.36,6.98,8.67)
18	Habilitación de Estación Intermedia 01 y 02	Normal	Normal (μ , σ)	Normal (2.97,168.33)
DESMONTAJE				
3	Empuje total	Normal	Normal (μ , σ)	Normal (180.13,11.89)
5	Izaje de Shield	Normal	Normal (μ , σ)	Normal (65.71,21.89)
6	Izaje de Faja Secundaria de Pozo de salida 01	Normal	Normal (μ , σ)	Normal (24.28,1.33)
16	Desmontaje de Estación Intermedia 01 y 02	Normal	Normal (μ , σ)	Normal (540.00,18.84)

17	Cortar y Esmerilar Estación Intermedia 01 y 02	Normal	Normal (μ , σ)	Normal (119.80,19.20)
18	Cierre de Estación Intermedia 01 y 02	Normal	Normal (μ , σ)	Normal (239.47,11.08)
20	Transporte del sistema de Bentonita desde Estación Intermedia 02 hasta Pozo de Empuje 01.	Normal	Normal (μ , σ)	Normal (240.97,28.09)
21	Levantamiento y Transporte de Maderas y Rieles desde Estación Intermedia 01 hasta Estación Intermedia 02	Normal	Normal (μ , σ)	Normal (299.57,25.62)
31	Desmontaje de Estación Principal	Normal	Normal (μ , σ)	Normal (299.54,35.55)

7.2.4. Reporte de resultados de la Simulación del modelo.

Los detalles del reporte estadístico de tiempo se encuentran en el Anexo "G"

	GENER 73KVA	GENER 325KVA	GRÚA_1 50ton	GRÚA_2 50ton	CAMA BAJA	EQUIPO HINCADO
MONTAJE	39.49	25.81	17.21	0.41		9.80
DESMONTAJE	52.48	9.76	28.07	2.63	6.97	
SUBTOTAL	91.96	35.57	45.29	3.04	6.97	9.80
PRODUCCIÓN	291.48	290.30	96.22			290.30
TOTAL	383.44	325.87	141.51	3.04	6.97	300.10

	HORAS	DIAS	SEMANAS
MONTAJE	39.49	1.79	0.30
DESMONTAJE	52.48	2.39	0.40
SUBTOTAL	91.96	4.18	0.70
PRODUCCIÓN	291.48	14.57	2.43
TOTAL	383.44	18.75	3.13

Reporte de los Índices de Producción

No TUBOS 68
METROS LINEALES 204

PRODUCTIVIDAD	Metro lineal	Tubo
PRODUCCIÓN HORARIA	0.70 (ml/h)	0.23 (tubo/h)
PRODUCCIÓN DIARIA	14.0 (ml/día)	4.67 (tubo/día)
COSTO UNITARIO	ML	Tubo
COSTO PRODUCCIÓN	983.66 (US \$/ml)	2,950.99 (US \$/ml)

No TUBOS 71
METROS LINEALES 213

PRODUCTIVIDAD	Metro lineal	Tubo
TOTAL	0.56 (ml/h)	0.19 (tubo/h)
COSTO UNITARIO	Metro lineal	Tubo
TOTAL	1,004.88 (US \$/ml)	3,014.64 (US \$/tubo)

Resultado de la simulación del Modelo Propuesto en el EZstrobe
(Usando los reportes estadísticos de tiempos de las Tablas 7.17 y Tabla 7.18)

TABLA 7.21 Costos Unitarios Realizados - Modelo Propuesto					
UAs - Comparativo de las Composiciones Unitarias (PA) / (Costo Real)					
UA/Insumos			Composición Unitaria - UA (Acumulado)		
Código	Descripción	Unid. Medida	Cantidad	C. Unit. Realizado	C. Total Realizado
2110	PJ - Montaje y Desmontaje de Pipe Jacking	UND			13,372.07
	Mano de Obra:		1,379.10	22.15	4,546.71
11066202	Oficial	hh	86.19	3.21	276.68
11067012	Peón	hh	517.16	2.74	1,417.02
12062612	Operario	hh	517.16	3.38	1,748.01
13061667	Operario Semi Especialista	hh	86.19	3.31	285.30
13061764	Operario Especialista	hh	86.19	3.91	337.02
15051134	Capataz	hh	86.19	5.60	482.68
	UAs - Familia Equipos				8,825.36
1630	Camión Baranda C/MUNCK M.B. L1313/48 5T 130H	hm	0.00	17.29	0.00
1812	Camión Semitrayer 50T SC T112E 6X4 305 HP	hm	6.97	89.52	623.76
4007	Generador 58 KW - 73 KVA	hm	91.96	14.90	1,370.27
4071	Generador Perkins 325 KVA	hm	35.57	27.52	978.93
4151	Grúa Neumática 50 ton	hm	45.29	60.33	2,732.13
4151	Grúa Neumática 50 ton	hm	3.04	85.61	260.11
0560	Equipo de Hincado de Tubos Westfalia LSK 65/13	hm	9.80	291.73	2,860.15
	UAs - Otras Reversiones				0.00
9000	Taller Mecánico	h	0.00	7.07	0.00
9005	Taller de Lubricación	h			
9010	Taller Industrial	h	0.00	9.59	0.00
Código	Descripción	Unid.	Cantidad	C. Unit. Realizado	C. Total Realizado
2130	PJ - Excavación e Instalación de Tuberías	ml			966.68
	Mano de Obra:		31.09		77.70
11066202	Oficial	hh	1.47	3.21	4.73
11067012	Peón	hh	8.84	2.74	24.22
12062612	Operario	hh	8.84	3.38	29.87
13061667	Operario Semi Especialista	hh	1.47	3.31	4.88
13061764	Operario Especialista	hh	1.47	3.91	5.76
15051134	Capataz	hh	1.47	5.60	8.25
	Material:				340.31
20301915	Bentonita	kg	22.16	0.40	8.84
20301917	Baritina	kg			
20301919	Polimero	kg	0.37	116.54	43.31
20301920	Mangas de Ventilación D=60 cm	m	1.00	0.52	0.52

20301930	Tubería Alvenius 2" - Agua Industrial	m	1.00	1.23	1.23
20301935	Ventilador Axial, motor 60 HP y Tablero	US \$	1.00	0.25	0.25
20602798	Acero Div. Diámetro Grado 60	kg	0.65	0.57	0.37
20602914	Acero para Anclajes	kg	0.05	0.61	0.03
20800105	Alambre Negro Nø 16	kg	0.04	0.82	0.03
20800110	Cable Eléctrico Vulcanizado 3x12 AWG 600V	m	1.00	0.11	0.11
20800115	Cable Eléctrico Vulcanizado 3x53 mm ² / 3x1/10 AWG	m	0.94	0.36	0.33
20800120	Lámpara 100W x 220V y socket colgante de jebe E-27	und	0.86	0.14	0.12
21000997	Maderas Varias	m ³	0.00	242.86	0.11
21400531	Triplay Plastificado 19 MM	m ²	0.03	4.04	0.11
23500017	Clavos Varios	kg	0.03	0.80	0.02
26400019	Herramientas y Utensilios	US \$	0.61	7.96	4.89
27900017	Materiales Varios de Consumo	US \$	2.15	2.55	5.47
28200002	Gasolina	l	0.03	0.86	0.03
28200011	Petróleo Diesel	l	0.01	0.70	0.01
28600019	Grasas	kg	0.00	2.88	
28600025	Grasa lubricante	kg	0.03	7.01	0.23
29800040	Shaft Seal	US \$	0.85	8.90	7.60
	Tubo de concreto armado D=2.5m	m	1.00	266.67	266.67
29999999	Pieza de Mantenimiento.	%	0.01	4.89	0.03
	Subcontratado				44.62
31010050	Transporte de Material de Eliminación (Externo + Interno)	m ³	5.67	2.22	12.57
31010055	Transporte de Material de Eliminación Externo (PJ)	m ³	1.40	2.09	2.93
31010060	Proceso y Transporte Material Seleccionado (Arena + Hormigón)	m ³	0.06	5.13	0.29
31010090	Sub Contrato Transporte de Tubos	VIAJE	0.18	101.80	18.77
32102645	Suministro de Agua	m ³	0.73	1.94	1.42
32500033	Relleno Fluido 10 Kg/cm ²	m ³	0.21	42.00	8.64
Código	Descripción	Unid.	Cantidad	C. Unit. Realizado	C. Total Realizado
	UAS - Fam. Equipos				504.05
0560	Equipo de Hincado de Tubos Westfalia LSK 65/13	hm	1.42	291.73	415.14
4007	Generador 58 KW - 73 KVA	hm	1.43	14.90	21.29
4071	Generador Perkins 325 KVA	hm	1.42	27.52	39.16
4151	Grúa Neumática 50 ton	hm	0.47	60.33	28.46
	UAS - Otras Reversiones				0.00
9000	Taller Mecánico	h	0.00	3.70	0.00
9005	Taller de Lubricación	h	0.00	13.46	0.00
9010	Taller Industrial	h			

Reporte de los Costos de Producción

	EQUIPOS	MANO DE OBRA	MATERIAL	SUB CONTRATO	COSTO	COSTO HORARIO
MONTAJE	5,232.26	1,952.31	0.00	0.00	7,184.57	
DESMONTAJE	3,593.10	2,594.40	0.00	0.00	6,187.50	
SUBTOTAL (\$)	8,825.36	4,546.71	0.00	0.00	13,372.07	145.41
PRODUCCIÓN (\$/ML)	504.04	77.70	340.31	44.62	966.68	
PRODUCCIÓN (\$)	102,825.00	15,851.70	69,423.21	9,102.48	197,202.39	676.56
COSTO TOTAL (\$)	111,650.36	20,398.41	69,423.21	9,102.48	210,574.46	

7.2.5. Comparación de resultados de la Simulación del Modelo Real y Propuesto del Sistema.

	Modelo Real	Modelo Propuesto	(Modelo Propuesto-Modelo Real)	% Diferencia
MONTAJE	2.42	1.79		
DESMONTAJE	3.41	2.39		
SUBTOTAL	5.83	4.18	1.65	28.27%
PRODUCCIÓN	20.98	14.57	6.41	30.53%
TOTAL	26.81	18.75	8.05	30.04%

	Modelo Base	Modelo Real	Modelo Propuesto	(Modelo Propuesto-Modelo Real)	% Total
MONTAJE	4,753.24	9,200.53	7,184.57		
DESMONTAJE	3,738.21	7,236.59	6,187.50		
SUBTOTAL (\$)	8,491.85	16,437.12	13,372.07	3,065.05	1.24%
PRODUCCIÓN (\$/ML)	872.51	1,129.80	966.68		
PRODUCCIÓN (\$)	177,991.36	230,480.19	197,202.39	33,277.80	13.48%
COSTO TOTAL	186,483.21	246,917.31	210,574.46	36,342.85	14.72%

*Se consideran 68 Tubos colocados dentro de Producción

Tabla 7.25 Productividad–Cuadro Comparativo Modelo Real & Propuesto				
	Mod_real		Mod_propuesto	
	Metro lineal	Tubo	Metro lineal	Tubo
PRODUCTIVIDAD				
PRODUCCIÓN DIARIA	9.72 (ml/h)	3.24 (tubo/h)	14.00 (ml/h)	4.67 (tubo/h)
COSTO UNITARIO				
COSTO PRODUCCIÓN	1.146.79 (US \$/m)	3.440.37 (US \$/tubo)	983.66 (US \$/ml)	2.950.9 (US \$/tubo)

NOTAS:

1. El modelo base presentó menor costo que el modelo real debido a que subestimaron la cantidad de equipos y mano de obra por falta de información en este tipo de trabajo.
2. Se ha mantenido constante la cantidad y costo unitario por unidad de metro lineal de material y subcontrato de los costos unitarios Base (Tabla 7.9) tanto para el modelo real como para el modelo propuesto.
3. En base a observaciones y un análisis estadístico (Ítem 7.1.1), se armó la red del Modelo Real (Ítem 7.1.2), obteniendo resultados de su Simulación (Ítem 7.1.3).
4. Se armó varias redes Propuestas eliminando todas las actividades que no agregaban valor, reduciendo los flujos y reordenando los procesos en serie a procesos en paralelo, todo con el fin de saber si se podía llegar a un Costo y tiempo semejante al estimado en el Base.
5. De todas las redes Propuestas la mejor fue la presentada en el Ítem 7.2.2, se obtuvieron composiciones unitarias mayores a la del Modelo Base pero menores al Modelo Real.
6. La mayor reducción entre el Modelo Real y el Propuesto se presenta en el Tiempo 30.04% (Tabla 7.23), seguido de una reducción en el costo de 14.72% (Tabla 7.24).

7.3.2. Diagrama de Flujo:

La **muestra** para calcular la media y desviación estándar fue tomada de la **población correspondiente** a los tramos 16-15 y 17-18 (Ver Figura 7.2) y son:

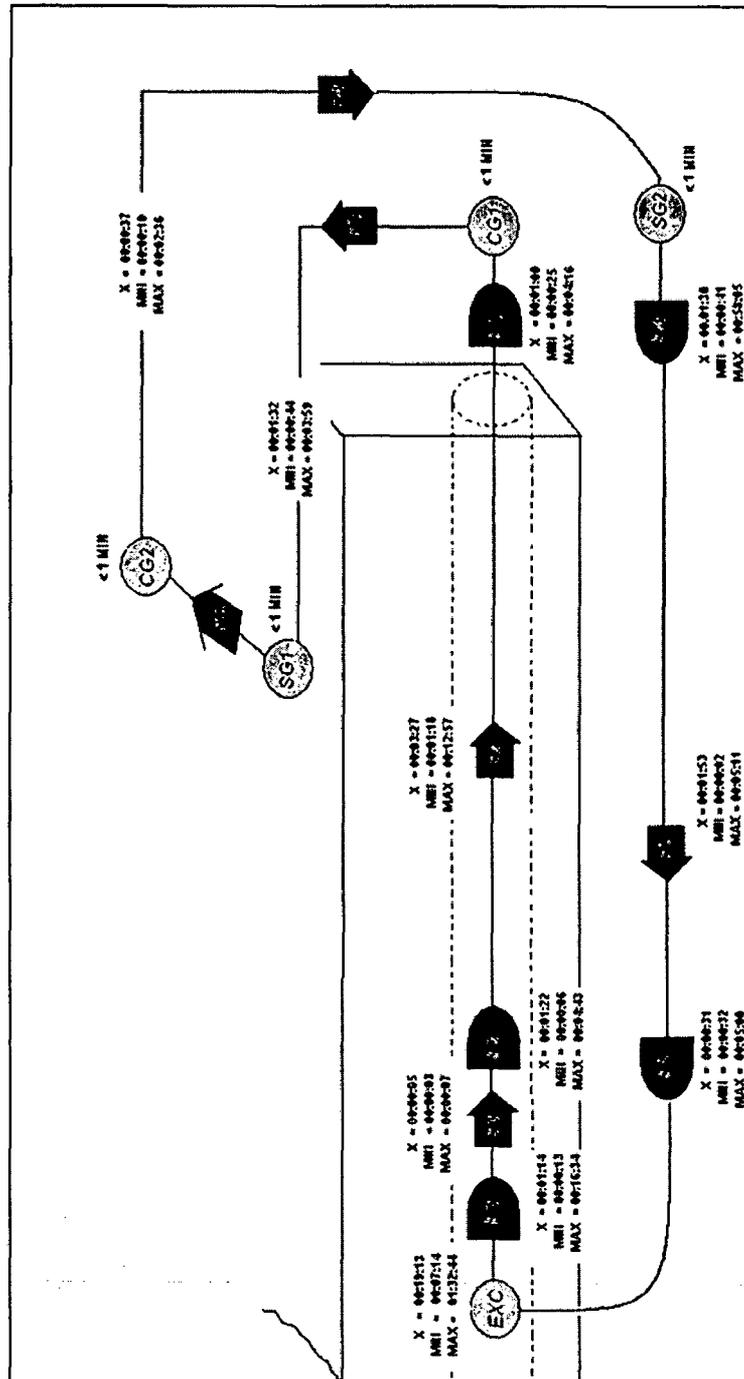


Figura 7.2: Diagrama de Flujo de Producción

Tabla 7.26: Procesos de Producción		
ACTIVIDAD	NOMBRE	TIEMPO
EXC	Llenado de vagón	00:19:13
E1	Espera por comunicación y traslado de peón	00:01:14
T1	Primer traslado	00:00:05
E2	Espera colocación de tapa de vagón y acomodo de material	00:01:22
T2	Salida de vagón del túnel	00:03:27
E3	Espera de viga metálica para vagón	00:01:00
T3	Izaje, giro y descenso de vagón lleno	00:01:40
T4	Izaje, giro y descenso de vagón vacío	00:02:23
E4	Espera por habilitación de vagón y que inicie su transporte	00:01:30
T5	Ingreso de vagón al túnel	00:01:53
E5	Espera para iniciar llenado de vagón	00:00:31
TOTAL TIEMPO DEL CICLO PRODUCTIVO		00:34:18

7.3.3. Diagrama de Control: Los detalles del cálculo de los siguientes diagramas de control, se encuentran en el Anexo “H”

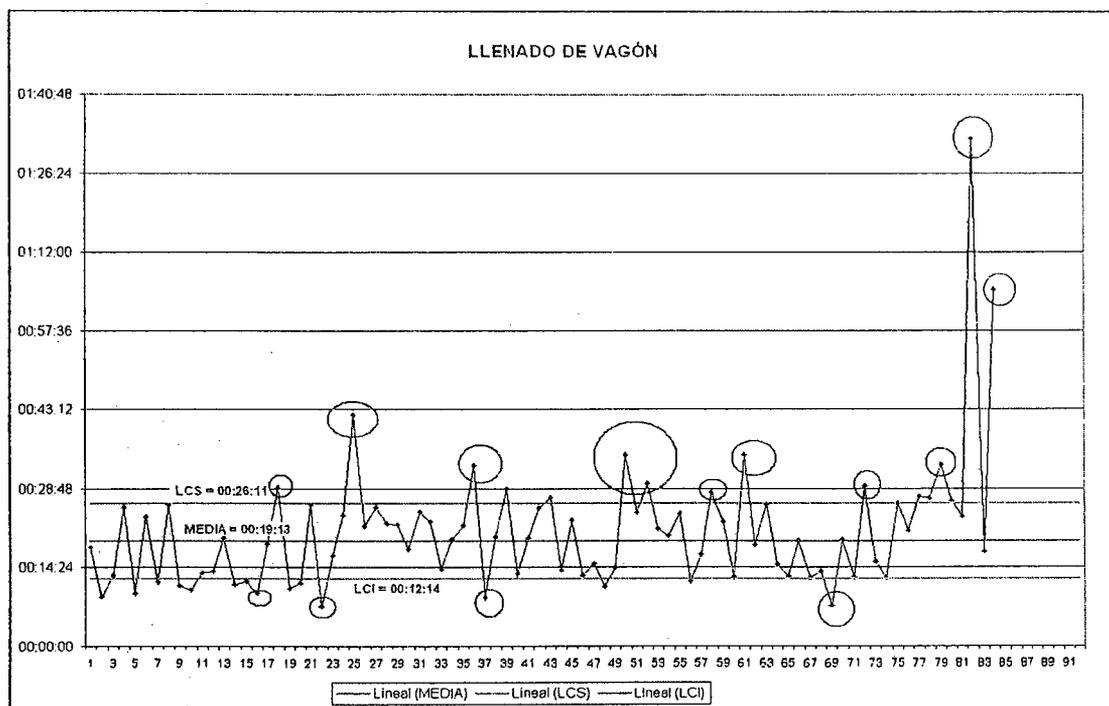


Figura 7.3: Gráfica de Control – Llenado del Vagón - EXC

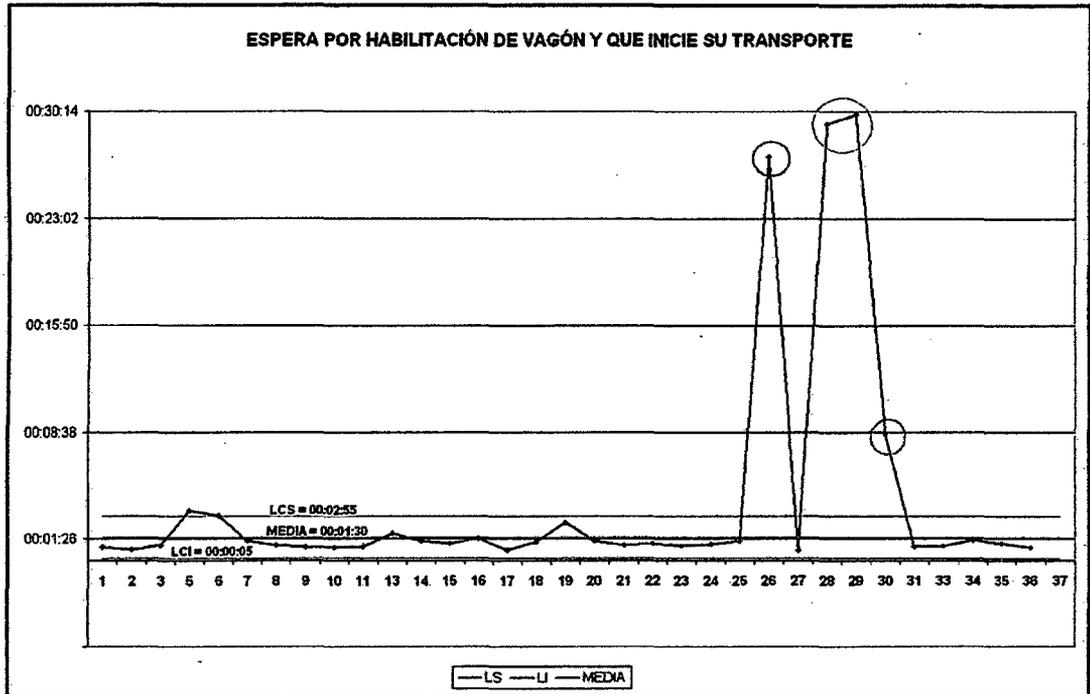


Figura 7.10: Gráfica de Control - Espera por habilitación de vagón y que inicie su transporte - E4

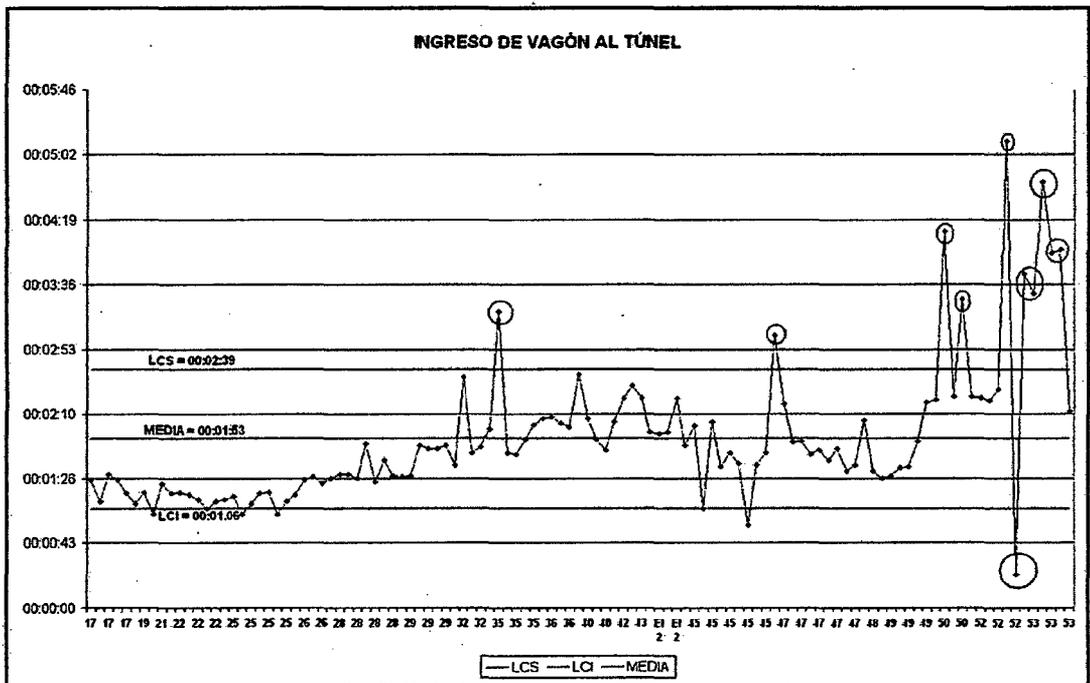


Figura 7.11: Gráfica de Control- Ingreso del Vagón al túnel - T5

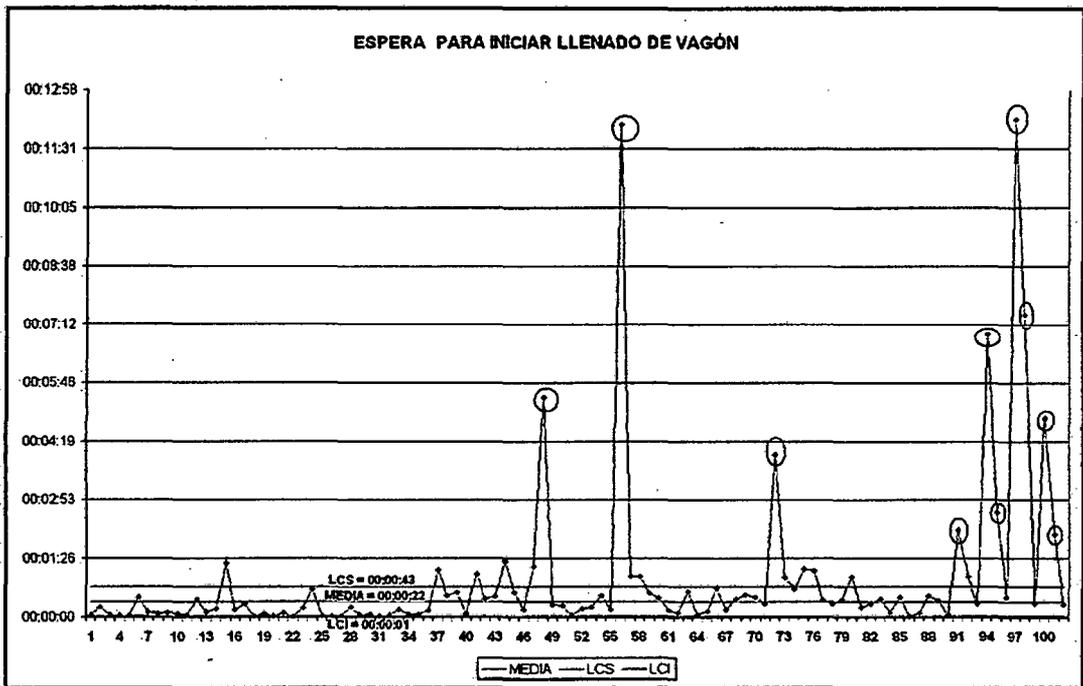


Figura 7.12: Gráfica de Control - Espera para iniciar llenado de vagón - E5

7.3.4. Muestreo General del trabajo: Los detalles del cálculo se encuentran en el Anexo "I"

TRABAJO DE OPERADORES

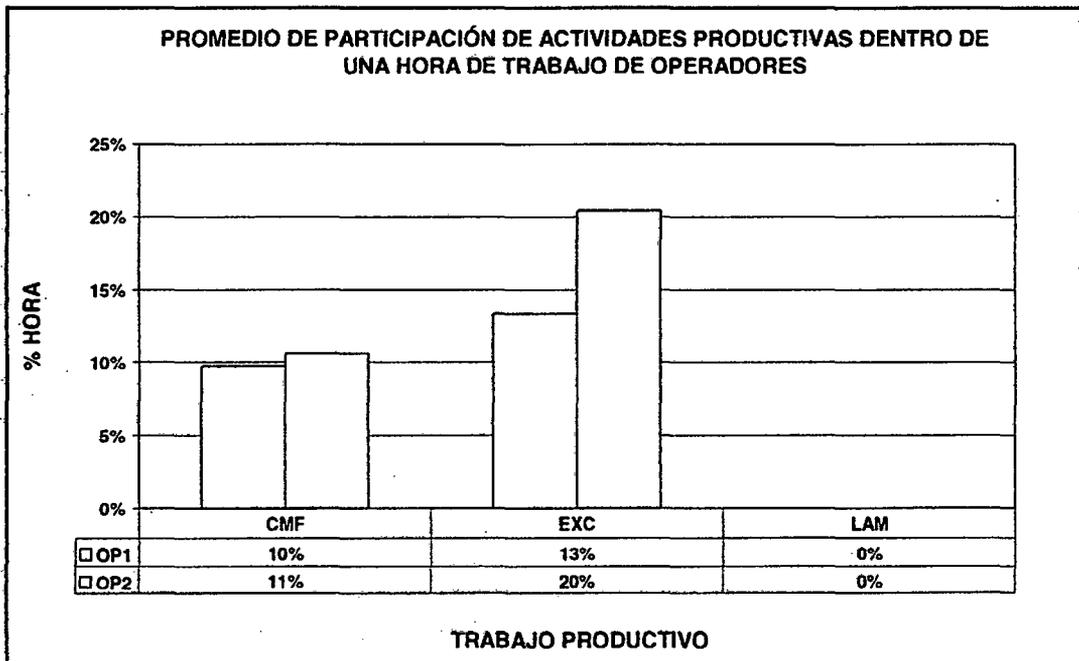


Figura 7.13: Promedio de participación de actividades productivas dentro de una hora de trabajo de operadores.

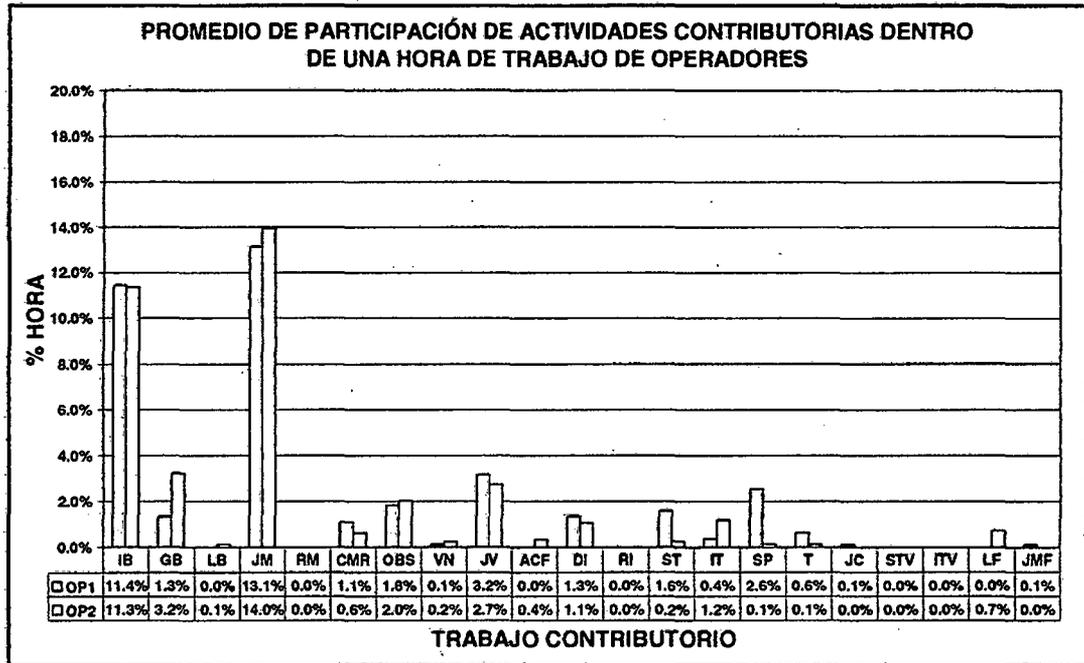


Figura 7.14: Promedio de participación de actividades contributorias dentro de una hora de trabajo de operadores.

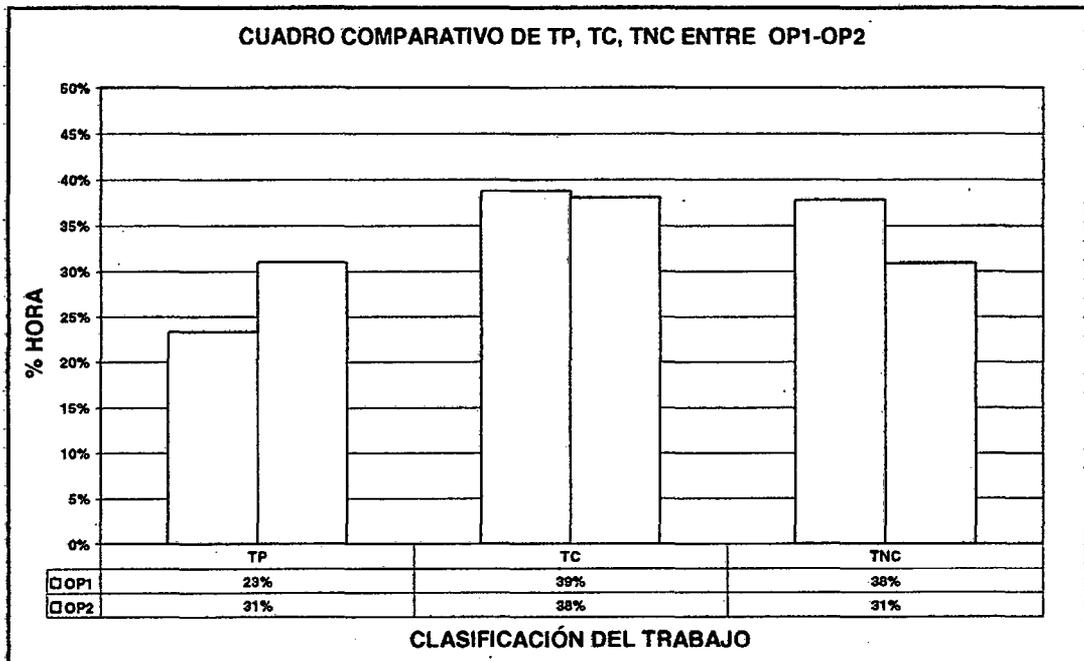


Figura 7.15: Cuadro comparativo de TP, TC, TNC entre OP1-OP2

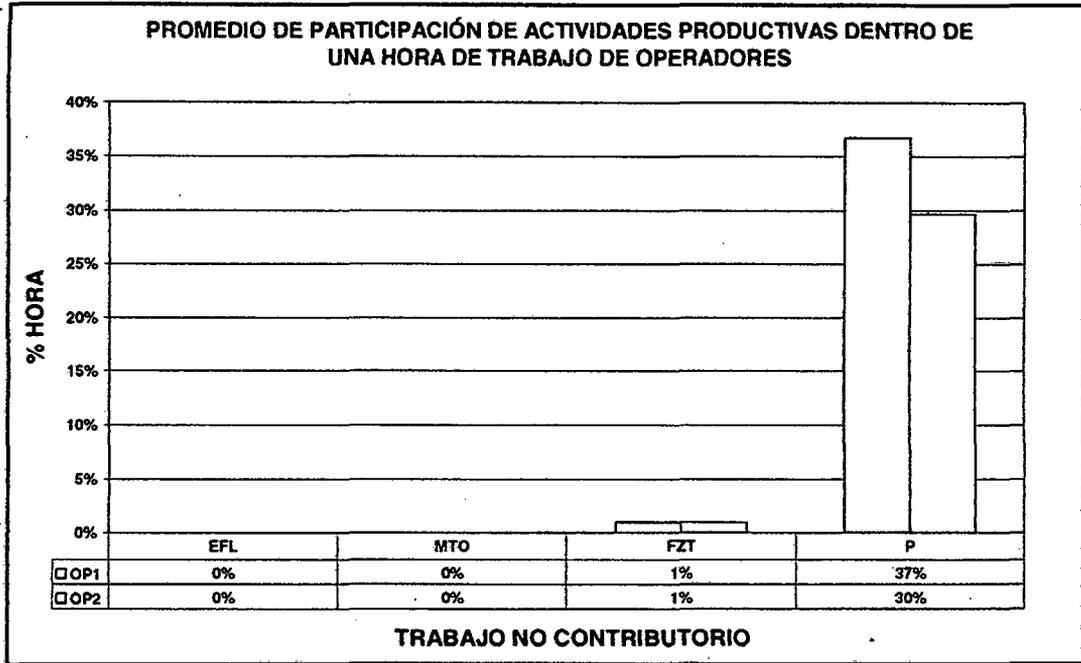


Figura 7.16: Promedio de participación de actividades productivas dentro de una hora de trabajo de operadores

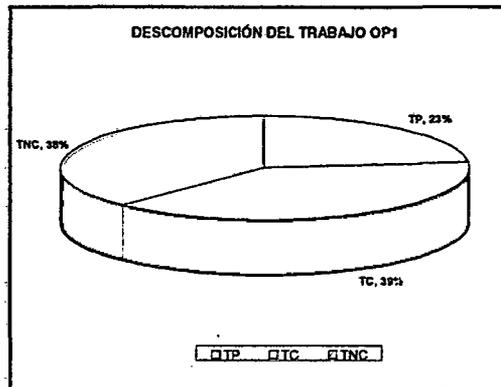


Figura 7.17: Descomposición del trabajo OP1

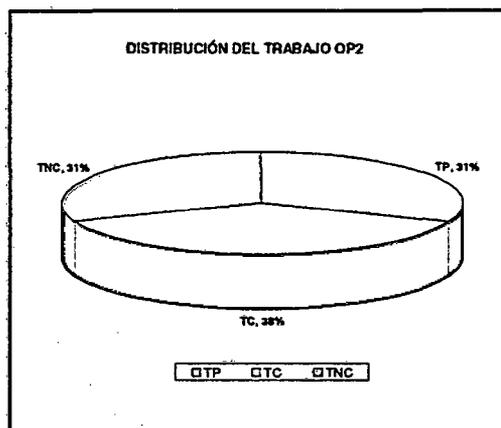


Figura 7.18: Distribución del trabajo OP1

TRABAJO DE PEONES

CUADRILLA 01

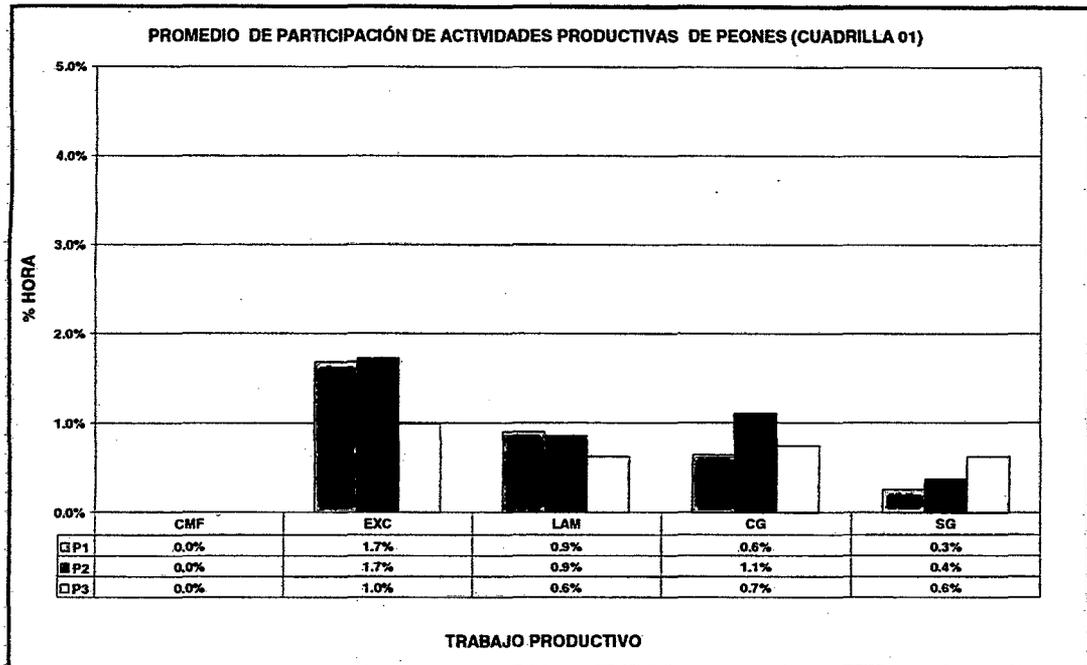


Figura 7.19: Promedio de participación de actividades productivas de Peones (Cuadrilla 01)

CUADRILLA 02

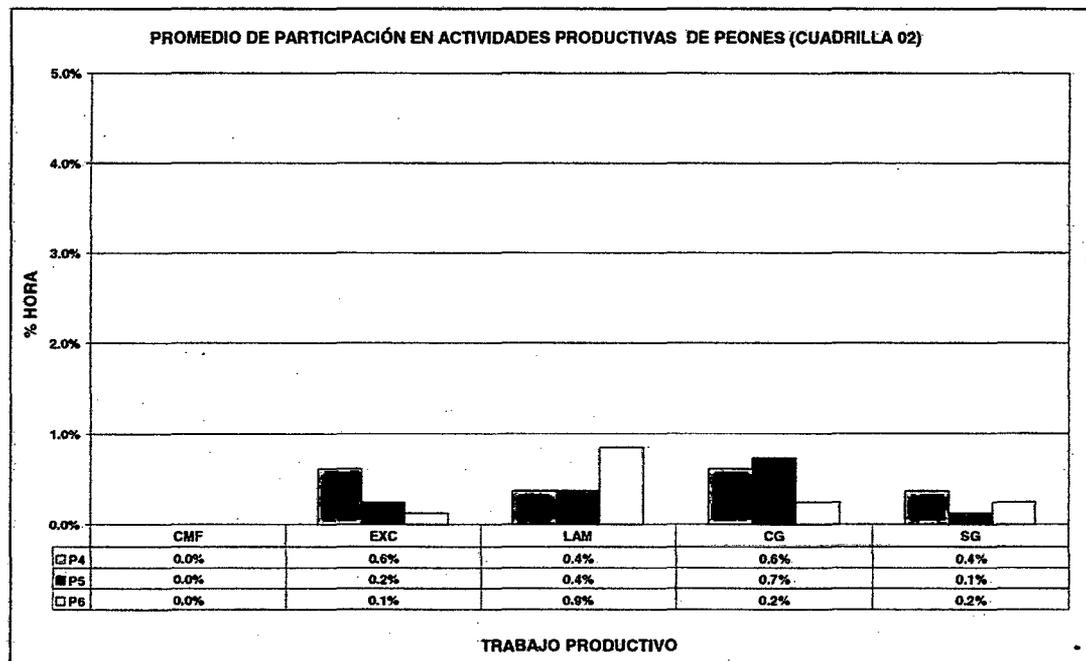


Figura 7.20: Promedio de participación de actividades productivas de Peones (Cuadrilla 02)

CUADRILLA 01

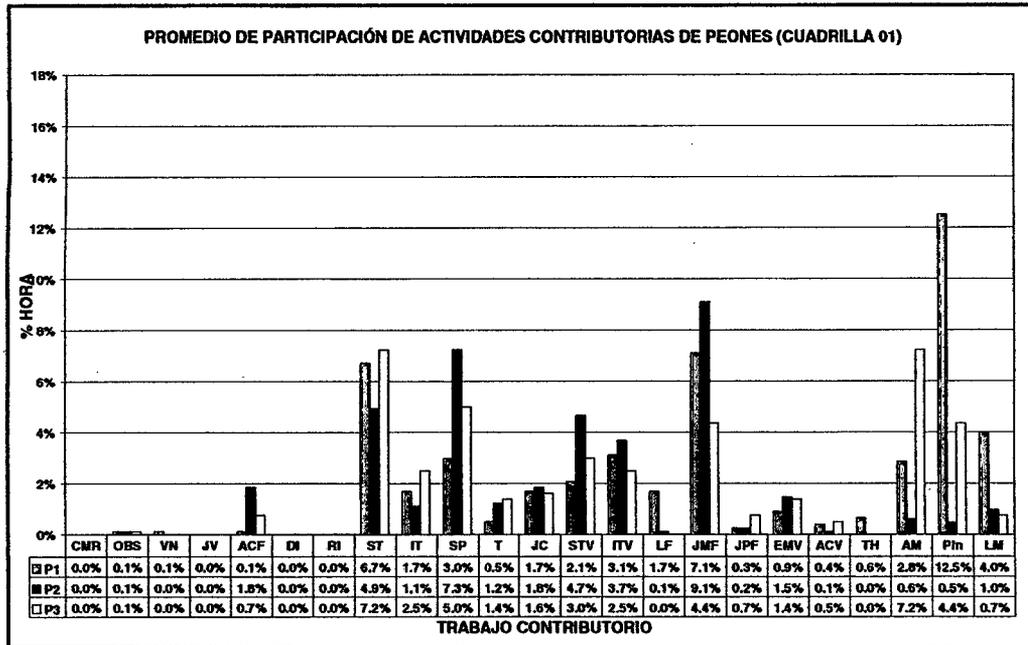


Figura 7.21: Promedio de participación de actividades Contributorias de Peones (Cuadrilla 01)

CUADRILLA 02

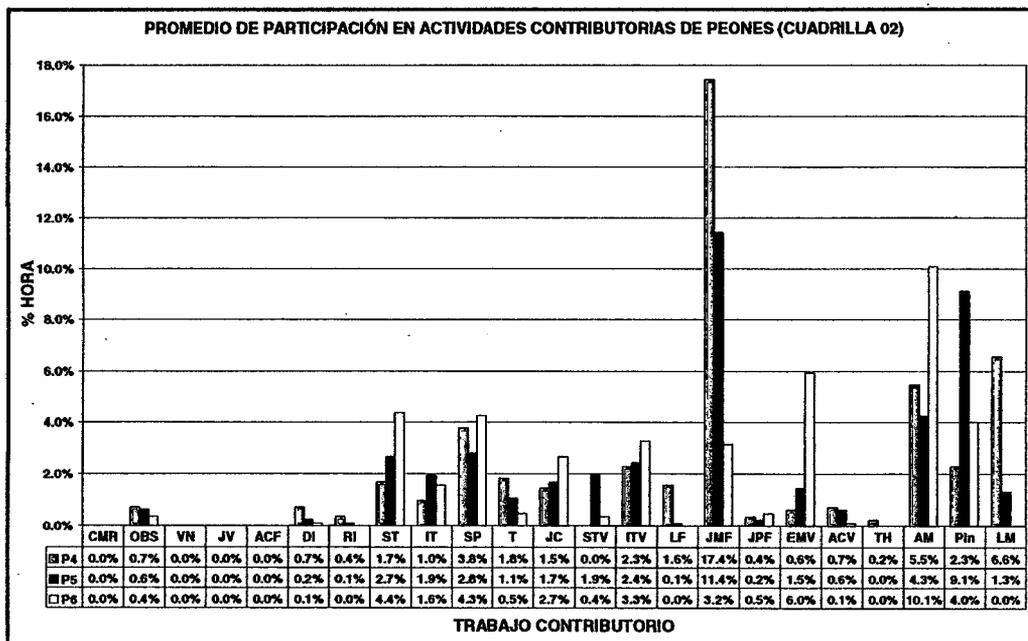


Figura 7.22: Promedio de participación de actividades Contributorias de Peones (Cuadrilla 02)

CUADRILLA 01

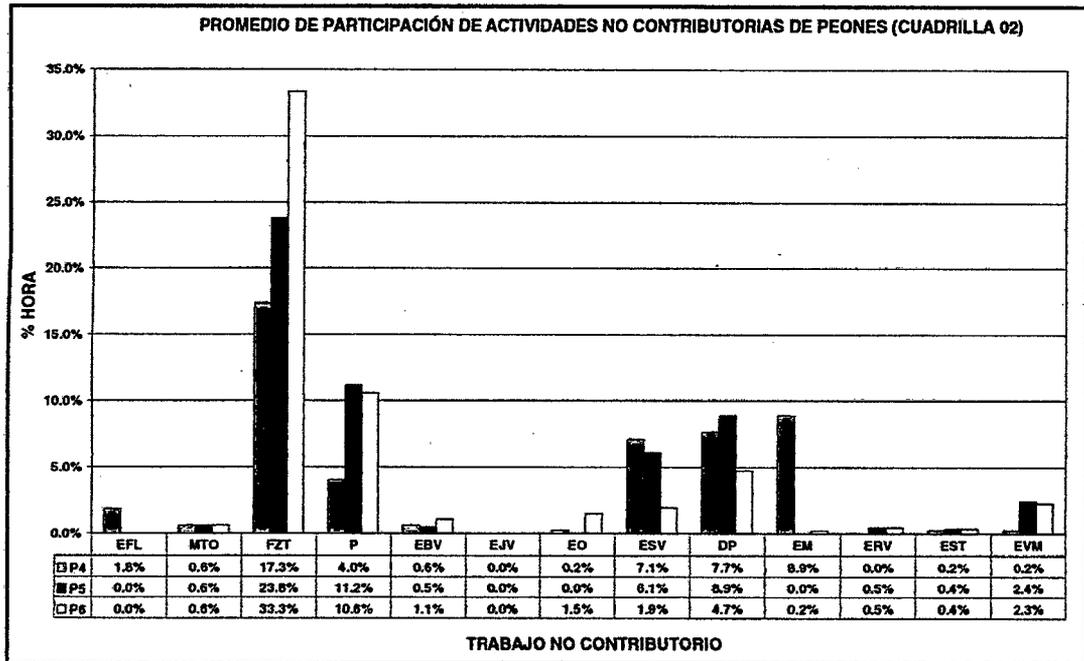


Figura 7.23: Promedio de participación de actividades No Contributorias de Peones (Cuadrilla 01)

CUADRILLA 02

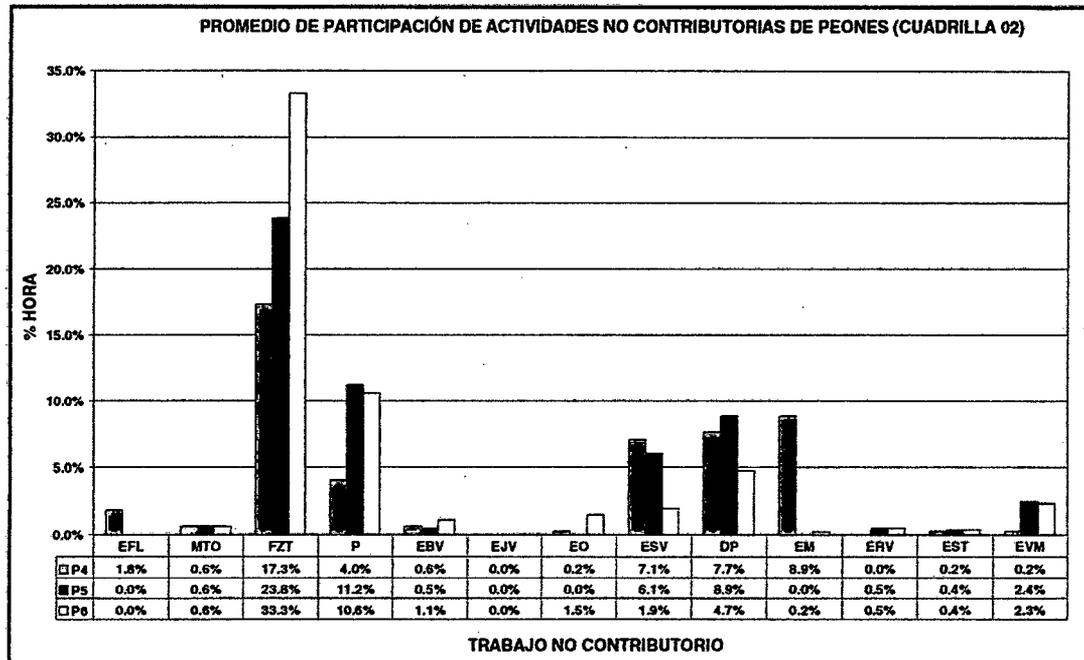


Figura 7.24: Promedio de participación de actividades No Contributorias de Peones (Cuadrilla 02)

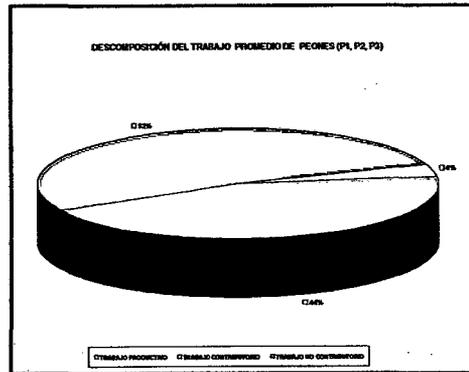


Figura 7.25: Descomposición del trabajo promedio del Peones (P1, P2, P3)

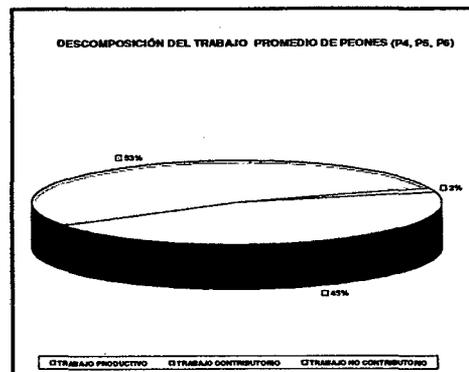


Figura 7.26: Descomposición del trabajo promedio del Peones (P4, P5, P6)

7.3.5. Diagrama de Pareto: Los detalles del cálculo se encuentran en el Anexo "J"

Diagrama de Pareto para Equipo

Tabla 7.27: Diagrama de Pareto para equipos

RECURSO	FRECUENCIA	FRECUENCIA PORCENTUAL	FRECUENCIA PORCENTUAL ACUMULADA
Volquete	55	24%	24%
Grúa	43	19%	44%
Faja	40	18%	61%
Estación Intermedia	30	13%	75%
Shield "Cravadora"	28	12%	87%
Estación Principal	25	11%	98%
Sistema Eléctrico	4	2%	100%
TOTAL	225	100%	

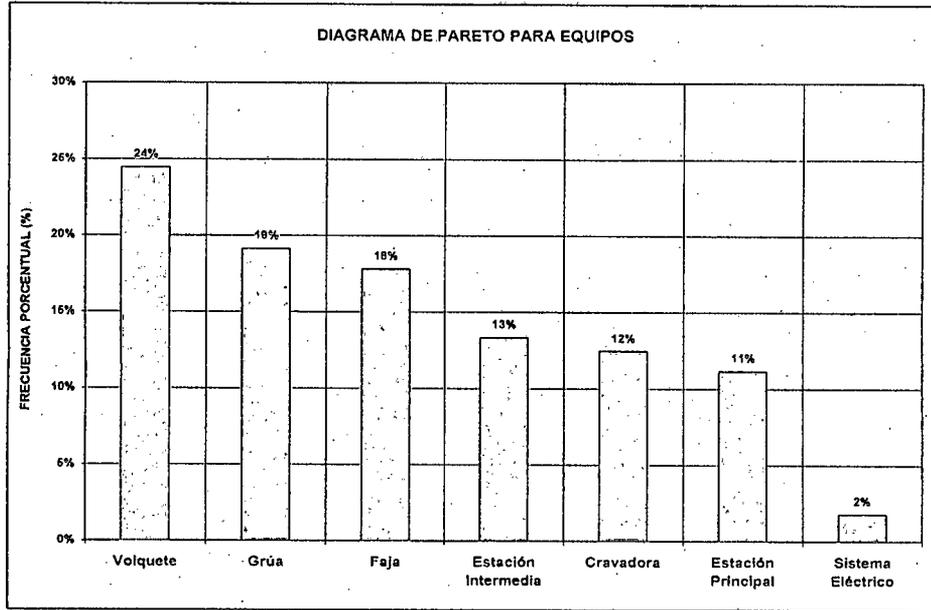


Figura 7.27: Diagra de Pareto para Equipos

Diagrama de Pareto para Materiales

Tabla 7.28: Diagrama de Pareto para equipos

RECURSO	FRECUENCIA	FRECUENCIA PORCENTUAL	FRECUENCIA PORCENTUAL ACUMULADA
Tubo	23	59%	59%
Sistema Hidráulico	16	41%	100%
TOTAL	39	100%	

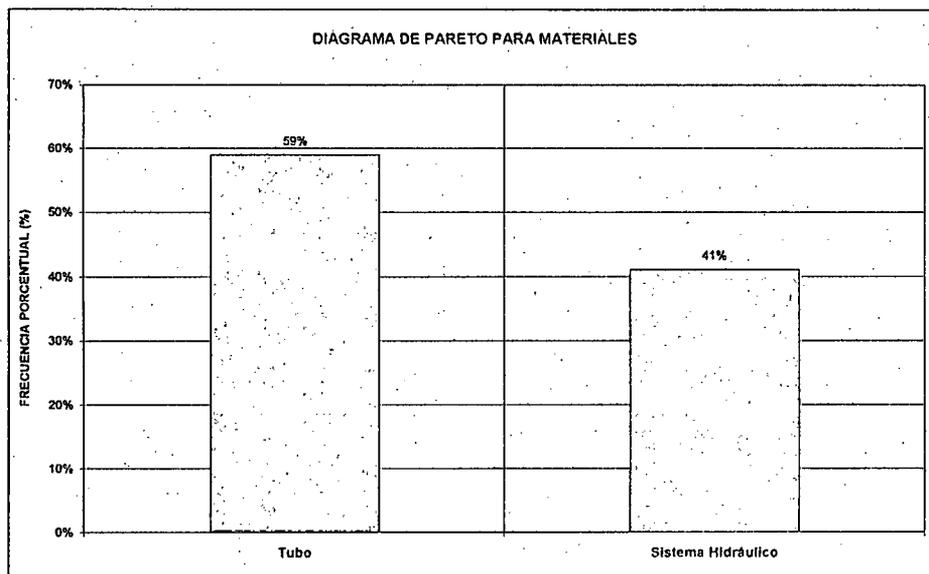


Figura 7.28: Diagrama de Pareto para Materiales

Diagrama de Pareto para Mano de Obra

Tabla 7.29: Diagrama de Pareto para Mano de Obra

RECURSO	FRECUENCIA	FRECUENCIA PORCENTUAL	FRECUENCIA PORCENTUAL ACUMULADA
Mano de obra fuera del área de trabajo	28	38%	38%
Trabajo rehecho	19	26%	64%
Mano de obra no calificada	17	23%	88%
Falta de concentración	9	12%	100%
TOTAL	73	100%	

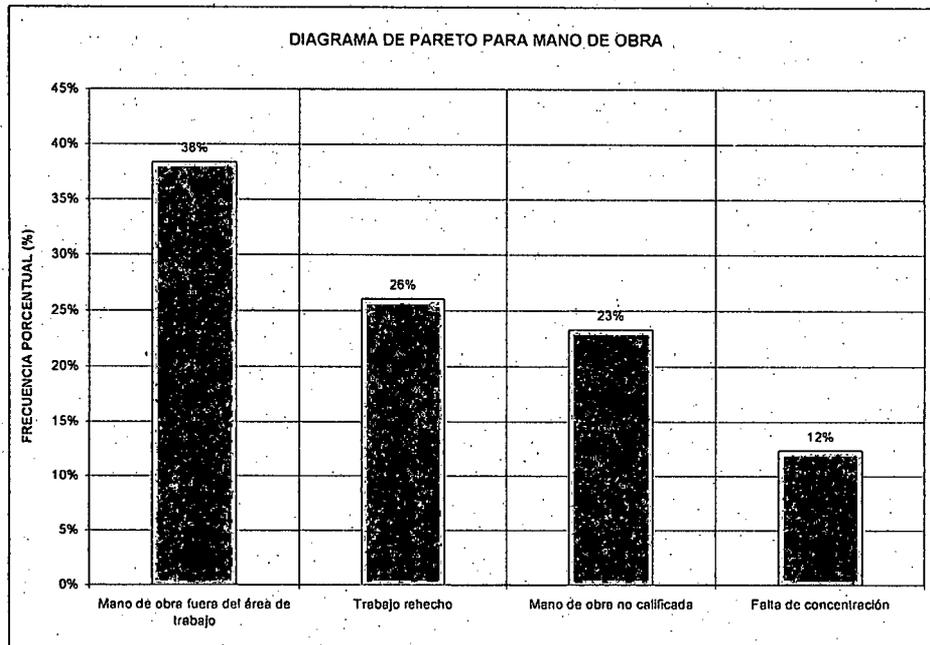


Figura 7.29: Diagrama de Pareto para Mano de Obra

Diagrama de Pareto para Otros

Tabla 7.30: Diagrama de Pareto para Otros

RECURSO	FRECUENCIA	FRECUENCIA PORCENTUAL	FRECUENCIA PORCENTUAL ACUMULADA
Topografía	19	32%	32%
Población	17	28%	60%
Urgencias o imprevistos	13	22%	82%
Abastecimiento	11	18%	100%
TOTAL	60	100%	

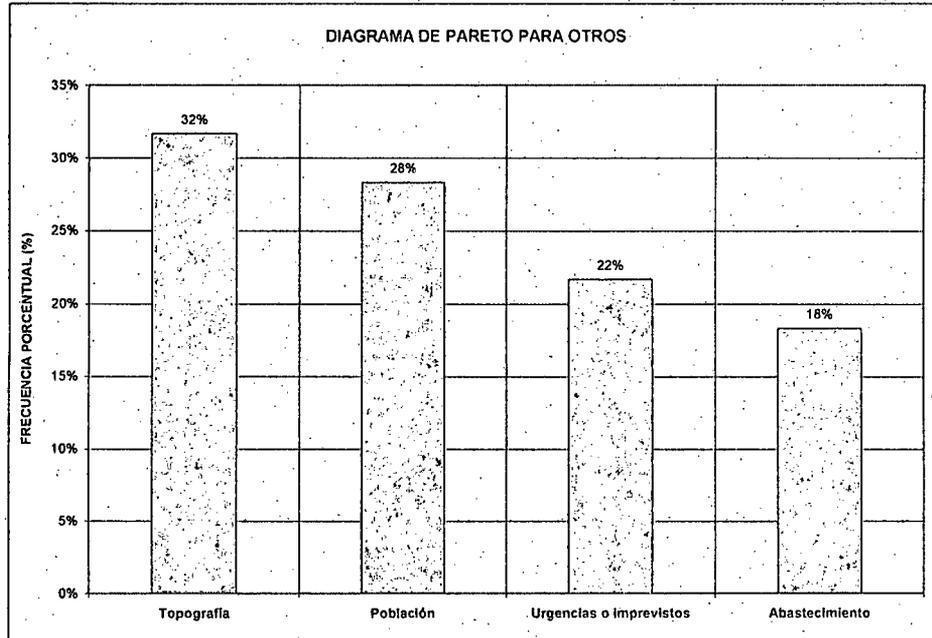


Figura 7.29: Diagrama de Pareto para otros

7.3.6. Histograma: Los detalles del cálculo se encuentran en el Anexo "J"

Histograma para Equipos

Tabla 7.31: Histograma para Equipos

RECURSO	HORAS	HORAS PORCENTUAL	HORAS PORCENTUAL ACUMULADA
Estación Intermedia	141.44	25%	25%
Shield "Cravadora"	127.30	23%	48%
Grúa	94.71	17%	64%
Faja	83.30	15%	79%
Estación Principal	67.07	12%	91%
Volquete	48.24	9%	99%
Sistema Eléctrico	3.67	1%	100%
TOTAL	565.72	100%	

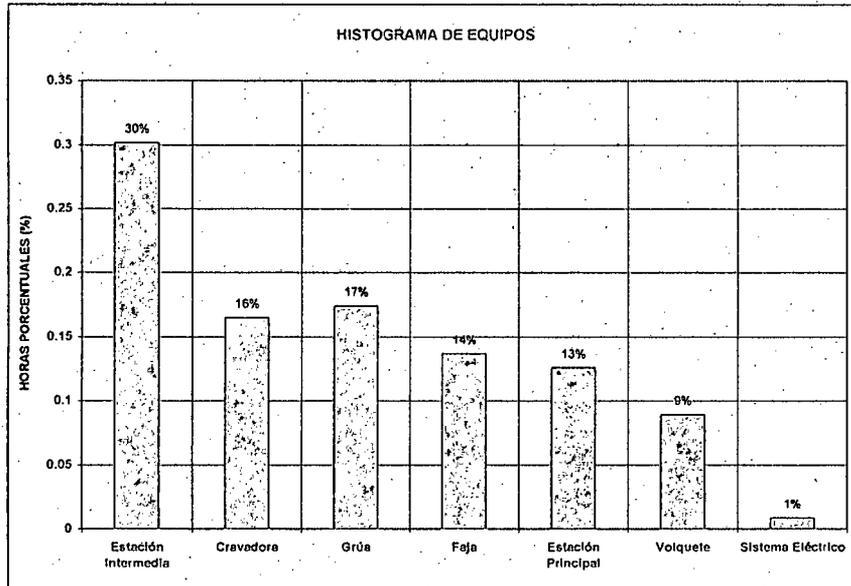


Figura 7.31: Histograma de Equipos

Histograma para Materiales

Tabla 7.32: Histograma para Materiales

RECURSO	HORAS	HORAS PORCENTUAL	HORAS PORCENTUAL ACUMULADA
Tubo	146.63	79%	79%
Sistema Hidráulico	39.4	21%	100%
TOTAL	186.03	100%	

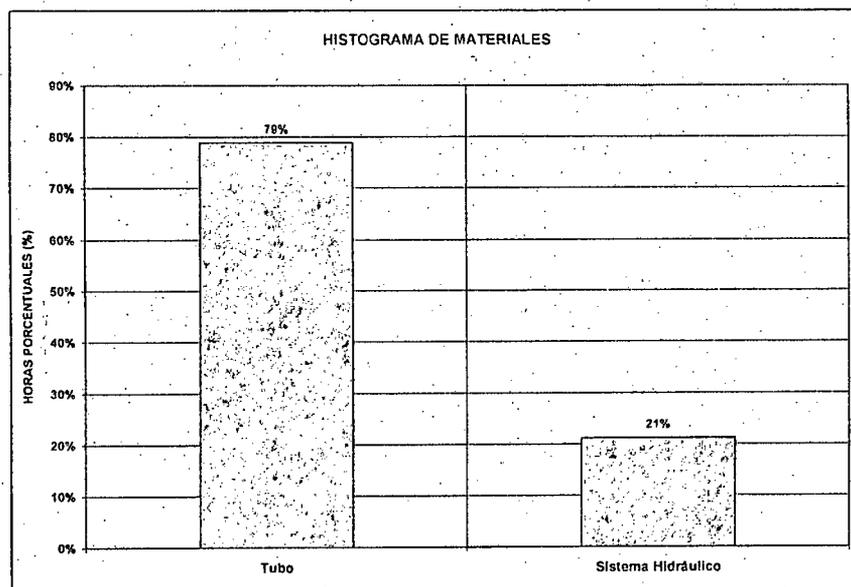


Figura 7.32: Histograma de Materiales

Histograma para Mano de Obra

RECURSO	HORAS	HORAS PORCENTUAL	HORAS PORCENTUAL ACUMULADA
Trabajo rehecho	55.5	32%	32%
Mano de obra fuera del área de trabajo	50.5	26%	62%
Mano de obra no calificada	47.8	23%	89%
Falta de concentración	18.3	12%	100%
TOTAL	172.1	100%	

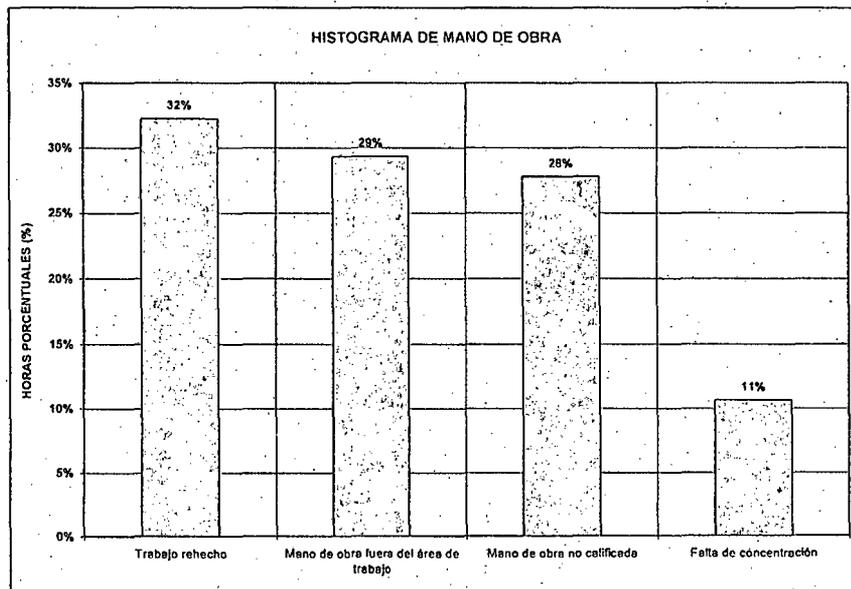


Figura 7.33: Histograma de Mano de Obra

Histograma para Otros

RECURSO	HORAS	HORAS PORCENTUAL	HORAS PORCENTUAL ACUMULADA
Población	44.42	45%	45%
Abastecimiento	28.00	28%	73%
Urgencias o imprevistos	15.10	15%	89%
Topografía	11.13	11%	100%
TOTAL	98.65	100%	

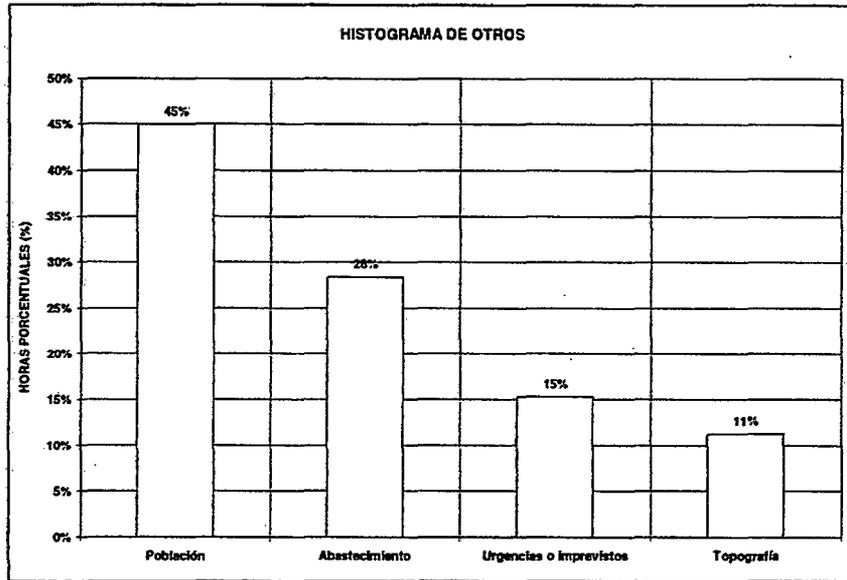


Figura 7.34: Histograma de Otros

COMPARACIÓN ENTRE HORAS PORCENTUALES Y FRECUENCIAS PORCENTUALES POR CAUSA

Para Equipos

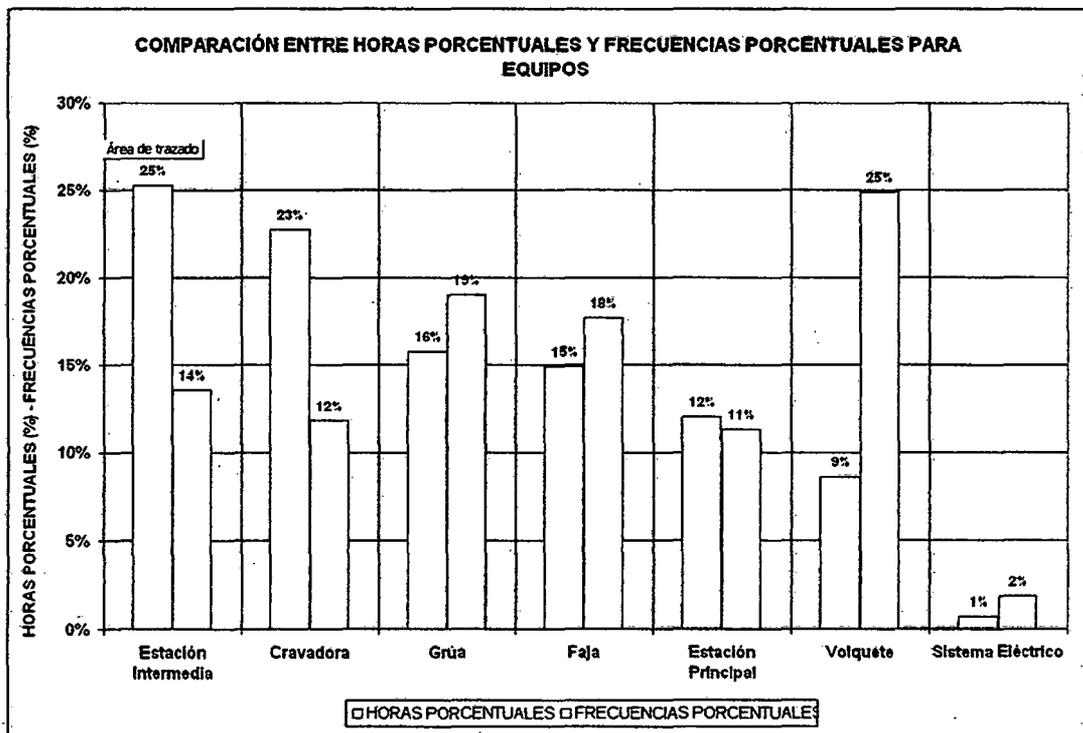


Figura 7.35: Comparación entre horas porcentuales y frecuencias porcentuales para Equipos

Para Materiales

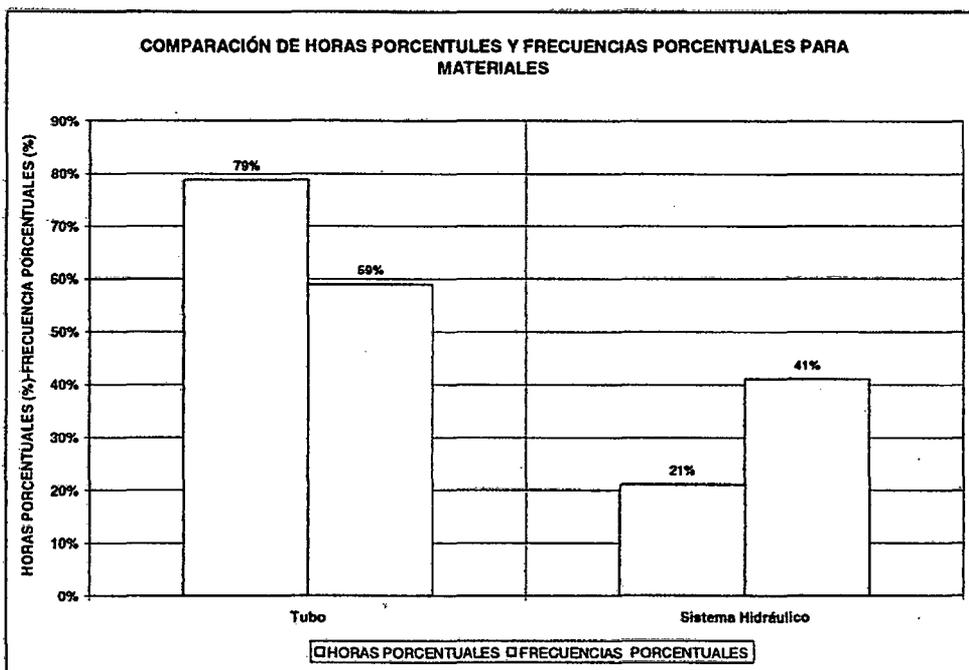


Figura 7.36: Comparación entre horas porcentuales y frecuencias porcentuales para Materiales.

Para Mano de Obra

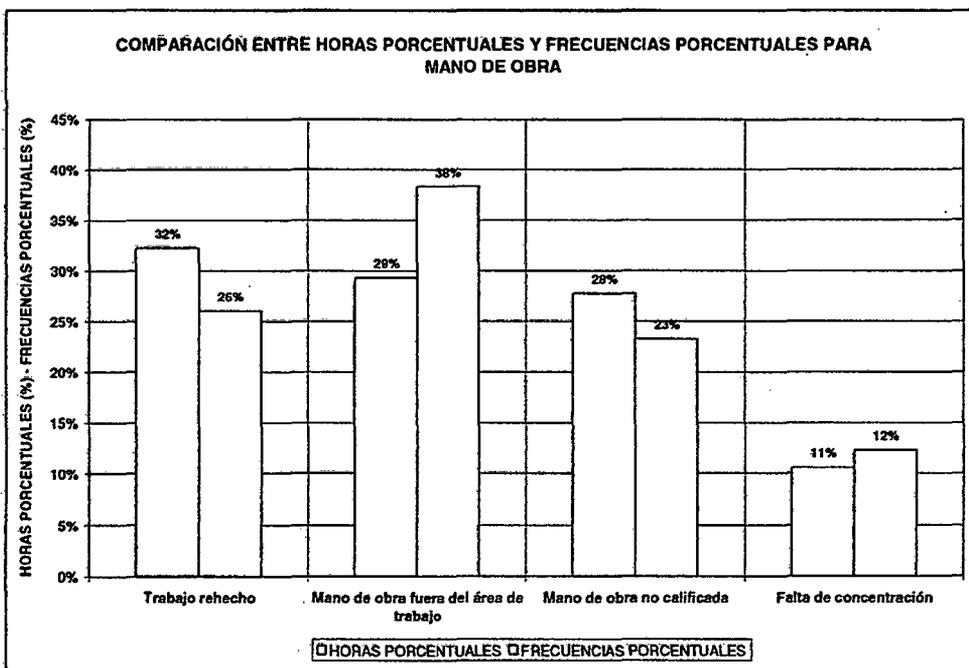


Figura 7.37: Comparación entre horas porcentuales y frecuencias porcentuales para Mano de Obra

Para Otros

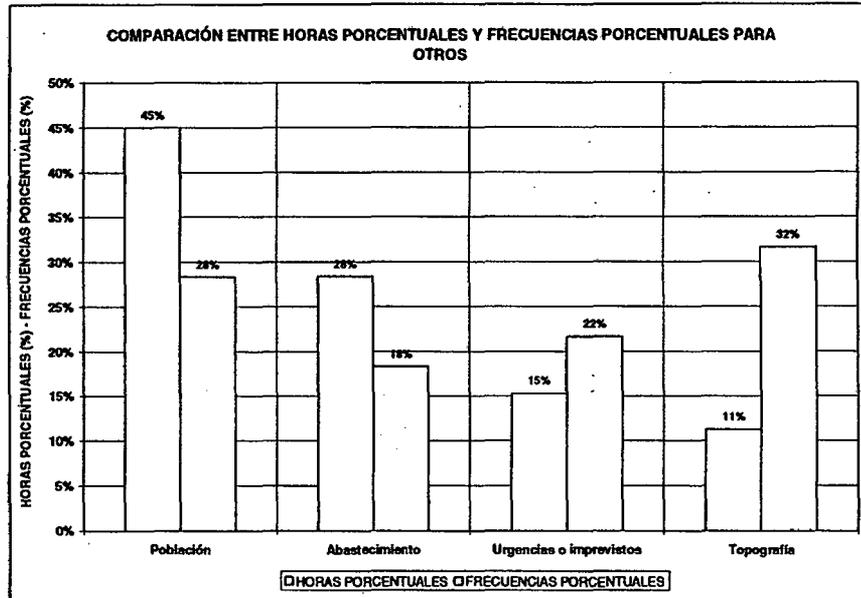


Figura 7.38: Comparación entre horas porcentuales y frecuencias porcentuales para Otros

COMPARACIÓN ENTRE HORAS PORCENTUALES Y FRECUENCIAS PORCENTUALES TOTALES

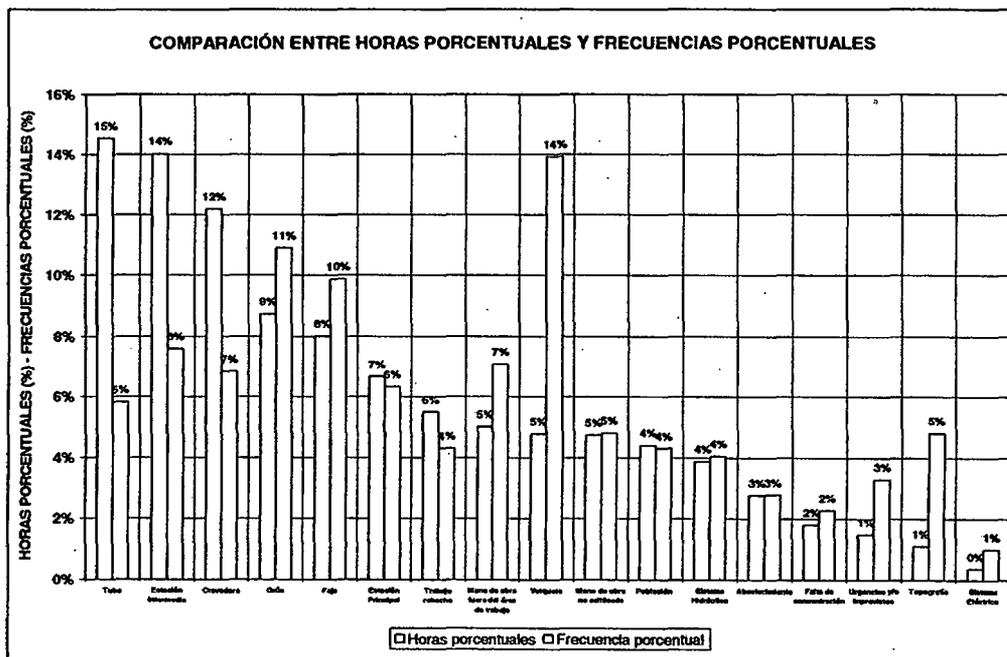


Figura 7.39: Comparación entre horas porcentuales y frecuencias porcentuales

Tabla 7.35: Comparación entre horas porcentuales y frecuencias porcentuales totales

RECURSOS	HORAS	FRECUENCIA	HORAS PORCENTUALES	FRECUENCIA PORCENTUAL
Tubo	146.63	23	15%	6%
Estación intermedia	141.44	30	14%	8%
Shield "Cravadora"	122.97	27	12%	7%
Grúa	88.00	43	9%	11%
Faja	80.82	39	8%	10%
Estación Principal	67.07	25	7%	6%
Trabajo rehecho	55.50	17	6%	4%
Mano de obra fuera del área de trabajo	50.50	28	5%	7%
Volquete	48.24	55	5%	14%
Mano de obra no calificada	47.80	19	5%	5%
Población	44.42	17	4%	4%
Sistema Hidráulico	39.04	16	4%	4%
Abastecimiento	28.00	11	3%	3%
Falta de concentración	18.30	9	2%	2%
Urgencias y/o imprevistos	15.10	13	1%	3%
Topografía	11.13	19	1%	5%
Sistema Eléctrico	3.67	4	0%	1%
TOTAL	1008.63	395	100%	100%

7.4. Medidas a tomar

7.4.1. Para los equipos de producción directa:

Redefinir y establecer las acciones y secuencias para el control de mantenimiento de los equipos de producción directa que están administrados por la Gerencia de Equipos.

Determinar la frecuencia para el mantenimiento preventivo y correctivo además de la modificación de los formatos que deberán ser una herramienta de soporte para el Control de Mantenimiento de los equipos.

Implementar el mantenimiento predictivo (tipo de mantenimiento que emplea varias tecnologías para determinar la condición de los equipos o sus componentes mediante la medición y análisis de la tendencia de parámetros

- d. Disminuir la duración de E3 y E4 (mejorando las condiciones de la grúa y haciendo que el maniobrista se encuentre en su puesto de trabajo).
- e. Disminuir la variabilidad del T5 (Ingreso de vagón al túnel), despejando el área antes del retorno del vagón.
- f. Disminuir la variabilidad de E5 mejorando la comunicación.
- g. Cambios en la distribución de la planta (*layout plant*) de tal manera que las distancias de transporte (T3, T4 y TG) se minimicen.

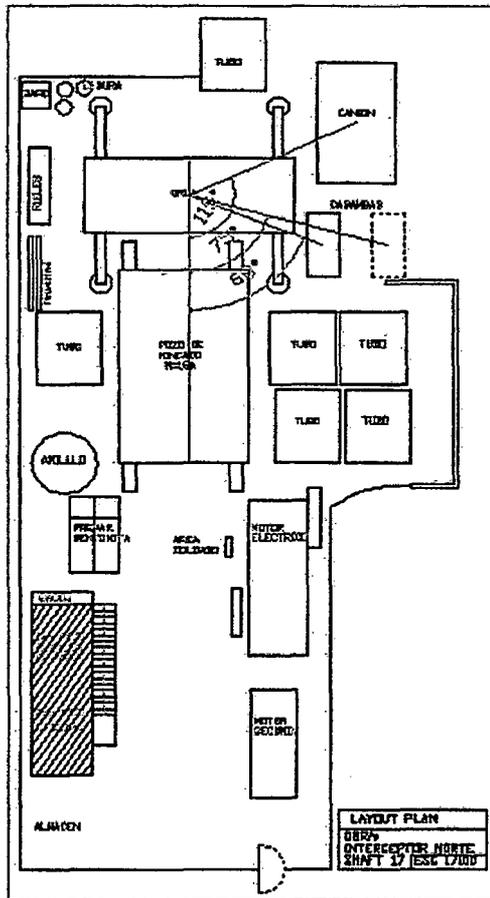


Figura 7.41: Layout Plan antes del cambio

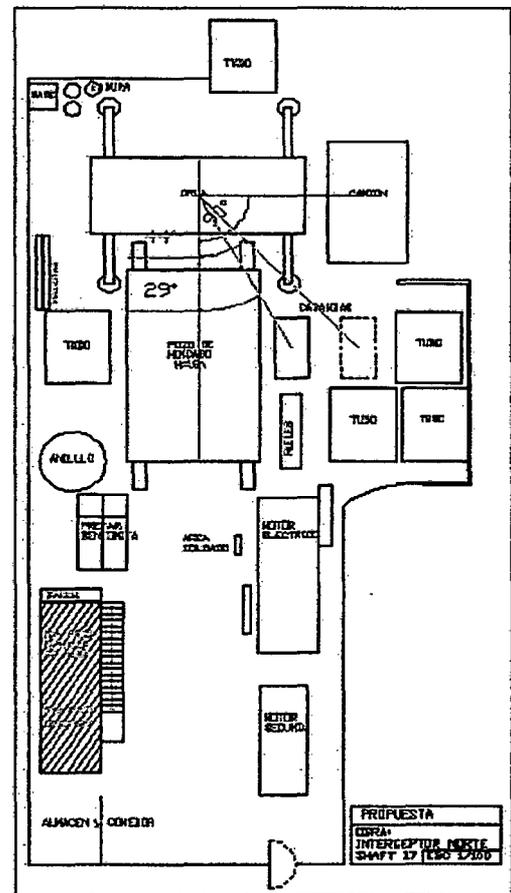


Figura 7.42 : Layout Plan despues del cambio

7.4.4. Para la mano de Obra: (Estandarización de procedimientos)

1. Para construcción de Pozos de Empuje y Salida

1.1. Montaje de las estructuras metálicas

Recursos

Herramientas y equipos a emplear

Para los trabajos de montaje de las estructuras metálicas de los pozos se emplearán las siguientes herramientas y equipos:

Para Montaje del Primer nivel

- 01 Camión grúa de 12 ton.
- 01 Estrobo de cadena de cuatro ramales de 3/4"
- 02 Vigas de apoyo metálicas del primer nivel W18x55
- 16 Columnetas metálicas W8x10
- 02 Vigas metálicas W18x55
- 02 Vigas rectas metálicas W18x55
- 64 Pernos A325 de 1" (32 por collarín)
- 64 Arandelas de 1". (32 por collarín)
- 64 Pernos 5/8" por nivel (4 por columneta)
- 64 Arandelas de 5/8" (4 por columneta)
- 02 Llaves hexagonales de 1"
- 02 Llaves hexagonales de 5/8".
- 01 Plomada
- 01 Nivel de mano
- 01 Escuadra.

Para la construcción de la sección de bloque de concreto (Primer nivel – Anillos de fijación)

- 16 Cuartones 4"x8"x0.60 m de madera para el encofrado (4 por apoyo)
- 36 Metros cúbicos de concreto (0.09 por apoyo)
- 04 Mallas de 3/8" @ 0.15

Para Montaje de los siguientes niveles

- 01 Camión-Grúa de 12 ton
- 01 Estrobo de cadena de cuatro ramales de 3/4"
- 16 Columneta metálica W8x10
- 02 Vigas "tipo [" metálica W18x55 por collarín
- 02 Vigas rectas metálica W18x55 por collarín.

- 32 Pernos A325 de 1" por collarín.
- 32 Arandelas de 1" por collarín.
- 64 Pernos 5/8" por nivel (4 por columneta)
- 64 Arandelas de 5/8" (4 por columneta)
- 02 Llaves hexagonales de 1"
- 02 Llaves hexagonales de 5/8".
- 01 Plomada
- 01 Nivel de mano
- 01 Escuadra.

Personal

Cuadrilla típica para montaje de un nivel

- 01 Operador de Camión-grúa
- 01 Maniobrista o Rigger
- 04 Ayudantes
- 02 Montajistas

Procedimiento de trabajo en el primer nivel

1. El operador del camión-grúa colocará tacos de madera como apoyos de las llantas antes de realizar cualquier maniobra, sobre todo cuando el terreno no presenta la suficiente capacidad de sustentación o este a desnivel.
2. Para el montaje e izaje de las vigas, se utilizara un camión-grúa de 12 ton, se empleará un estrobo de cadena de cuatro ramales de 3/4" que irán enganchados a ambos extremos de la viga.
3. El operador del camión-grúa deberá izar la carga solo cuando los maniobristas lo indiquen y se evitará que personas ajenas a la tarea estén dando indicaciones al operador. Debido a que el montaje se realiza en diferentes niveles, un maniobrista se ubicará en un lugar adecuado dentro del pozo y el otro se mantendrá en piso, ambos maniobristas debe contar con todos sus implementos de seguridad.

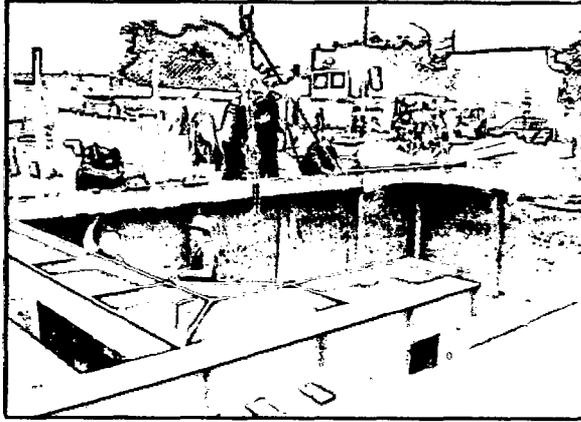
4. El operador levantará la carga lentamente sin hacer giros bruscos y se evitara en todo momento que estén personas debajo de la carga suspendida.
5. La viga W18x55 "tipo [" debe ser colocado dentro del pozo tratando de que su eje este alineado con el eje mayor del pozo y encaje en las esquinas del pozo rectangular.
6. Después de colocar la primera viga W18x55 "tipo [" , se repetirán todos los procedimientos desde 5.2 hasta 5.5, para montar la segunda viga W18x55 "tipo [" , tratando de que su eje este alineado con el eje mayor del pozo y encaje en las esquinas del pozo rectangular opuestas.
7. Después de colocar la segunda viga W18x55 "tipo [" , se repetirán todos los procedimientos desde 5.2 hasta 5.4, para montar cada una de las 02 vigas rectas W18x55, tratando de que encajen entre las vigas W18x55 "tipo [" , formándose un collarín continuo.
8. Una vez colocadas las vigas del collarín se unirán, colocando 08 pernos A325 de 1" con sus respectivas arandelas planas en cada uno de los cuatro puntos de unión, utilizando para su ajuste llaves hexagonales de 1". (Ver plano 03 – Detalle empalme)
9. Seguidamente se izará y montará las columnetas W8x10 con un camión-grúa de 12 ton, se empleara un estrobo de cadena de cuatro ramiales de 3/4" que enrollaran las columnetas. Se repetirán los pasos desde 3 hasta 5.
10. Cada una de las 16 columnetas W8x10 se trasladara sujeta por dos montajistas hasta los puntos de unión con el collarín inferior. (Ver Plano 04 – Vista en planta del pozo empuje/salida)
11. Cada una de las 16 columnetas se acoplara a las placas de 1/2" de las vigas inferiores W18x55 con 02 pernos de 5/8" y sus respectivas arandelas de 5/8" utilizando llave hexagonal de 5/8". (Ver Plano 04 – Detalle Madera en parantes W8x10). (Ver fotografía 7.1)
12. Después de fijar las 16 columnetas W8x10 se repetirán todos los procedimientos desde 2 hasta 5, para montar la viga W18x55 "tipo [" , del anillo de fijación tratando que sus placas de 1/2" encajen con las columnetas previamente montadas.

13. Las placas de 1/2" de la viga superior W18x55 "tipo ["] del primer collarín se acoplan a cada una de las 06 columnetas con 02 pernos de 5/8" y sus respectivas arandelas de 5/8" utilizando llave hexagonal de 5/8". (Ver Plano 04 – Detalle Madera en parantes W8x10)
14. Se repiten los procedimientos 5.12 y 5.13 para la colocación de la segunda viga W18x55 "tipo [", del primer anillo de fijación.



Fotografía 7.1: Montaje de las columnetas W 8x10.

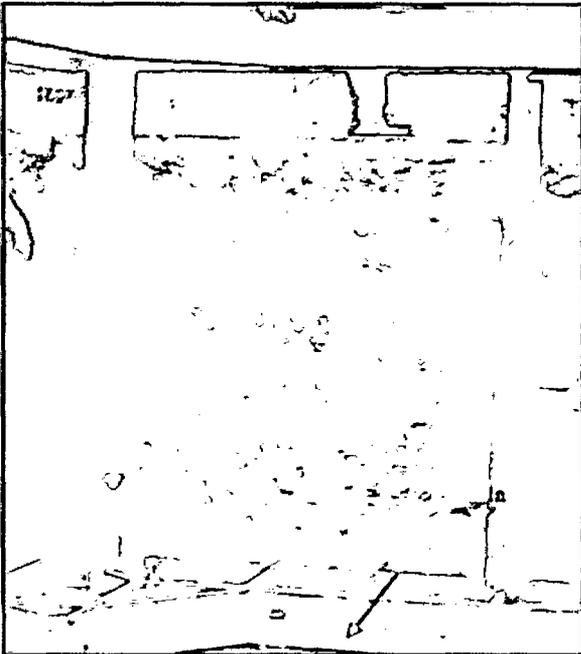
15. Después de colocar la segunda viga W18x55 "tipo ["] del primer anillo de fijación, se repetirán todos los procedimientos desde 3 hasta 5, para montar la viga recta W18x55, tratando de que encaje entre las vigas W18x55 "tipo [", formándose un collarín continuo.
16. La viga recta W18x55 se mantendrá suspendida mientras se le acopla a las vigas W18x55 "tipo ["] colocando 04 pernos A325 de 1" con sus respectivas arandelas planas en cada uno de los dos puntos de unión, utilizando para su ajuste llaves hexagonales de 1". (Ver plano 03 – Detalle empalme) (Ver fotografía 7.2 y 7.3)
17. Se repetirán los procedimientos 15 y 16 para la colocación de la segunda viga recta viga W18x55 "tipo [", del primer anillo de fijación.
18. Se alinea los collarines superior e inferior en cada esquina, con uso de la plomada. (Ver fotografía 7.4)



Fotografía 7.2: Montaje de la primera viga recta W18x55.

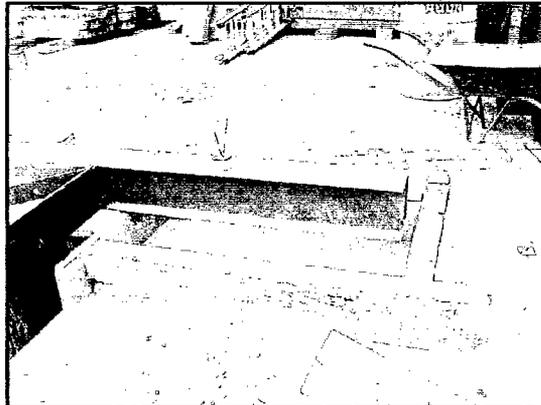


Fotografía 7.3: Colocación de 04 pernos A325 de 1" con sus respectivas arandelas planas.



Fotografía 7.4: Alineamiento del collarín superior e inferior con uso de la plomada.

19. Las vigas W18x55 "tipo [" del primer anillo de fijación vienen soldadas a una viga W 8x10 en cada esquina, que se monta a nivel del terreno sobre una sección de bloque de concreto post montaje. (Ver plano 05- Fijación del primer anillo de empuje Isométrico) (Ver fotografía 7.5)



Fotografía 7.5: Viga W 8x10 soldada a la viga W18x55 "tipo [" del primer anillo de fijación.

20. Antes de vaciar concreto se encontrará una sección de 1 m x 0.60 m con 0.15 m de altura con cuarterones de madera 4"x8"x0.60 m
21. La armadura a colocar reposará sobre dados de 0.05 m de altura y se atortolaran a la malla de 3/8 @0.15 m Este procedimiento se repetirá para los bloques de las cuatro esquinas.
22. Se realizará el vaciado de concreto premezclado en cada uno de los 04 bloques de concreto.
23. Inmediatamente concluido el procedimiento anterior todas las herramientas deben ser colocadas en sus estuches si los tuviesen, para su correcto retiro y transporte del área de trabajo. El área debe quedar limpia de material que se pueda haber empleado en la ejecución de los trabajos de montaje y alineación de la estructura metálica.
24. El Ing. Residente deberá verificar que exista un correcto acople entre las vigas y las columnetas, así como la alineación de los collarines.

Procedimiento de trabajo para los siguientes niveles

1. Se repetirán los procedimientos 1 hasta 12.

2. Después del montaje del collarín se acoplará cada una de las 16 columnetas a las placas o cartelas de 1/2" de las vigas W18x55 con 02 pernos de 5/8" y sus respectivas arandelas de 5/8" utilizando llave hexagonal de 5/8", tanto en la viga inferior como superior. (Ver Plano 04)
3. Se procede a alinear los collarines superior e inferior en cada esquina, con uso de la plomada.
4. Inmediatamente concluido el procedimiento anterior todas las herramientas deben ser colocadas en sus estuches si los tuviesen, para su correcto retiro y transporte del área de trabajo. El área debe quedar limpia de material que se pueda haber empleado en la ejecución de los trabajos de montaje y alineación de la estructura metálica.
5. El Ing. Residente deberá verificar que exista un correcto acople entre las vigas y las columnetas, así como la alineación de los collarines.

1.2. Entibado de los pozos

Recursos

Herramientas y equipos a emplear

Para los trabajos de entibado en los pozos se emplearán las siguientes herramientas y equipos:

Para entibado

- 01 Camión-Grúa de 12 ton
- 01 Estrobo de cadena de cuatro ramales de 3/4"
- 54 Cuartones de madera 4"x8"x1.48 m por nivel de 2 m de altura.
- 90 Cuartones de madera 4"x 8"x1.58 m por nivel de 2 m de altura.
- 42 Cuartones de madera de 4"x8"x1.48 m por nivel de 1.5 m de altura.
- 70 Cuartones de madera de 4"x8"x1.58 m por nivel de 1.5 m de altura.
- 70 Chiletas por nivel de 2 m de altura.
- 56 Chiletas por nivel de 1.5 m de altura.

- 16 Listones de madera de 2"x3" de altura variable
- 02 Lampas
- 02 Picos
- 02 Bolsas de cemento para el suelo cemento 1: 8

Personal

Cuadrilla típica

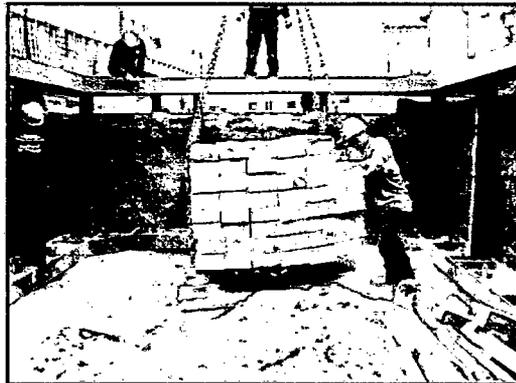
Para el entibado del primer nivel

- 01 Operador de Camión-grúa
- 01 Maniobrista o Rigger
- 02 Operarios
- 04 Ayudantes

Procedimiento de trabajo para el primer nivel

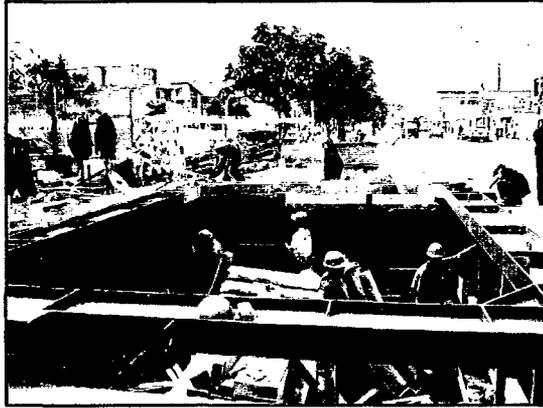
1. El operador del camión-grúa colocará tacos de madera para apoyos de los estabilizadores antes de realizar cualquier maniobra, sobre todo cuando el terreno no presenta la suficiente capacidad de sustentación o este a desnivel.
2. Para el izaje y traslado de los tablones de 4"x8"x1.48 m (dependiendo de la altura serán 54 tablones o 42 tablones para alturas de 2 m y 1.5 m respectivamente), se utilizará un camión-grúa de 12 ton, un estrobo de cadena de cuatro ramales de 3/4".
3. El maniobrista de piso deberá centrar la carga para evitar el balanceo al momento de izarla.
4. El operador del camión-grúa deberá izar la carga solo cuando los maniobristas lo indiquen y se evitará que personas ajenas a la tarea estén dando indicaciones al operador.
5. El operador levantará la carga lentamente sin hacer giros bruscos y los maniobristas evitará en todo momento que estén personas debajo de la carga suspendida.

6. Los cuarterones de madera de 4"x8" deben ser colocados dentro del pozo sobre apoyos de madera que faciliten el desenganche de los ganchos.
(Ver fotografía 7.6)



Fotografía 7.6: Descenso de maderas de entibación 4"x8".

7. Para el izaje y traslado de los tablonces de 4"x8"x1.58 m (dependiendo de la altura serán 90 tablonces, en dos grupos de 45 ó 70 tablonces, los 70 tablonces se subdividirán en dos grupos de 35, para alturas de 2 m y 1.5 m respectivamente). Se utilizara un camión-grúa de 12 ton, un estrobo cadena de cuatro ramales de 3/4" que irán enganchada dos a dos debajo de la carga.
8. Se repetirán los procedimientos 1 hasta 6.
9. Los cuarterones de madera de 4"x8" se trasladara por los ayudantes para ser entibados, teniendo en cuenta que los tablonces de 4"x8"x1.48 m irán en los lados de 8 m del pozo rectangular, y los tablonces de 4"x8"x1.58 m en los lados de 5 m. (Ver fotografía 7.7)
10. Para asegurar un correcto comportamiento del entibado en eventuales derrumbes, en el espacio entre el primer cuarterón de madera 4"x8" y la pared se colocara una mezcla de suelo-cemento 1:8 de 0.10 m de altura.
11. Para lograr un ajuste correcto entre el entibado y las columnetas W8x10 se colocan listones de 3"x2" verticales dentro del ala de cada columneta W8x10.



Fotografía 7.7: Entibado con tablonés 4"x8" del primer nivel.

12. Los cuarterones de 4"x8" que entibaran el perímetro se colocan entre las columnetas y las vigas superior e inferior, de abajo hacia arriba. Para aumentar la rugosidad y generar su autoapoye por fricción, los cuarterones irán endentados intercaladamente usando chiletas.
13. Para lograr una correcta adherencia del terreno con el entibado se rellena los espacios entre los cuarterones de madera 4"x8" y el terreno, lampeando el material excavado y taconeando para una mejor compactación, después de la colocación de cada tablón de madera. (Ver fotografía 7.8 y 7.9)



Fotografía 7.8: Relleno de espacios entre el entibado y el terreno, con suelo taconeado.



Fotografía 7.9: Taconeo del material relleno para una mejor compactación

14. Inmediatamente concluido el procedimiento anterior, todas las herramientas deben ser colocadas en sus estuches si los tuviesen, para su correcto retiro y transporte del área de trabajo. El área debe quedar limpia de material que se pueda haber empleado en la ejecución de los trabajos de entibado.
15. El Ing. Residente deberá verificar la adherencia entre el terreno y el entibado.

1.3. Revestimiento de los dos últimos niveles

Recursos

Herramientas y equipos a emplear

Para los trabajos de revestimiento de altura igual a 3.6 m y perímetro de 26 m para los dos últimos niveles, se emplearán las siguientes herramientas y materiales.

Para preparación de lechada A/C 1:8

- 04 Bolsas de Cemento
- 250 Litros de Agua
- 04 Cilindros
- 02 Baldes de 1 Gal
- 02 Batea de 50 litros

Para colocación de mallas metálicas

- 01 Mallas metálicas electrosoldadas 4"x4" N°8 de 25 m x 2 m
- 02 Cuerdas de 5/8" (la longitud es variable según la profundidad del pozo, en este caso es de 7 a 11 metros)
- 100 Ganchos de ϕ 3/8"x0.30 m (01 ganchos por 1 m²)

Para Pañeteo (Mortero 1: 4)

- 02 Cuerdas de 5/8" (la longitud es variable según la profundidad del pozo, en este caso es de 7 a 11 metros)
- 04 Planchas de batir
- 04 Espátulas
- 04 Bateas de 50 litros.
- 02 Tubos de PVC ϕ 8"x6 m
- 02 Lampas
- 02 Latas de 20 litros
- 01 Plancha de triplay
- 10 m³ Arena gruesa de río
- 30 m³ Cemento tipo I
- 300 Litros de Agua
- 01 Acelerante Sigunit 122 (5% peso del cemento)
- 90 dados de 0.02 m
- 04 Cilindros (depósitos de agua)
- 04 Mangueras de jebe ϕ 1"

Personal

Cuadrilla típica

Para colación de lechada

- 02 Operarios
- 02 Ayudantes

Para colocación de las mallas metálicas

- 02 Operarios
- 02 Ayudantes

01 Maniobrista (traslado)

Para pañetear

04 Operarios

02 Ayudantes (transporte mezcla)

02 Ayudantes (mezcla)

03 Ayudantes (transporte de arena, cemento, agua)

Procedimiento de trabajo para revestimiento por pañeteo.

1. Para la preparación de la lechada dentro del pozo se bajara una a una las 04 bolsas de cemento a usar con dos cuerdas de 5/8" que se amarraran a la bolsa.
2. El maniobrista de piso deberá centrar la carga para evitar el balanceo al momento de bajarla y verificar el correcto uso de las cuerdas.
3. El agua depositada en cilindros por cisternas será trasladada al pozo por diferencia de alturas utilizando mangueras de jebe $\phi 1"$.
4. Los ayudantes prepararan la mezcla agua-cemento 1:8 en dos bateas y llenaran los baldes de 1 Gal con lechada.
5. Los operarios echaran la mezcla sobre las paredes de toda la superficie excavada para obtener una buena adherencia del terreno con el mortero, y evitar que el suelo pierda su humedad y se desmorone.
6. Se baja al nivel del pozo a ser revestido las mallas metálicas electrosoldadas 4"x4" No 8 cortadas en tramos de 8 m y 5 m utilizando una cuerda de 5/8" atada a la malla.
7. Se baja al nivel del pozo a ser revestido un balde con 50 ganchos de $\phi 3/8"$ x0.30 m, utilizando una cuerda de poliéster de 5/8" atada al balde.
8. Se colocaran las mallas electrosoldadas 4"x4" N°8 de 2 m de alto sujetadas a las paredes de la superficie excavada por ganchos de $\phi 3/8"$ x0.30 m cada m² y separadas con dados de concreto de 0.025 m para dar un recubrimiento final de 2".
9. Para la preparación del mortero dentro del pozo será necesario bajar los materiales por tubos de PVC acoplados que transportaran la mezcla

- seca arena-cemento 1: 4 de la superficie al nivel de piso sobre una plancha de triplay.
10. El agua depositada en cilindros por cisternas será trasladada al pozo por diferencia de alturas utilizando mangueras.
 11. Los ayudantes prepararan la mezcla para llenar las latas de 20 litros que serán trasladadas hasta las bateas de los 04 operarios donde se le agregara agua para la preparación del mortero.
 12. Los operarios pañetearan sobre la malla electrosoldada con mortero 1: 4, hecho de arena gruesa y cemento tipo I, en una capa de 2" de espesor. Para acelerar la fragua se utiliza Sigunit 122 en un 5% del peso del cemento.
 13. Los procedimientos 1 hasta 8 se repiten en el siguiente nivel, variando únicamente la profundidad de excavación de 2 m y 1.6 m para el penúltimo y el último nivel respectivamente, existirá un traslape mínimo de malla electrosoldada de 0.20 m
 14. Una vez revestido todas las herramientas deben ser colocados en sus estuches si los tuviesen, para su correcto retiro y transporte del área de trabajo. El área debe quedar limpia de material que se pueda haber empleado en la ejecución de los trabajos de revestimiento.
 15. El Ing. Residente deberá verificar que toda el área excavada haya sido debidamente revestida, así como la calidad del trabajo.

1.4. Construcción de estructuras de concreto

Recursos

Herramientas y equipos a emplear

Para construcción de la losa y el muro de apoyo de concreto armado.

Para el transporte

01 Grúa de 20 ton

01 Estrobo de cadena de cuatro ramales de 3/4"

02 Cuerdas de 5/8" (la longitud es variable según la profundidad del pozo, en este caso es de 7 a 11 metros)

01 Balde concreto de 1 m³

Para la armadura de la losa

60 Varillas de acero corrugado de ϕ 3/8" @0.25 m

96 Dados de concreto de 0.05 m

Para la armadura del muro de apoyo

12 Estribos ϕ 3/8" @0.40 m

04 Varillas cortadas a 5 m ϕ 1/2"

25. Dados de concreto de 0.05 m

Par el encofrado

02 Tablones de madera de 0.50 m x 5 m

08 Largeros de madera de 2" x 3" x 0.50 m

01 Plancha de triplay de 9 mm

01 Technopor e=3/4"

01 Kilo de clavos de 3"

02 Martillos

Para el vaciado de concreto

10 m³ de concreto premezclado Tipo I, $f_c' = 210 \text{ kg/cm}^2$, slump 4"

20 Litros de antisol normalizado (para curado)

01 Vibrador de concreto

01 Mochila pulverizadora

03 Latas de 20 litros

Personal

Cuadrilla típica para construcción de la losa de concreto armado.

01 Operario carpintero

01 Operario fierros

04 Ayudantes

02 Operario Albañil

Procedimiento de trabajo

1. Se baja al último nivel del pozo los 02 Tablones de madera de 0.50 x 5 m y los 08 largeros de madera de 2"x3"x0.50 m, que se usaran para el encofrado, utilizando dos cuerdas de 5/8" que ataran la carga.
2. De la misma forma se bajara al último nivel del pozo las Varillas de acero de ϕ 3/8" cortadas con longitudes de 8 m y 5 m, utilizando una grúa de 20 ton, se empleara un estrobo de cadena cuatro ramales de 3/4" que irán enganchado dos a dos debajo de la carga.
3. El maniobrista de piso deberá centrar la carga para evitar el balanceo al momento de bajarla y verificar el correcto uso de las cuerdas.
4. Se baja al último nivel del pozo un balde con 1 kg de clavos y dos martillos, utilizando una cuerda de 5/8" atada al balde.
5. Se colocaran las varillas de acero de ϕ 3/8" @0.25 m, formando una malla atortolada, sobre dados de 0.05 m que mantendrán la altura de la armadura durante el vaciado.
6. El encofrado de madera se armara a 0.50 m de la cara del pozo, colocándose el technopor para la junta de 3/4".
7. Antes del vaciado de concreto se deben armar cajuelas 0.25 x0.25x0.20 m de triplay de 9 mm en la ubicación de las columnetas.
8. Para el vaciado del concreto premezclado a la losa será necesario trasladar el concreto de la superficie a nivel de piso haciendo uso de un balde de concreto de 1 m³, el cual es izado y bajado por una grúa de 20 ton.
9. Para el traslado del concreto, los ayudantes trasladarán latas con mezcla y las vaciaran en toda el área de la losa respetando la altura de 0.25 m.
10. Para el vaciado del muro de apoyo de concreto armado de resistencia 210 kg/cm² y dimensiones de 0.50x0.50x5.00 m, que autosoportara la estructura metálica de reacción se debe tener en cuenta la construcción de una junta de 3/4" entre el muro de apoyo y la losa, para evitar posibles deformaciones.

11. La armadura compuesta por 4 varillas de acero cortadas a $5\text{ m } \phi 1/2''$ atadas a estribos $\phi 3/8'' @ 0.40\text{ m}$ reposara sobre dados de concreto de 0.05 m de altura
12. Después del vaciado se pasara a reglar y nivelar la superficie del concreto. El acabado será un frotachado
13. El curado de la losa se hará rociando 20 Litros de antisol normalizado sobre la superficie. Mínimo se debe esperar 12 horas para la fragua del concreto.
14. Una vez finalizada la construcción de las estructuras de concreto armado todas las herramientas deben ser colocados en sus estuches si los tuviesen, para su correcto retiro y transporte del área de trabajo. El área debe quedar limpia de material que se pueda haber empleado en la ejecución de los trabajos.
15. El Ing. Residente deberá verificar la calidad del concreto, la colocación correcta de la armadura y el acabado.

1.5. Montaje de las estructuras metálicas de reacción y anillo de emboque.

Recursos

Herramientas y equipos a emplear

Para los trabajos de Montaje de las estructuras metálicas de reacción y el anillo de emboque, se emplearán las siguientes herramientas y equipos:

Para montaje de la estructura metálica de reacción

01. Grúa de 20 ton
- 01 Estrobo de cadena de cuatro ramales de $3/4''$
- 02 Cuerdas de poliéster de $5/8''$ (la longitud es variable según la profundidad del pozo, en este caso es de 7 a 11 metros)
- 01 Estructura metálica de reacción
- 02 m de concreto fluido $f_c' 10\text{ kg/cm}^2$
- 02 Tecles de 3 ton.
- 20 kg de grasa

Para soldar

01 Equipo de soldar

Para montaje de las estructuras metálicas: vigas y columnetas.

- 01 Grúa de 20 ton
- 01 Estrobo de Ojo con gancho de cuatro ramales de 3/4"
- 02 Cuerdas de poliéster de 5/8" (la longitud es variable según la profundidad del pozo, en este caso es de 7 a 11 metros)
- 02 Vigas intermedias W18x76 x 7 m
- 02 Vigas columnas W8x10 x 3.6 m
- 16 Columnetas W8x10 (8 por nivel)
- 04 Pernos A325 de 1" por collarín.
- 04 Arandelas de 1" por collarín.
- 32 Pernos 5/8" por nivel (4 por columneta del penúltimo nivel)
- 16 Pernos 5/8" por nivel (2 por columneta del último nivel)
- 32 Arandelas 5/8" por nivel (4 por columneta del penúltimo nivel)
- 16 Arandelas 5/8" por nivel (2 por columneta del último nivel)

Para montaje del anillo de emboque

- 01 Grúa de 20 ton
- 01 Estrobo de cadena de cuatro ramales de 3/4"
- 02 Cuerdas de poliéster de 5/8" (la longitud es variable según la profundidad del pozo, en este caso es de 7 a 11 metros)
- 12 Cartelas (las del anillo)
- 12 Platinas de 3"x8"x1/2" de fijación
- 01 Anillo de jebe para impermeabilizar e=3/4"
- 36 Pernos 5/8" x 2" completos (tuercas + anillos)
- 02 Llaves 3/4"

Para soldar

01 Equipo de soldar

Para topografía

- 01 Nivel
- 01 Mira
- 01 Tiralínea
- 01 Wincha x 5 m

Personal

Cuadrilla típica

Para montaje de la estructura metálica de reacción

- 01 Maniobrista o Rigger
- 01 Operador de Grúa
- 02 Ayudantes
- 02 Operarios montajistas

Para montaje de las estructuras metálicas: vigas y columnetas.

- 02 Maniobristas o Riggers
- 01 Operador de Grúa
- 02 Montajistas
- 02 Ayudantes

Para montaje del anillo de emboque.

- 01 Maniobrista o Rigger
- 01 Operador de Grúa
- 02 Ayudantes
- 02 Operarios montajistas

Para Topografía

- 01 Topógrafo
- 01 Ayudante

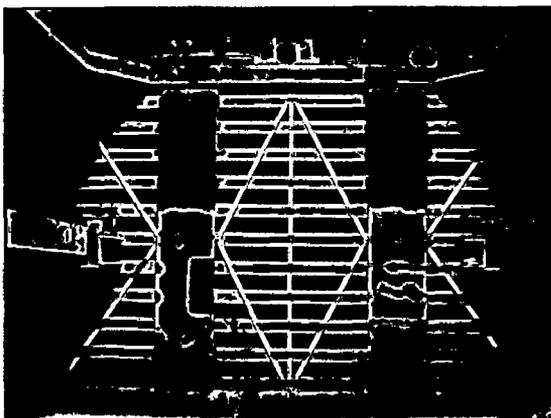
Para soldar

- 01 Soldador
- 01 Ayudante

Procedimiento de trabajo

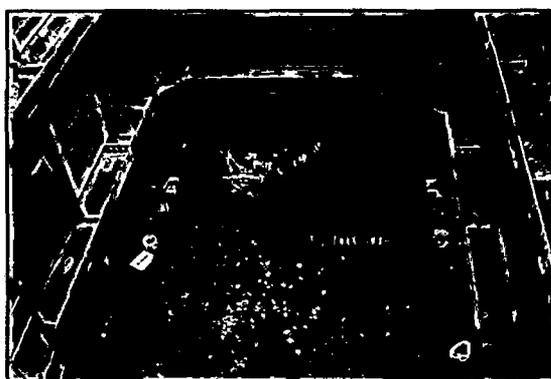
1. El operador de grúa colocará tacos de madera para apoyos de los estabilizadores antes de realizar la maniobra de izaje, sobre todo cuando el terreno no presenta la suficiente capacidad de sustentación o este a desnivel.
2. Para el izaje de la estructura metálica de reacción con la grúa de 20 ton, se emplearan dos cuerdas de 5/8" y un estrobo de dos ramales de 3/4" que la sujetaran de las orejas previamente soldadas.
3. El maniobrista de piso deberá centrar la carga para evitar el balanceo al momento de izarla y verificar el correcto uso de los vientos.
4. El operador de la grúa deberá izar la carga solo cuando los maniobristas lo indiquen y se evitará que personas ajenas a la tarea estén dando indicaciones al operador. Debido a que el montaje se realiza en diferentes niveles, un maniobrista se ubicará en un lugar adecuado dentro del pozo y el otro se mantendrá en piso, ambos maniobristas debe contar con todos sus implementos de seguridad.
5. El operador levantará la carga lentamente sin hacer giros bruscos y los maniobristas evitara en todo momento que estén personas debajo de la carga suspendida.
6. La estructura metálica de reacción debe ser colocada sobre el muro de apoyo de concreto armado tratando de que este aplomada y que su eje horizontal este alineado y perpendicular al eje de la tubería. (Ver fotografía 7.10)
7. Como medida de seguridad se colocarán 02 teclees de 3 ton que sujeten en un eventual volteo de la estructura metálica de reacción.
8. Seguidamente se procederá al izaje y montaje de las columnetas W8x10 para lo que se utilizara una grúa de 20 ton, un estrobo de ojo con gancho de cuatro ramales de 3/4" que enrollaran las columnetas.
9. Se repetirán los procedimientos 2 hasta 5.
10. Cada una de las 16 columnetas W8x10 se trasladara sujeta por dos montajistas hasta los puntos de unión con cada una de las dos vigas

intermedias W18x76 (8 columnetas por viga) (Ver Plano 05 – Vista en planta del pozo empuje/salida)



Fotografía 7.10: Estructura metálica de reacción montada sobre el muro de apoyo de concreto armado.

11. Para bajar las vigas intermedias W18x76 con el empleo de la grúa de 20 ton se empleara un estrobo de ojo con gancho de dos ramales de 3/4" que irán enganchados a ambos extremos de la viga. (Ver fotografía 7.11)



Fotografía 7.11: Montaje de vigas intermedias. Vista Pared de emboque

12. Se repetirán los procedimientos 2 hasta 5
13. Las vigas intermedia W18x76 se montaran sobre los apoyos soldados a la estructura metálica de reacción y se mantendrán suspendidas mientras se montan las columnetas W8x10.
14. Se acoplaran 04 columnetas bajo la viga intermedia W18x76 en las placas de 1/2" con 02 pernos de 5/8" con sus respectivas arandelas de 5/8" utilizando llave hexagonal de 5/8" y se empotraran al terreno,

verificándose su alineación con la plomada. (Ver Plano 05 – Detalle Madera en parantes W8x10)

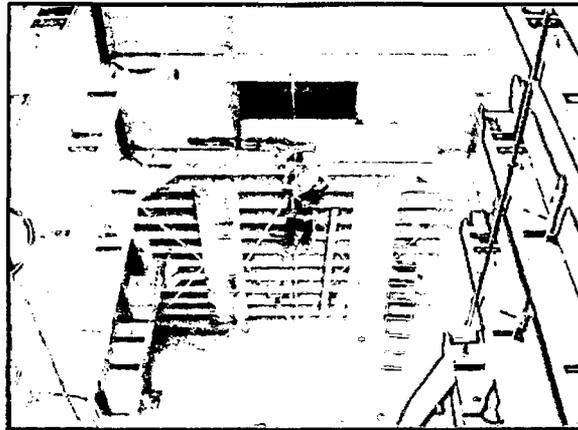
15. Las 04 columnetas siguientes se acoplaran sobre la viga intermedia W18x76 en las placas de 1/2" de igual forma a la viga superior W18x55 con 02 pernos de 5/8" y sus respectivas arandelas de 5/8" en cada una, utilizando llave hexagonal de 5/8". Para facilitar el montaje la grúa izara las columnetas hasta su lugar de acople.
16. Se repetirá los procedimientos 11 hasta 15.
17. Se bajan las vigas columna W8x10 para su montaje. Se hace empleo de la grúa de 20 ton, un estrobo de ojo con gancho de dos ramales de 3/4" que irán enganchados a ambos extremos de la viga.
18. Se repetirán los procedimientos 2 hasta 5.
19. Los parantes W 8x10. Se colocan en posición vertical a cada lado del anillo de entrada, para facilitar el montaje un teclee de 3 Ton regulara la altura requerida.
20. Se empernan a las vigas intermedias con 02 pernos de 5/8" con sus respectivas arandelas de 5/8" utilizando llave hexagonal de 5/8" a las vigas parante W8x10. (Ver Fotografía 7.12)



Fotografía 7.12: Vigas columna montadas a cada lado del anillo de emboque

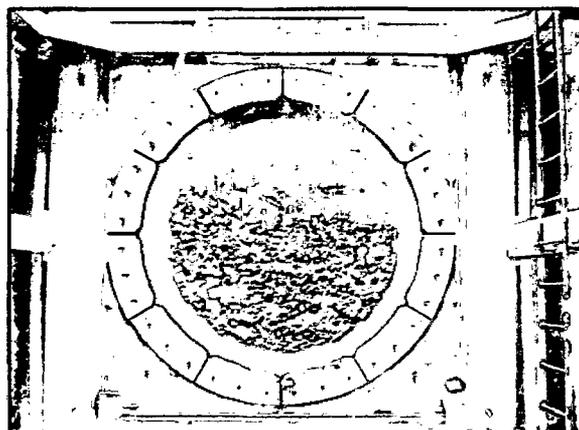
21. La base de los parantes es embebida en pequeñas zapatas de concreto 0.60 m x 0.40 m para darles mayor rigidez.
22. Después de colocar la estructura metálica, se procede a retirar parcial y provisionalmente 04 tablonces de madera 4"x8"x1.48 m del entibado del nivel superior. (Ver fotografía 7.13)

23. Para nivelar la pared de empuje detrás de la estructura metálica de reacción se pondrá un grout con 02 m^3 de concreto fluido $f_c' = 10 \text{ kg/cm}^2$ premezclado. Se habilitaran tubos de PVC acoplados que transportaran la mezcla de la superficie a la zona de vaciado.
24. Se encofrara un pequeño poyo de $0.15 \times 0.15 \times 3.30 \text{ m}$ entre las vigas columna W18x55 que servirá de apoyo al anillo de emboque.
25. El concreto será simple y se dejara fraguar por 12 horas.



Fotografía 7.13: Habilitación para el vaciado de concreto detrás de la estructura metálica de reacción

26. Se repetirán los procedimientos 1 hasta 5.
27. El anillo de emboque se colocara sobre el poyo de concreto, exactamente entre las dos vigas columna W18x55. tratando de que este aplomada y que su eje horizontal este alineado y perpendicular al eje de la tubería. (Ver fotografía 7.14)



Fotografía 7.14: Montaje del anillo de emboque.

28. Se soldará platinas de 3"x8"x1/2" en todo su perímetro para darle mayor estabilidad al anillo de emboque.

2. Montaje del Sistema de "Hincado de Tubos" o "Pipe Jacking"

2.1. Montaje y nivelación de Rieles guía o Base de apoyo de Shield

Recursos

Equipos y herramientas a emplear

Para los trabajos de montaje de rieles de apoyo de estación principal se emplearán los siguientes equipos y herramientas:

Para izaje y montaje

- 01 Grúa de 50 ton
- 01 Estrobo de Ojo con gancho de cuatro ramales de 1/2"
- 02 Cuerdas de poliéster de 5/8" (la longitud es variable según la profundidad del pozo o pozo, en este caso es de 7 a 11 metros)
- 02 Gatas hidráulicas de larga extensión de 20 ton
- 01 Nivel de mano magnético
- 02 Llaves mixta de 1 1/2"
- 02 Llaves mixtas de 1"
- 01 Nivel topográfico

Para soldar

- 01 Equipo de soldar
- 01 Equipo oxicorte

Personal

Cuadrilla típica

Para izaje y montaje

- 02 Maniobristas o Riggers
- 01 Operador de Grúa

02 Ayudantes

Para nivelación

01 Topógrafo

01 Ayudante

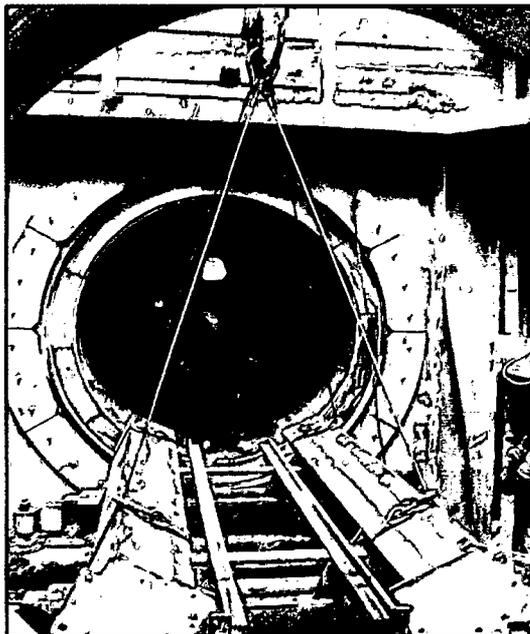
Para soldar

01 Soldador

01 Ayudante

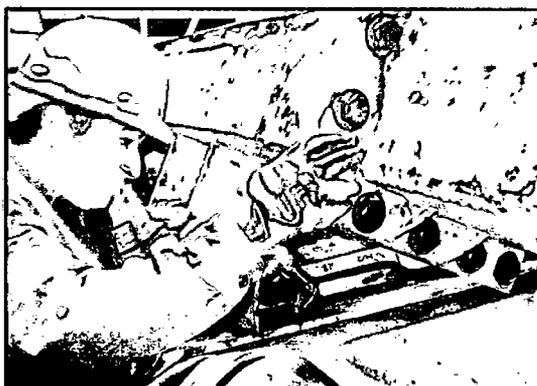
Procedimiento de trabajo

1. El operador de grúa colocará tacos de madera para apoyos de los estabilizadores antes de realizar la maniobra de izaje, sobre todo cuando el terreno no presenta la suficiente capacidad de sustentación o este a desnivel.
2. Para el izaje de los rieles con el empleo de la grúa de 50 ton se empleará un estrobo de ojo con gancho de cuatro ramales de ½" que irán cerca de la esquina de los rieles y dos cuerdas de poliéster de 5/8". (Ver fotografía 7.15)
3. El maniobrista de piso deberá centrar la carga para evitar el balanceo al momento de izarla y verificar el correcto uso de los vientos.
4. El operador de la grúa deberá izar la carga solo cuando los maniobristas lo indiquen y se evitará que personas ajenas a la tarea estén dando indicaciones al operador. Debido a que el montaje se realiza en diferentes niveles, un maniobrista se ubicará en un lugar adecuado dentro del pozo y el otro se mantendrá en piso, ambos maniobristas deben contar con todos sus implementos de seguridad.
5. El operador levantará la carga lentamente sin hacer giros bruscos y los maniobristas evitara en todo momento que estén personas debajo de la carga suspendida.
6. El primer riel que es el más largo de 4100 mm, debe ser colocado tratando de que su eje este alineado con el eje del pozo.



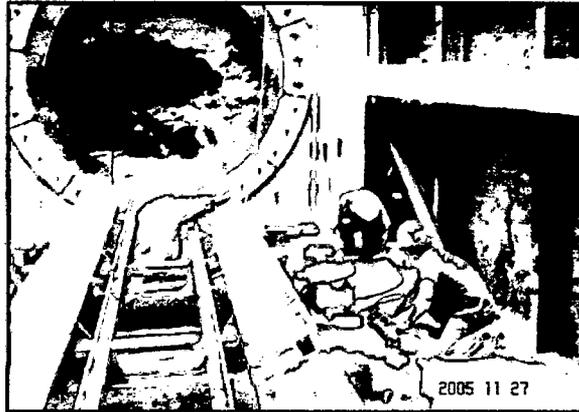
Fotografía 7.15: Ubicación de estrobos de ojo con gancho de cuatro ramales de ½"

7. Después de colocar el primer riel de apoyo, se repetirán todos los procedimientos desde 2 hasta 5 para montar el segundo riel de 2850 mm, muy cerca del primer riel y manteniéndose siempre cercano el eje del pozo.
8. Una vez colocados los rieles, se procederá a unirlos, colocando siete pernos a cada lado, con sus respectivas arandelas planas y tuercas, con ayuda de llaves mixtas de 1 1/2". (Ver fotografía 7.16)
9. Cuando ya estén unidos los rieles se procederá a la nivelación y alineación de las mismas, lo que se efectúa con apoyo topográfico.



Fotografía 7.16: Colocación de pernos con llave de 1 ½", para unir rieles de apoyo.

10. Mediante el uso de gatas hidráulicas de larga extensión de 20 ton y tacos de madera, se alineará los rieles de tal manera que su eje este paralelo con el eje del pozo. (Ver fotografía 7.17)



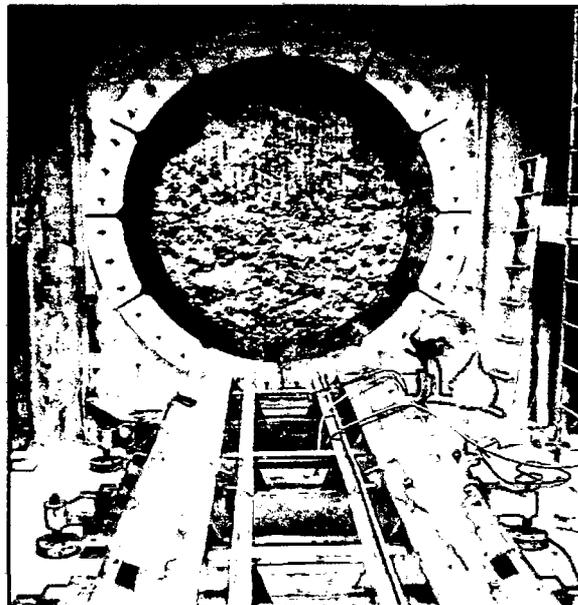
Fotografía 7.17: Nivelación de rieles de apoyo con gatas hidráulicas de larga extensión

11. Se verificará el alineamiento del eje vertical mediante apoyo topográfico.
12. Inmediatamente concluido el procedimiento anterior se establecerá las cotas en ambos extremos del riel para dar la pendiente. La pendiente será establecida con la regulación de las bases nivelantes de los rieles y con ayuda de llaves mixtas de 1". (Ver fotografía 7.18)



Fotografía 7.18: Establecimiento de la pendiente de riel.

13. Una vez establecida la pendiente todos los equipos deben ser colocados en sus estuches si los tuviesen, para su correcto retiro y transporte del área de trabajo, lo mismo debe ocurrir para todas las herramientas. El área debe quedar limpia de material que se pueda haber empleado en la ejecución de los trabajos de nivelación y alineación de los rieles de la estación principal.
14. Si fuera necesario se transportará el equipo de soldar y el equipo oxicorte al nivel del piso del pozo.
15. Se fijará con barras de acero cada extremo de los rieles para evitar su desplazamiento, los puntos de contacto serán las columnas que se encuentran a lado del anillo de emboque, el muro metálico de reacción y las placas de 1"x170x240 de lo rieles. (Ver fotografía 7.19)
16. El Ing. Residente deberá verificar que la junta terminada no presente discontinuidad o existencia de fisuras o grietas en las zonas afectadas por el calor.
17. Concluido el trabajo de soldadura, se retirará todos los equipos y herramientas dejando toda el área limpia de material que se pueda haber empleado en la ejecución de los trabajos de soldadura.



Fotografía 7.19: Fijación de rieles para evitar desplazamientos.

2.2. Colocación de Shield sobre Rieles de guía

Recursos

Herramientas y equipos a emplear

Para los trabajos de colocación de Shield sobre rieles de estación principal se emplearán las siguientes herramientas y equipos:

Para izaje y colocación

- 02 Grúas de 50 ton
- 01 Estrobo de extensión (grillete) con gancho de cuatro ramales de 1"
- 01 Estrobo de extensión (grillete) con gancho de dos ramales de 1"
- 02 Cuerdas de poliéster de 5/8" (la longitud es variable según la profundidad del poz de entrada, en este caso es de 7 a 11 metros)
- 02 Llaves mixta de 5/16"

Para soldar

- 01 Equipo oxicorte
- 01 Equipo de soldar

Para colocación del láser

- 01 Nivel topográfico
- 01 Estación total

Personal

Cuadrilla típica

Para izaje y montaje

- 02 Maniobristas o Riggers
- 02 Operadores de Grúa
- 02 Ayudantes

Para soldar

01 Soldador

01 Ayudante

Para colocación del láser

01 Topógrafo

02 Ayudantes

Procedimiento de trabajo

1. Los operadores de las grúas colocarán tacos de madera para apoyos de los estabilizadores antes de realizar la maniobra de izaje, sobre todo cuando el terreno no presenta la suficiente capacidad de sustentación o este a desnivel.
2. Se deberá soldar dos listones de acero de 100 x 250 mm a cada lado del Shield para unir la corona cortante con el tubo metálico y de ese modo mantener el equipo compacto. Los listones deben quedar diametralmente opuestos.
3. Los maniobristas subirán sobre el Shield con ayuda de una escalera de mano y debidamente equipado con arnés (por seguridad), cada uno colocara dos cáncamos de 30 mm en el tubo metálico y un cáncamo de 30 mm en la corona cortante en el siguiente orden. (Ver Figura 7.43)
4. Antes del izaje el Ing. Residente deberá verificar que la junta terminada (soldadura) no presente discontinuidad o grietas en las zonas afectadas por el calor y que los cáncamos estén correctamente emperrados. Para el izaje del Shield con el empleo de 02 grúas de 50 ton se empleará 01 estrobo de extensión con gancho de cuatro ramales de 1" que serán colocados en la zona correspondiente al tubo metálico y 01 estrobo de extensión con gancho de dos ramales de 1" que serán colocados para el sostenimiento de la corona cortante. Las cuerdas de poliéster de 5/8" usadas como vientos, deben ser amarradas en el Shield, para poder controlar el movimiento a la hora de izaje. (Ver fotografía 7.20)
5. Los maniobristas deberán centrar la carga para evitar el balanceo al momento de izarla.

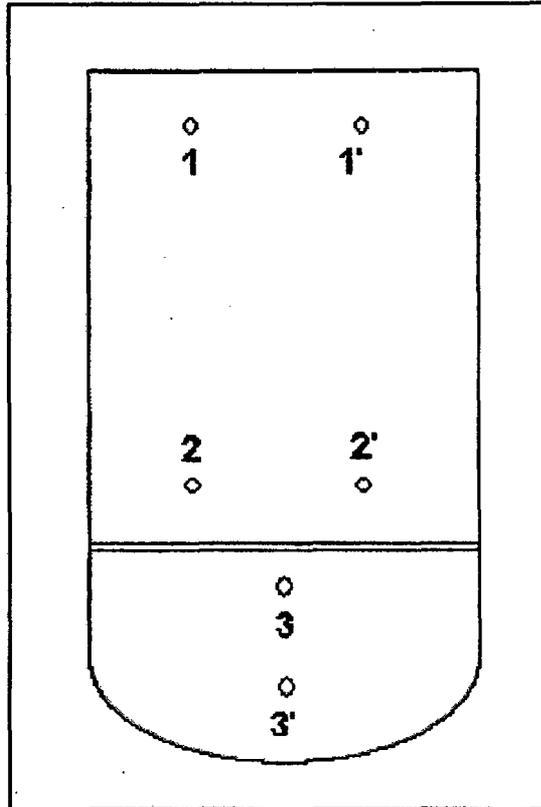
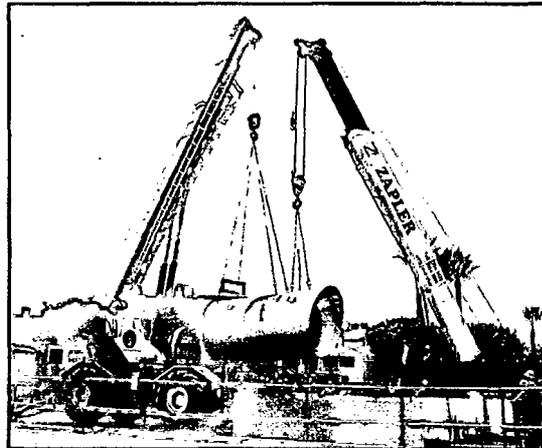


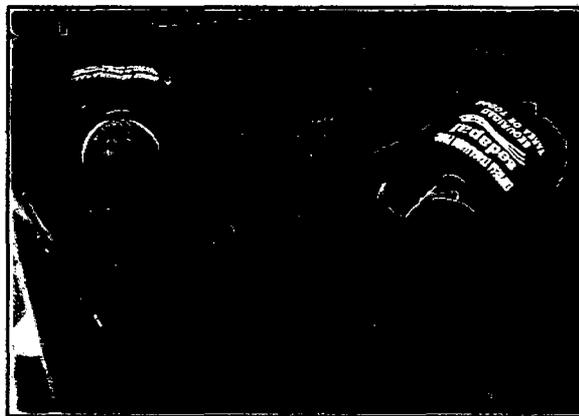
Figura 7.43: Orden en el que serán colocados los cárcamos, grilletes y estrobos. – Elaboración propia



Fotografía 7.20: Izaje de Shield con dos grúas de 50 ton

6. Los operadores de las grúas deberán izar la carga solo cuando los maniobritas lo indiquen y se evitará que personas ajenas a la tarea estén dando indicaciones al operador.

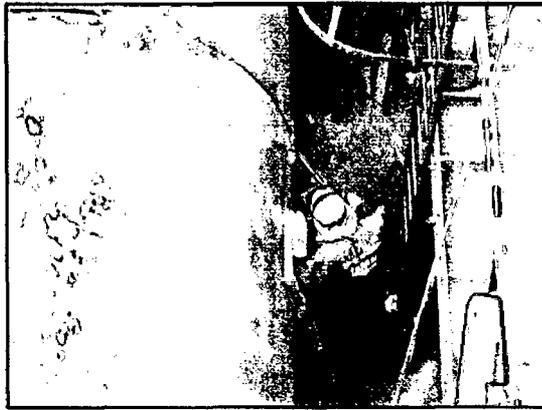
7. Los operadores levantarán la carga lentamente si hacer giros bruscos y los maniobritas evitaran en todo momento que estén personas debajo de la carga suspendida.
8. Se colocara el Shield cuidadosamente cerca del anillo de emboque y sobre los rieles de apoyo.
9. Nuevamente dos personas subirán sobre el Shield con ayuda de una escalera de mano y debidamente equipado con arnés (por seguridad), retirarán los estrobos, grilletes y cáncamos. El levantamiento de los estrobos solo se realizará cuando los ayudantes hayan bajado del Shield.
10. Dos ayudantes se encargaran del engrasado y colocación de tapones en el Shield. (Ver fotografía 7.21)
11. El área debe quedar limpia de material y herramientas que se pueda haber empleado en la ejecución de los trabajos de colocación de Shield sobre los rieles de estación principal.
12. Si fuera necesario se transportará el equipo oxicorte y el equipo de soldar al nivel del piso del pozo.



Fotografía 7.21: Engrasado y colocación de tapones en Shield

13. Se cortará con el equipo oxicorte los dos listones de acero de 100 x 250 mm que se encuentra a cada lado del Shield. (Ver fotografía 7.22)
14. Se soldará las platinas de 3"x8"x1/2" en las esquinas superiores del anillo de emboque, para fijarlo a las vigas del Pozo. Después se soldará cuatro platinas en la base del Shield para no permitir el giro de la máquina en el momento de hincado. (Ver fotografía 7.23)

15. El Ing. Residente deberá verificar que la junta terminada no presente discontinuidad o existencia de fisuras o grietas en las zonas afectadas por el calor.
16. Concluido el trabajo de soldadura, se retirará todos los equipos y herramientas dejando toda el área limpia de material que se pueda haber empleado en la ejecución de los trabajos.



Fotografía 7.22: Corte de listones de 100 x 250 mm



Fotografía 7.23: Platinas soldadas en la base del Shield.

17. Si fuera necesario se reubicarán los segmentos de $\frac{3}{4}$ "x332x824 mm del anillo de emboque con ayuda de una llave mixta de 15/16". (Ver fotografía 7.24)
18. Concluido el trabajo de reubicación de los segmentos, se retirará todas las herramientas dejando toda el área limpia de material que se pueda haber empleado en la ejecución de los trabajos.

19. Con apoyo topográfico se colocará el láser en un pedestal que se encuentra soldado al muro metálico de reacción. Es necesario y obligatorio este procedimiento porque solo así se podrá definir correctamente la dirección y la pendiente del tendido de tuberías a instalar. (Ver fotografía 7.25)



Fotografía 7.24: Reubicación de segmentos y soldadura de platinas de anillo de emboque.



Fotografía 7.25: colocación de láser con apoyo topográfico

2.3. Montaje de estación principal

Recursos

Equipos y herramientas a emplear

Para los trabajos de montaje de estación principal se emplearán los siguientes equipos y herramientas:

Para soldar

- 01 Equipo de soldar
- 01 Equipo oxicorte

Para izaje y montaje

- 01 Grúa de 50 ton
- 02 Estrobos de Ojo simple 1"
- 02 Templadores de 1 ½" x 1 m de con ojo y grillete
- 01 Eslinga de ojos revirados cuerpo ancho y reforzado de 8" X 12 m de 16 ton
- 04 Grilletes de 4 ton
- 02 Cuerdas de poliéster de 5/8 (la longitud es variable según la profundidad de pozo o Pozo, en este caso es de 7 a 11 metros)
- 02 Gatas hidráulicas de larga extensión de 20 ton
- 02 Varillas de acero de 1" x 40 cm
- 01 Nivel de mano magnética

Personal

Cuadrilla típica

Para soldar

- 01 Soldador
- 01 Ayudante

Para izaje y montaje

- 02 Maniobrista o Riggers
- 01 Operador de Grúa
- 02 Ayudantes

Procedimiento de trabajo

1. Si fuera necesario se transportará el equipo oxicorte y el equipo de soldar cerca del área de trabajo.
2. Se soldarán dos orejas en el anillo de empuje y dos orejas en la placa de apoyo de la estación principal, es necesario reconocer el orden en el que serán soldados para su posterior uso. (Ver Figura 7.44)
3. El Ing. Residente deberá verificar que la junta terminada no presente discontinuidad o existencia de fisuras o grietas en las zonas afectadas por el calor.
4. Concluido el trabajo de soldadura, se retirará todos los equipos y herramientas dejando toda el área limpia de material que se pueda haber empleado en la ejecución de los trabajos de soldadura.
5. Para equilibrar la carga se colocarán 02 templadores de 1 1/2" x 1 m con ojo y grillete con 02 estrobos de 1" en las orejas, conservando las siguientes posiciones: 1 (templador) con 1' (grillete) y 2 (grillete) con 2' (templador) (Ver Figura 7.44). Para regular los templadores se usarán varillas de 1" x 40 cm.
6. Se colocará la eslinga de 8" x 12 m de 16 ton en las dos orejas de la pared de empuje y en el anillo de empuje, conservando las siguientes posiciones 3 (grillete), 3' (se dará una vuelta a la eslinga) y finalmente 3' (grillete). (Ver Figura 7.44 y fotografía 7.26).
7. El Ing. Residente deberá verificar en todo momento la correcta colocación de los accesorios en la estación principal antes de su izaje.
8. El operador de grúa colocará tacos de madera para apoyos de los estabilizadores antes de realizar la maniobra de izaje, sobre todo cuando el terreno no presenta la suficiente capacidad de sustentación o este a desnivel.
9. El maniobrista de piso deberá centrar la carga para evitar el balanceo al momento de izarla y verificar el correcto uso de los vientos.
10. El operador de la grúa deberá izar la carga solo cuando los maniobristas lo indiquen y se evitará que personas ajenas a la tarea estén dando indicaciones al operador. Debido a que el montaje se realiza en diferentes niveles, un maniobrista se ubicará en un lugar adecuado

dentro del pozo y el otro se mantendrá en piso, ambos maniobristas debe contar con todos sus implementos de seguridad.

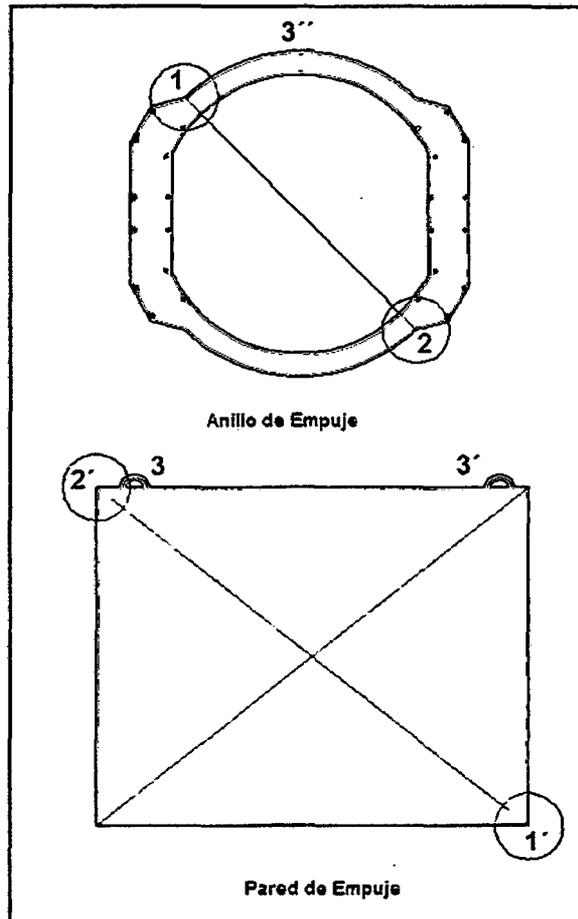
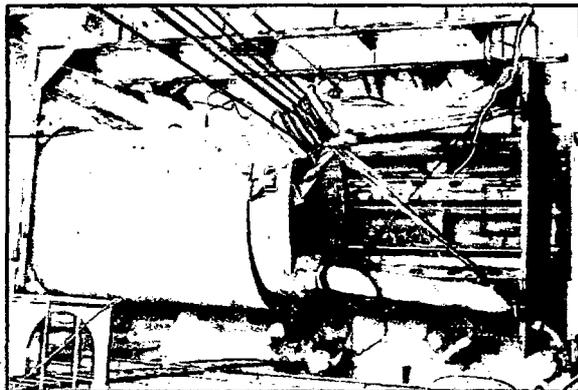


Figura 7.44: Puntos en los que serán soldados las orejas y orden en el que serán colocados los grilletes, templadores y eslinga – *Elaboración propia*



Fotografía 7.26: Colocación de Estación principal con grúa de 50 ton

11. El operador levantará la carga lentamente sin hacer giros bruscos y los maniobristas evitarán en todo momento que estén personas debajo de la carga suspendida.
12. Al colocar la estación principal detrás del Shield se tendrá cuidado de no golpear ninguno de los dos equipos.
13. Una vez que esté bien posicionada la estación principal (apoyada sobre los rieles), se retirará las eslingas, grillete, templadores y estrobos.
14. Concluido el trabajo de izaje y colocación de estación principal se retirará todos los accesorios y herramientas dejando toda el área limpia de material que se pueda haber empleado.
15. Si el eje de la pared de empuje no coincide con el eje del Pozo, se tendrá que alinear toda la estación intermedia con ayuda de tacos de madera, nivel de mano y dos gatas hidráulicas de larga extensión de 20 ton.
16. Concluido el trabajo montaje, se retirará todos los equipos y herramientas dejando toda el área limpia de material que se pueda haber empleado.
17. Se transportará el equipo oxicorte y el equipo de soldar dentro del Pozo.
18. Si fuera necesario se cortaran las orejas que fueron soldadas anteriormente en la pared de empuje y luego se soldaran cuatro varillas de 1" entre la pared de empuje y las vigas del pozo. (Ver Figura 7.45)

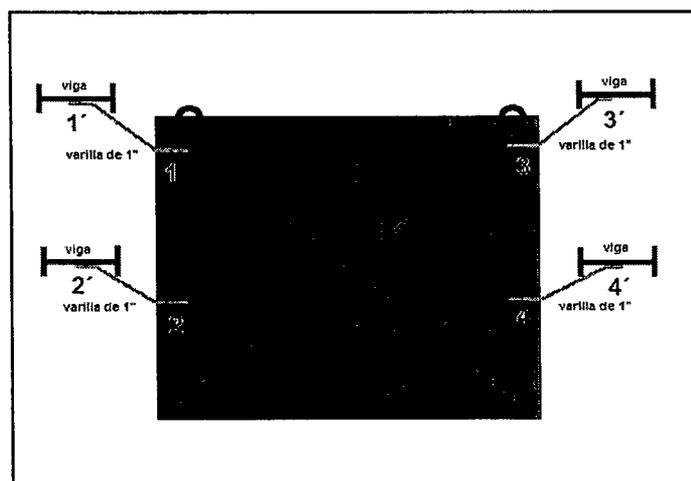


Figura 7.45: Varillas de 1" que serán soldadas entre la pared de empuje de estación principal y vigas del pozo. – Elaboración propia

19. El Ing. Residente deberá verificar que la junta terminada no presente discontinuidad o existencia de fisuras o grietas en las zonas afectadas por el calor.
20. Concluido el trabajo de soldadura, se retirará todos los equipos y herramientas dejando toda el área limpia de material que se pueda haber empleado en la ejecución de los trabajos de soldadura.

2.4. Montaje del pórtico láser

Recursos

Herramientas y equipos a emplear

Para los trabajos de montaje de pórtico del láser se emplearán las siguientes herramientas y equipos:

Para izaje y montaje

- 01. Grúa de 50 ton
- 02 Eslingas con dos ojos planos de 3" x 4 m de 3 ton
- 02 Cuerdas de poliéster de 5/8" (la longitud es variable según la profundidad del pozo, en este caso es de 7 a 11 metros)
- 01 Taladro con broca de 1/2"

Personal

Cuadrilla típica

Para izaje y montaje

- 02 Maniobrista o Riggers
- 01 Operador de Grúa
- 02 Ayudantes

Procedimiento de trabajo

1. Se colocará eslingas de dos ojos planos de 3" x 4 m de 3 ton, dobladas en las esquinas del pórtico láser y sus ojos serán colocados en el gancho de la grúa. Para el mejor control en el izaje se ataran dos cuerdas en las bases 1. (Ver Figura 7.46)

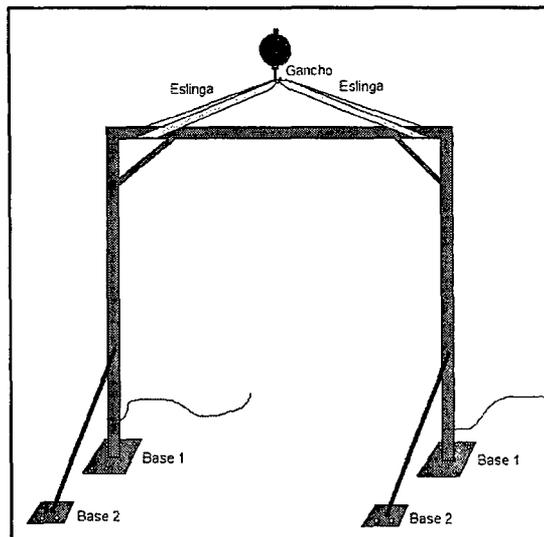
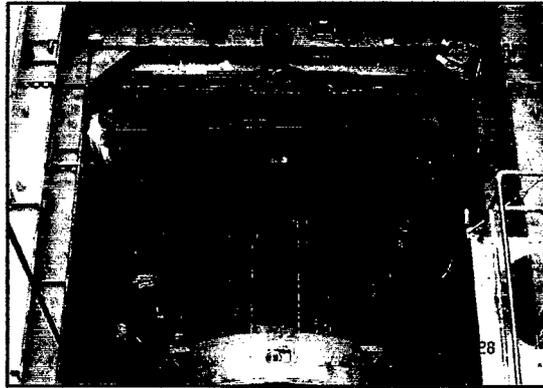


Figura 7.46: Ubicación de eslingas y cuerdas (vientos) en el Pórtico del láser – Elaboración propia

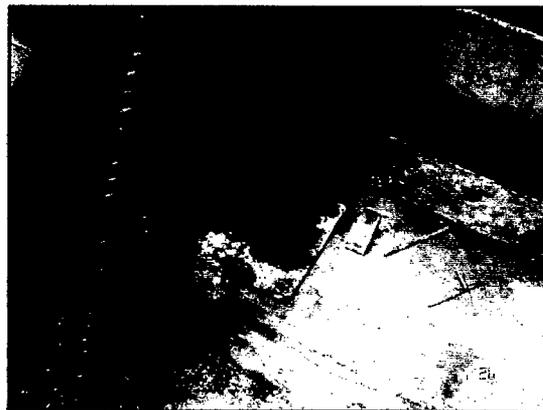
2. El Ing. Residente deberá verificar en todo momento la correcta colocación de las eslingas en el pórtico del láser antes de su izaje.
3. El operador de grúa colocará tacos de madera para apoyos de los estabilizadores antes de realizar la maniobra de izaje, sobre todo cuando el terreno no presenta la suficiente capacidad de sustentación o este a desnivel.
4. El maniobrista de piso deberá centrar la carga para evitar el balanceo al momento de izarla y verificar el correcto uso de los vientos.
5. El operador de la grúa deberá izar la carga solo cuando los maniobristas lo indiquen y se evitará que personas ajenas a la tarea estén dando indicaciones al operador. Debido a que el montaje se realiza en diferentes niveles, un maniobrista se ubicará en un lugar adecuado dentro del Pozo y el otro se mantendrá en piso, ambos maniobristas deben contar con todos sus implementos de seguridad.

6. El operador levantará la carga lentamente sin hacer giros bruscos y los maniobristas evitarán en todo momento que estén personas debajo de la carga suspendida.
7. Al trasladar el pórtico se tendrá cuidado de no golpear los cilindros hidráulicos de la Estación principal. (Ver fotografía 7.27)



Fotografía 7.27: Colocación de Pórtico con grúa de 50 tonton

8. El pórtico será debidamente colocado sobre el muro de concreto y tacos de madera.
9. Una vez que esté bien posicionado el pórtico se retirará las eslingas.
10. Se perforará con broca de $\frac{1}{2}$ " el muro de concreto y la losa del piso, seguidamente se anclará la Base 1 con cuatro pernos de $\frac{1}{2}$ " x $4 \frac{1}{2}$ " y la Base 2 con dos pernos de $\frac{1}{2}$ " x $3 \frac{1}{2}$ ". (Ver fotografía 7.28)



Fotografía 7.28: Base 1 apoyada en viga solera.

11. Concluido el trabajo de montaje, se retirará todos los equipos y herramientas dejando toda el área limpia de material que se pueda haber empleado en el montaje del pórtico del láser.

2.5. Montaje del tablero hidráulico

Recursos

Herramientas y equipos a emplear

Para los trabajos de montaje del Tablero hidráulico se emplearán las siguientes herramientas y equipos:

Para izaje y montaje

- 01 Grúa de 50 ton
- 01 Eslinga de 3" x 4 m de 3 ton
- 02 Cuerdas de poliéster de 5/8" (la longitud es variable según la profundidad del pozo, en este caso es de 7 a 11 metros).
- 01 Cuerdas de poliéster de 5/8" de 10 m para transporte de madera.
- 01 Llave mixta de 24 mm
- 01 Llave mixta de 29 mm
- 01 Llave mixta de 30 mm
- 01 Llave mixta de 41 mm
- 01 Llave mixta de 50 mm
- 01 Llave mixta de 1 5/8"
- 01 Llave mixta de 1 7/8"
- 01 Martillo

Para soldar

- 01 Equipo de soldar
- 01 Equipo oxicorte

Personal

Cuadrilla típica

Para izaje y montaje

- 02 Maniobristas o Riggers
- 01 Operador de Grúa
- 01 Operador del Tablero hidráulico
- 02 Ayudantes

Para soldar

- 01 Soldador

Procedimiento de trabajo

1. Se colocará eslinga de dos ojos planos de 3" x 4 m de 3 ton, dobladas en las orejas del tablero hidráulico y sus ojos serán colocados en el gancho de la grúa. (Ver Figura 7.47)
2. El Ing. Residente deberá verificar en todo momento la correcta colocación de las eslingas en las orejas del tablero hidráulico antes de su izaje.
3. El operador de grúa colocará tacos de madera para apoyos de los estabilizadores antes de realizar la maniobra de izaje, sobre todo cuando el terreno no presenta la suficiente capacidad de sustentación o este a desnivel.
4. El maniobrista de piso deberá centrar la carga para evitar el balanceo al momento de izarla y verificar el correcto uso de los vientos.
5. El operador de la grúa deberá izar la carga solo cuando los maniobristas lo indiquen y se evitará que personas ajenas a la tarea estén dando indicaciones al operador. Debido a que el montaje se realiza en diferentes niveles, un maniobrista se ubicará en un lugar adecuado dentro del pozo y el otro se mantendrá en piso, ambos maniobristas deben contar con todos sus implementos de seguridad.
6. El operador levantará la carga lentamente sin hacer giros bruscos y los maniobristas evitarán en todo momento que estén personas debajo de la carga suspendida.

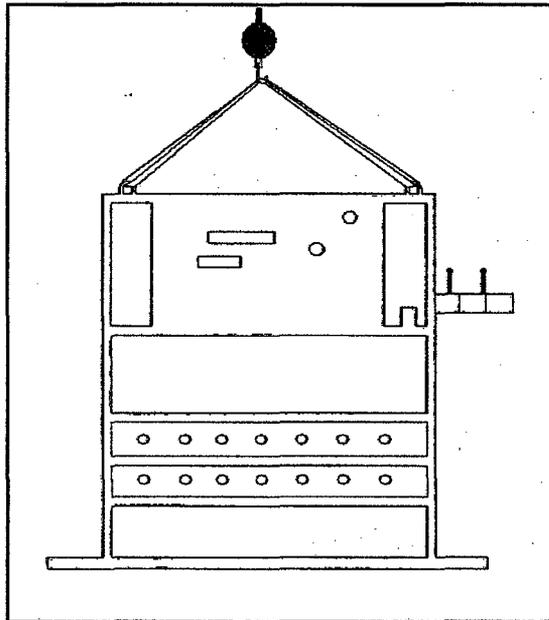


Figura 7.47: Ubicación de eslingas en el Tablero hidráulico. – Elaboración propia

7. Colocar el Tablero hidráulico en una de las esquinas opuesta del anillo de emboque y a una altura de 3.60 m con la grúa de 50 ton Se tiene que colocar correctamente los cinco apoyos para dar inicio al siguiente procedimiento. (Ver Figura 7.48)

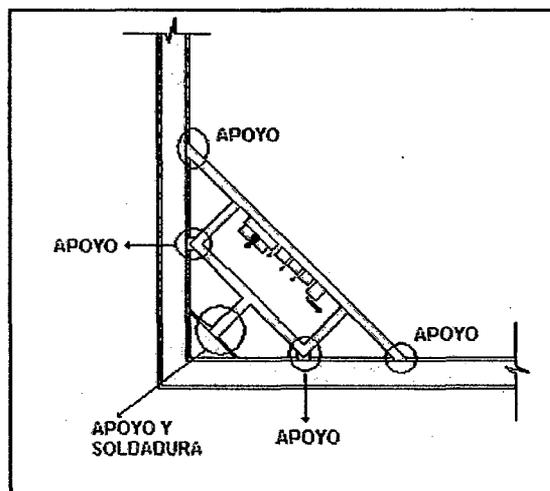


Figura 7.48: Ubicación de apoyos y soldaduras-
Elaboración propia

8. Un ayudante transportará el porta electrodo del equipo de soldar, para que el soldador fije el Tablero hidráulico a una viga intermedia del collarín del pozo.
9. El Ing. Residente deberá verificar que la junta terminada no presente discontinuidad o existencia de fisuras o grietas en las zonas afectadas por el calor.
10. Concluido el trabajo de soldadura, se retirara el porta electrodo del equipo de soldar y las eslingas dejando toda el área limpia de material que se pueda haber empleado en la ejecución de los trabajos de montaje y soldadura.
11. Se transportará verticalmente con una cuerda de 5/8"x10 m tablonces de maderas de 1" x 10" de longitud variable para el armado del piso, este será asegurado con clavos de 2½" para evitar posibles desplazamientos. (Ver Figura 7.49)

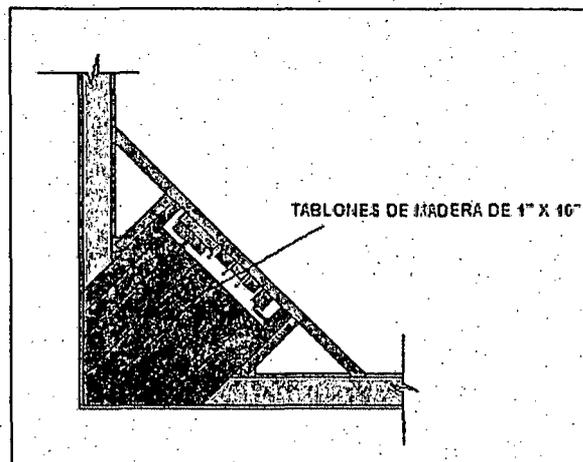
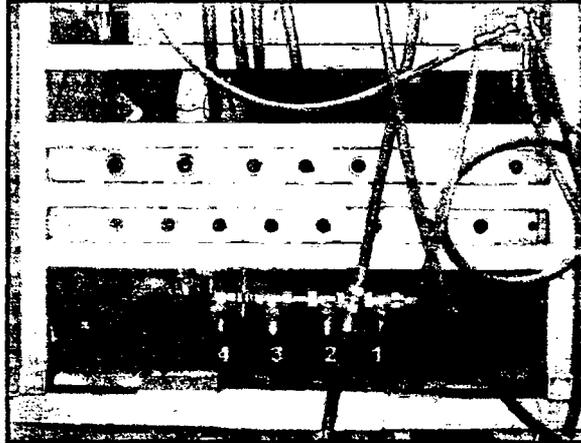


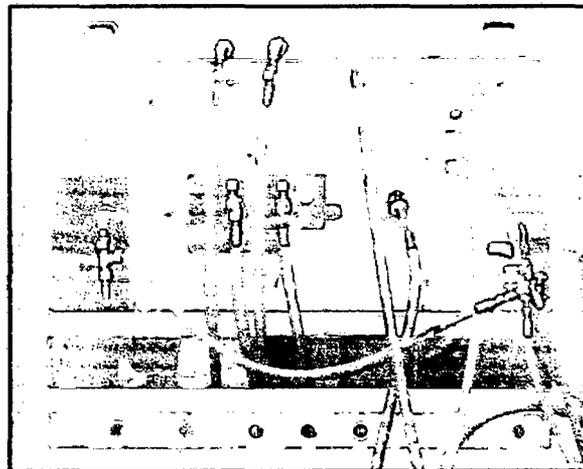
Figura 7.49: Sentido de colocación de tablonces de madera de 1" x 10" para el piso – Elaboración propia

12. Un ayudante alcanzará al operador del tablero hidráulico (que se debe encontrar sobre el piso preparado antes de 3.80 m del terreno) las llaves mixtas de 24 mm, 29 mm, 30 mm, 41 mm, 50 mm, 1 5/8", 1 7/8" para el inicio del montaje de mangueras hidráulicas.
13. Dos ayudantes trasladarán una a una las mangueras hidráulicas de retorno de los cilindros hidráulicos y serán conectadas con llaves mixtas de 29 mm y 30 mm en el siguiente orden 4, 3, 2, 1. (Ver fotografía 7.29).



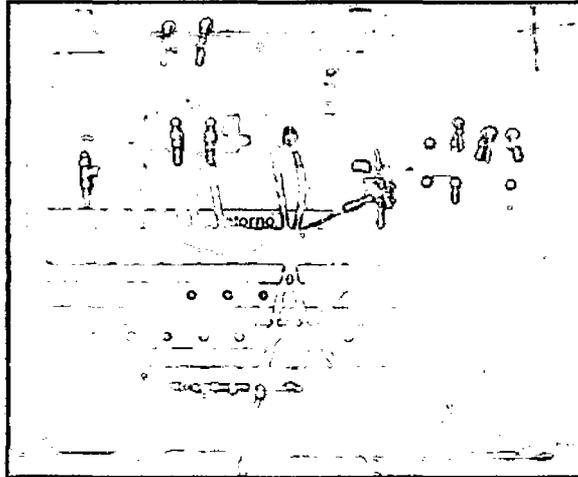
Fotografía 7.29: Orden de conexión de mangueras hidráulicas de retorno.

14. Finalizada la conexión de mangueras hidráulicas de retorno, se inicia la conexión de mangueras hidráulicas de alimentación de los cilindros hidráulicos en el orden siguiente 4 y 3 (abajo) y 1 y 2 (arriba) con llaves mixtas de $1\frac{7}{8}$ " y $1\frac{5}{8}$ ". (Ver fotografía 7.30)



Fotografía 7.30: Orden de conexión de mangueras hidráulicas de alimentación.

15. Ayudado por una cuerda de $\frac{5}{8}$ "x10 m un ayudante bajará la manguera hidráulica de retorno y será conectada con llave mixta de 50 mm (Ver fotografía 7.31).
16. Nuevamente se bajará con una cuerda de $\frac{5}{8}$ "x10 m la manguera hidráulica de alimentación y será conectada con llaves mixtas de $1\frac{7}{8}$ " y 41 mm



Fotografía 7.31: Ubicación de mangueras hidráulicas de retorno y alimentación.

17. Finalmente, se conectarán las mangueras del winche con llaves mixtas 24 mm, 29 mm, 30 mm (Ver fotografía 7.32)



Fotografía 7.32: Ubicación de mangueras hidráulicas de winche.

18. Concluido el trabajo de montaje, se colocará todas las herramientas en una caja y se dejará toda el área limpia de material que se pueda haber empleado en el montaje del tablero hidráulico.
19. A medida que las estaciones intermedias son montadas se conectarán mangueras hidráulicas en el orden siguiente 1, 2, 3, 4 con llaves mixtas de 1 7/8", 1 5/8". (Ver fotografía 7.33)



Fotografía 7.33: Ubicación de mangueras hidráulicas de Estaciones Intermedias.

3. Producción del Sistema de “Hincado de Tubos” o “Pipe Jacking”

3.1. Excavación

Recursos

Equipo y herramientas emplear

Para los trabajos de excavación se emplearán:

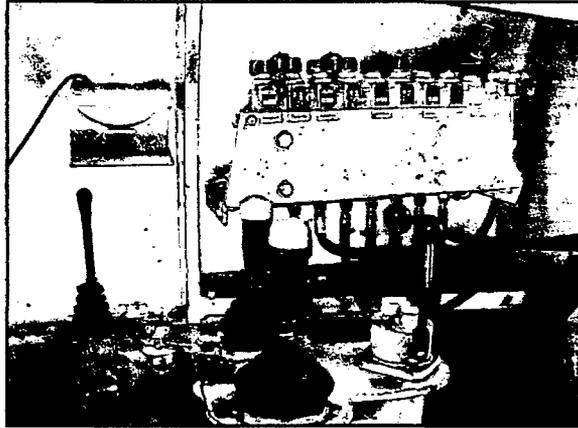
- 01 Retroexcavadora Z3
- 02 Fajas transportadora
- 01 Lampa
- 01 Pico
- 01 Nivel magnético
- 01 Escoba pequeña

Personal

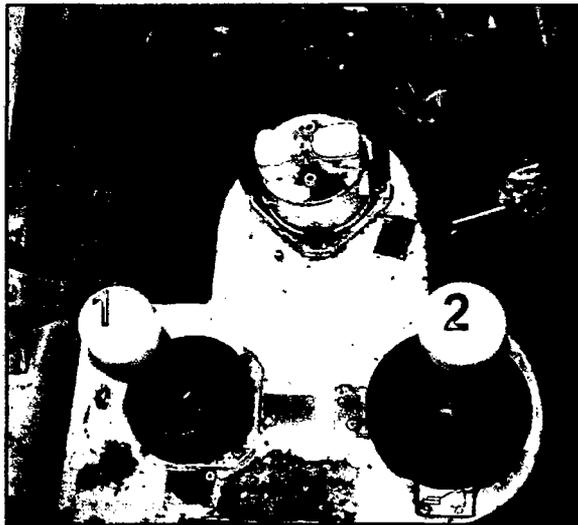
- 01 Operador de retroexcavadora
- 02 Peones ayudantes en faja
- 01 Peón que acomoda el material en vagoneta

Conceptos previos

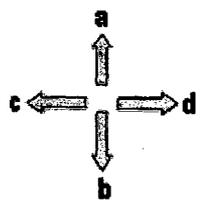
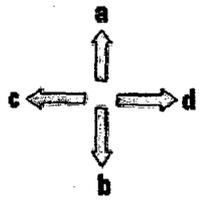
1. Funciones de la palanca de control de retroexcavadora o Joysticks (ver fotografía 7.34 y 7.35)



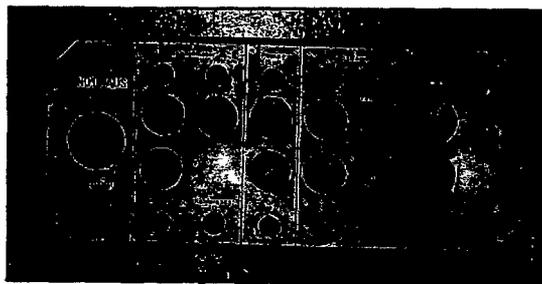
Fotografía 7.34: Mando de control del sistema interno de excavación.



Fotografía 7.35: Joysticks o palancas de Control de la Retroexcavadora.

Tabla 7.36: Palancas de control o "Joysticks".		
	Posición de movimientos	Descripción
<p>1 Retroexcavadora (a,b)</p> <p>1 Cucharón (c, d)</p>		<p>a = adelante</p> <p>b = atrás</p> <p>c = abre</p> <p>d = cierra</p>
<p>2 Retroexcavadora</p>		<p>a = abajo</p> <p>b = arriba</p> <p>c = izquierda</p> <p>d = derecha</p>
<p>3 Tornamesa</p>		<p>a = adelante</p> <p>b = atrás</p>

2. Funciones del panel de control interno (Ver fotografía 7.36)



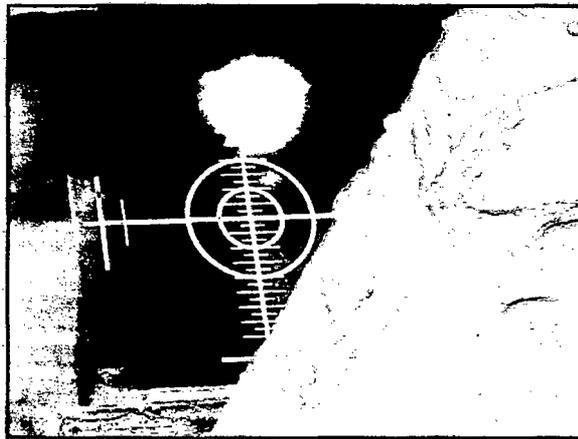
Fotografía 7.36: Funciones del Panel de control interno.

- 1 Enciende la bomba hidráulica
- 2 Apaga la bomba hidráulica
- 3 Enciende el motor de la faja primaria (giro antihorario)
- 4 Apaga el motor de la faja primaria

5. Enciende el motor de la faja secundaria
6. Apaga el motor de la faja secundaria
7. Enciende el motor de la faja primaria
8. Parada de emergencia

Procedimiento de trabajo

1. Antes de iniciar la excavación se deberá verificar la posición del láser, si fuera necesario alinear la corona cortante y finalmente se deberá corregir la dirección de la máquina. Los siguientes procedimientos son válidos desde 2 hasta 5 tanto para suelos finos como para suelos gravosos.
2. Verificación de posición del láser en el bull: Conociendo la posición del bull se debe verificar que el láser coincida con la intersección de ejes marcados. Si existiera alguna desviación se procederá a la alineación de la corona cortante. (Ver fotografía 7.37)



Fotografía 7.37: Láser no coincide con la intersección de ejes.

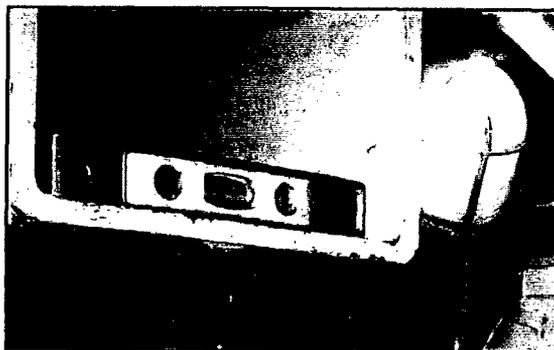
3. **Alineación de la Corona cortante:** Es un factor importante porque definirá el comportamiento hidráulico de la tubería.

Se debe tener en cuenta que se debe dar mayor importancia al alineamiento del plano vertical, pues las tolerancias son menores que las dadas en el plano horizontal. De igual manera se debe entender la

relación que existe entre la desviación en la dirección tanto horizontal como vertical y las deleciones en las uniones.

Las desviaciones en el plano vertical se corrigen utilizando como máximo dos de los cuatro grupos de cilindros hidráulicos que articulan la corona cortante, en forma dinámica.

- ✓ Si el láser tiende a desviarse hacia el cuadrante 1, se utiliza para el alineamiento el grupo de cilindros hidráulicos superior derecho (Válvula 1). (Ver fotografía 6.4)
 - ✓ Si el láser tiende a desviarse hacia el cuadrante 2, se utiliza para el alineamiento el grupo de cilindros hidráulicos inferior derecho (Válvula 2). (Ver fotografía 6.4)
 - ✓ Si el láser tiende a desviarse hacia el cuadrante 3, se utiliza para el alineamiento el grupo de cilindros hidráulicos inferior izquierdo (Válvula 3). (Ver fotografía 6.4)
 - ✓ Si el láser tiende a desviarse hacia el cuadrante 4, se utiliza para el alineamiento el grupo de cilindros hidráulicos superiores izquierdo (Válvula 4). (Ver fotografía 6.4)
4. Las desviaciones en el plano horizontal se corrigen con la excavación del terreno, disminuyendo las fuerzas de fricción en la dirección en la que se requiera alinear la máquina.
 5. Corrección de la dirección: Para ello se usa el nivel de mano y se verifica alguna rotación de la máquina respecto a su eje vertical (Ver fotografía 7.38), la maquina tiende a rotar hacia el lado derecho debido a un problema de distribución de centro de gravedad.



Fotografía 7.38: Verificación de rotación de la máquina con nivel de mano magnético.

La desviación es corregida con las estaciones intermedias, ellas son rotadas una a una con ayuda de pequeñas gatas hidráulicas de 20 ton colocadas en apoyos que permiten el giro y direccionamiento del conjunto de cilindros hidráulicos de la estación intermedia, en sentido contrario al cual el equipo se giró.

6. Encendido de la bomba hidráulica, bomba 1 del panel de control interno.

Excavación para suelos finos

7. Se procede a excavar un hoyo de 0.30 m de profundidad delante de la corona cortante, dejando un borde de aproximadamente 0.30 m en todo el diámetro sin excavar. (Ver Figura 7.50)

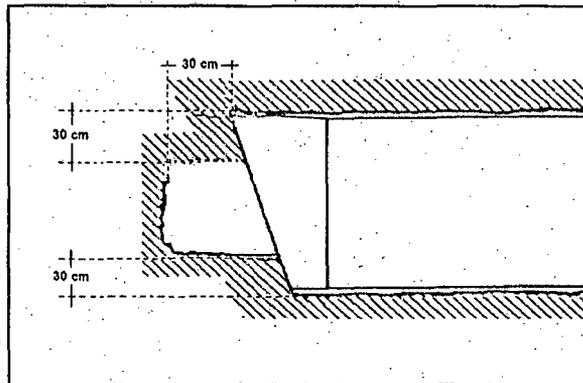


Figura 7.50: Excavación del hoyo de 30 cm de profundidad y 30 cm de borde.

Este borde se corta con el avance de la corona cortante, con este procedimiento se evitan espacios vacíos entre el material que está siendo excavado y la corona cortante, no ocurriendo riesgo de descenso en la superficie¹. La velocidad de hincado para este tipo de material varía en función del tipo de suelo y el número de bombas usadas.

8. Jalar material: Es posible con el juego de palancas del mando de control o Joystick, que activa la contracción del brazo de la retroexcavadora. Esta actividad consiste en el traslado del material excavado, mas no su colocación sobre la faja. (Ver fotografía 7.39)

¹ Fernández Ruiz, Inacio, Proyecto Colector Viña del mar, Pág. 43.



Fotografía 7.39: Traslado de material excavado.

9. Colocación de material en la faja: Esto es logrado accionando la palanca N° 2 del mando de control o Joystick, que activa el giro interno del cucharón. Esta actividad se considera productiva, porque al colocar el material sobre la faja se da inicio al transporte y por tal razón la posibilidad de hincar el Shield y la pila de tubos. (Ver fotografía 7.40 y 7.41).



Fotografía 7.40: Colocación de material sobre faja primaria (vista lateral).

10. Transporte de material sobre las fajas: Se inicia con el encendido del motor de la faja primaria (botón 3) y la faja secundaria (botón 5) del panel de control interno. El material después de ser colocado sobre la faja transportadora primaria es trasladado hacia la faja secundaria y esta a su vez elimina el material en la vagoneta de 2.7 m³. (Ver fotografía 7.42 y 7.43)

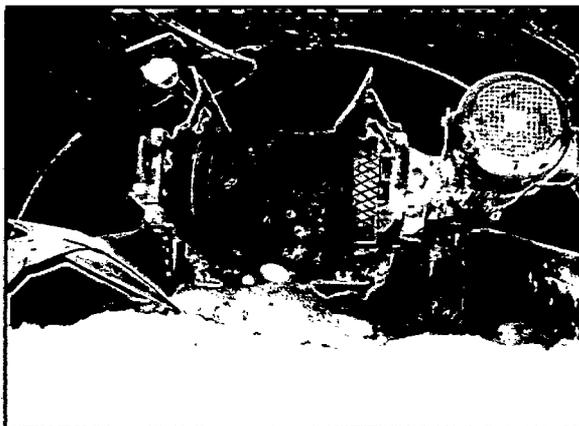


Fotografía 7.41: Colocación de material sobre faja primaria (vista reversa).

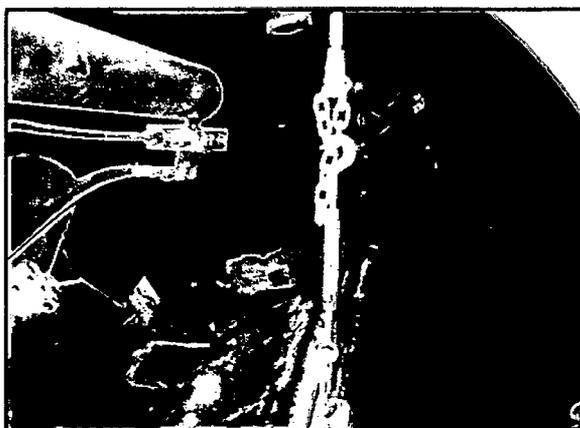


Fotografía 7.42: Transporte de material sobre la faja primaria.

Para evitar fallas en el funcionamiento de las fajas por caídas de material se han colocado guardavías a los lados. También por haber tenido material gravoso de gran tamaño se tiene dos trabajadores en cada faja que se encargan de direccionar el material, limpiar las fajas y ayudar al traslado de rocas o bloques de arcilla hacia la vagoneta. (Ver fotografía 7.44)



Fotografía 7.43: Entrega de material transportado por la faja secundaria en la vagoneta.



Fotografía 7.44: Traslado de bloque de arcilla hacia la faja secundaria.

Excavación para suelos mixto o gravoso

1. Repetir procedimientos 1 hasta 6.
2. En este caso por tratarse de un material poco estable, se excava preferentemente en la parte inferior, para disminuir las presiones durante el empuje. Es necesario perfilar el área de las paredes laterales, para disminuir fricciones. En este tipo de material, debido al riesgo de desprendimiento de material se recomienda hacer hoyos menores a 25 cm (Ver fotografía 7.45)
3. Repetir procedimientos 7 hasta 10



Fotografía 7.45: Excavación en suelo gravosos

3.2. Transporte Horizontal y Vertical

Recursos

Equipos y herramientas a emplear

Para los trabajos de transporte de vagoneta se emplearán los siguientes equipos y herramientas:

Antes del montaje de la faja secundaria

- 02 Winches (uno controlado desde el Tablero hidráulico y el segundo controlado desde el Shield).
- 01 Grúa de 50 ton
- 01 Volquete de 12 m³
- 01 Vagoneta 1 m³.
- 01 Estrobo de Ojo con gancho de cuatro ramales de 3/4"
- 02 Cuerdas de poliéster de 5/8" (la longitud es variable según la profundidad del pozo de salida (Pozo de salida), en este caso es de 7 a 11 metros).

Después del montaje de la faja secundaria

- 02 Winches (uno controlado desde el Tablero hidráulico y el

segundo controlado desde el Shield).

- 01 Grúa de 50 ton
- 01 Volquete de 12 m³
- 01 Trolley.
- 02 Vagoneta 2.7 m³
- 02 Cuerdas de poliéster de 5/8" (la longitud es variable según la profundidad del pozo de salida (Pozo de salida), en este caso es de 7 a 11 metros).

Personal

Antes del montaje de la faja secundaria

- 01 Operador de Shield
- 01 Operador del Tablero Hidráulico
- 02 Ayudantes (para acomodar material en la vagoneta pequeña, para la colocación de ganchos y para sostenimiento de vientos.
- 01 Maniobrista o Rigger
- 01 Operadores de Grúa
- 01 Operador de volquete
- 02 Ayudantes (en nivel de piso)

Después del montaje de la faja secundaria

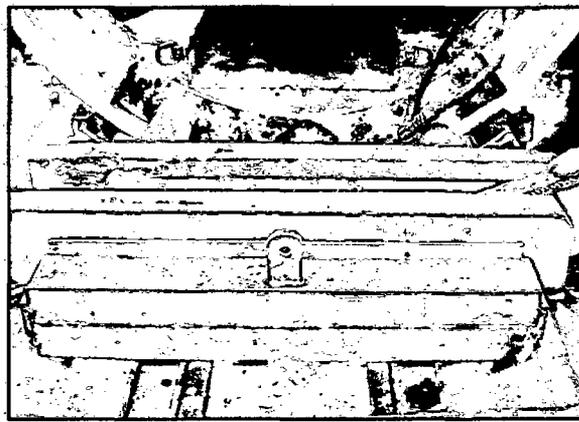
- 01 Operador de Shield
- 01 Operador del Tablero Hidráulico
- 02 Ayudantes para colocación y retiro de cadenas de vagoneta (dentro del Pozo de empuje o Pozo de empuje).
- 01 Maniobrista o Rigger
- 01 Operador de Grúa
- 02 Ayudantes (en nivel de piso)
- 01 Operador de volquete

Procedimiento de trabajo

Antes del montaje de la faja secundaria

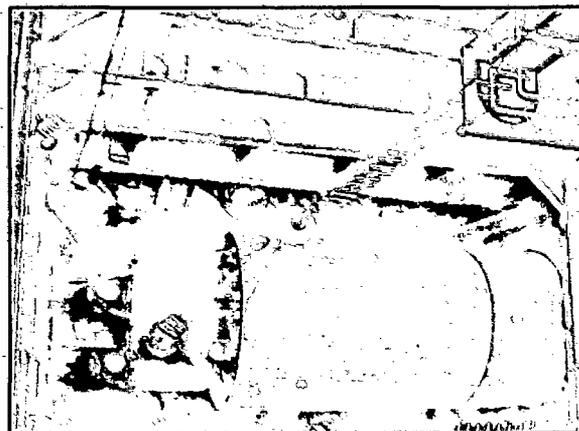
Debido a que aún no se instaló tubos solo se realizará actividades de llenado de vagoneta e izaje.

1. Este procedimiento inicia después de montado el láser para el mejor guiado del Shield al inicio de la excavación.
2. La vagoneta será colocada sobre tablonces de madera de y si fuera necesario se extraerán los ganchos que la sostiene para un mejor trabajo. (Ver fotografía 7.46)



Fotografía 7.46: Tablonces de madera con Cilindros hidráulicos pequeños

3. Se esperará hasta que se llene completamente la vagoneta, en este caso el material solo es transportado por la faja primaria ya que la faja secundaria aún no ha sido montada. (Ver fotografía 7.47)



Fotografía 7.47: Vagoneta en proceso de llenado apoyada sobre tablonces de madera.

4. En Ing. Residente ya deberá haber establecido el lugar donde quedará permanentemente la grúa.

5. El operador de la grúa deberá haber colocado tacos de madera para apoyos de los estabilizadores antes de realizar la maniobra de izaje, sobre todo cuando el terreno no presenta la suficiente capacidad de sustentación o este a desnivel.
6. El maniobrista de piso deberá centrar la carga para evitar el balanceo al momento de izarla y verificar el correcto uso de los vientos.
7. El operador de la grúa deberá izar la carga sólo cuando los maniobristas lo indiquen y se evitará que personas ajenas a la tarea estén dando indicaciones al operador.
8. El operador levantará la carga lentamente sin hacer giros bruscos y los maniobristas evitara en todo momento que estén personas debajo de la carga suspendida.
9. Se iza la vagoneta llena y se vaciará el material en el volquete y la vagoneta no retorna hasta concluido el hincado de la máquina.

Después del montaje la faja secundaria

10. Este procedimiento inicia después de montar la faja secundaria.
11. Se cambiará de vagoneta de 1 m³ por una de 2.7 m³ y será colocada sobre el trolley, dos ayudantes retirarán los ganchos de la viga metálica, colocarán las cadenas a cada lado de la vagoneta y finalmente se abrirá la compuerta de la vagoneta.
12. El ayudante que este de espaldas al túnel tendrá que desplazarse hasta llegar a una zona segura antes de iniciar el viaje horizontal hasta llegar al Shield.
13. El operador se comunicará con el operador de la retroexcavadora y este activará la bomba del winche interno para que inicie su recorrido a lo largo de todo el túnel.
14. Una vez que llega el vagón hasta el Shield se inicia el proceso de llenado.
15. El llenado será realizado con ayuda de una persona para el mejor acomodo del material y será solo hasta donde indique la flecha dibujada en la vagoneta, para evitar caídas de material y el inicio del transporte en un tiempo adecuado.
16. Concluido el llenado de la vagoneta con el material excavado. El

operador de la retroexcavadora se comunicará con el operador del Tablero hidráulico y realiza lo siguiente:

Paso 1. Se acciona el pase del sistema hidráulico (posición a) y se cierra la válvula para el funcionamiento del sistema hidráulico (posición b).

Paso 2. Se accionan una, dos o tres bombas, esta elección depende del largo de la tubería y de la velocidad de traslado deseada.

Paso 3. La válvula direccional colocada en posición a, inicia el avance del trolley y con ella la vagoneta llena de material.

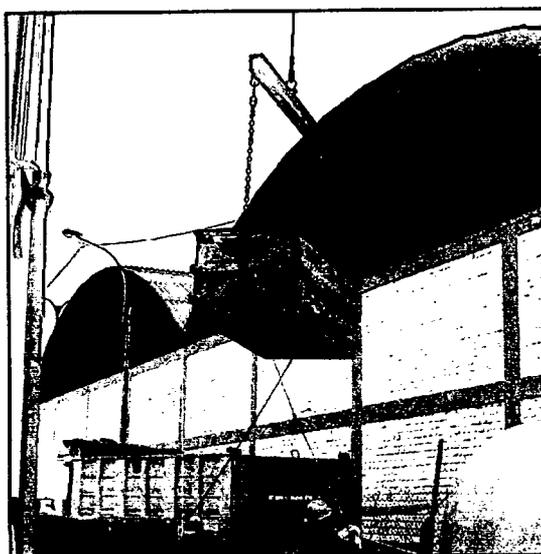
17. Salida de la vagoneta del túnel, este recorrido se realiza por el traslado del trolley sobre los rieles con una velocidad que depende del número de bombas usado.
18. Se coloca los ganchos de las cadenas a las argollas de la viga metálica para el izado de la vagoneta llena. (Ver fotografía 7.48)



Fotografía 7.48: Colocación de la cadena a la viga metálica para su izado.

19. En Ing. Residente ya deberá haber establecido el lugar donde quedará permanentemente la grúa.
20. El operador de la grúa deberá haber colocado tacos de madera para apoyos de los estabilizadores antes de realizar la maniobra de izaje, sobre todo cuando el terreno no presenta la suficiente capacidad de sustentación o este a desnivel.
21. El maniobrista de piso deberá centrar la carga para evitar el balanceo al

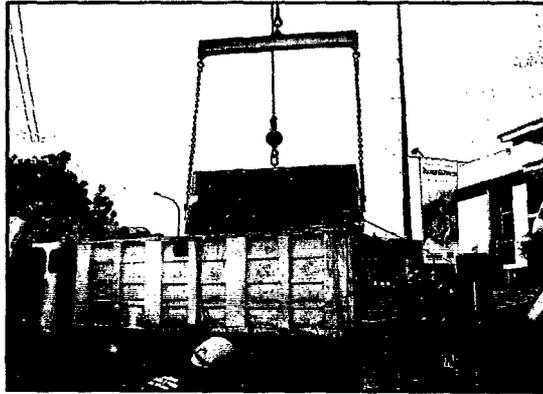
- momento de izarla y verificar el correcto uso de los vientos.
22. El operador de la grúa deberá izar la carga solo cuando los maniobristas lo indiquen y se evitará que personas ajenas a la tarea estén dando indicaciones al operador.
 23. El operador levantará la carga lentamente sin hacer giros bruscos y los maniobristas evitara en todo momento que estén personas debajo de la carga suspendida. (Ver fotografía 7.49)



Fotografía 7.49: Izado de la vagoneta llena.

24. Ver fotografía después del izado de la vagoneta, esta es colocada sobre cuarterones de madera y se procede a desenganchar las cadenas de la viga metálica y hacer el cambio por una vagoneta vacía para continuar con la producción.
25. Nuevamente repetir los procedimientos 12 y 13.
26. La vagoneta vacía es llevada dentro del pozo de empuje, colocándose sobre el trolley con el apoyo de dos ayudantes los mismos que retirarán los ganchos de la viga metálica, colocarán las cadenas a cada lado de la vagoneta y finalmente se abrirán la compuerta de la vagoneta.
27. Nuevamente se repetirá los pasos desde 3 hasta 8.
28. Mientras el traslado y llenado de la vagoneta está siendo realizada, la viga metálica es izada y trasladada hasta donde se ubica la vagoneta llena.

29. Se procede a colocar los ganchos para izarlo nuevamente hasta una altura aproximada de 1.7 m
30. A esa altura se enganchará una cadena en la base de la vagoneta.
31. Se izará nuevamente y se vaciará el material sobre un volquete de 12 m³ para mejor guiado de la vagoneta será necesario la colocación de vientos a cada lado. (Ver fotografía 7.50
32. Finalmente, será colocado sobre cuarterones de madera hasta el nuevo cambio.



Fotografía 7.50: Vaciado del material excavado en el volquete de 12 m³

3.3. Hincado

Recursos

Equipos y herramientas a emplear

Para los trabajos de hincado se emplearán los siguientes equipos:

Para izaje y montaje

- 01 Tablero hidráulico
- 01 Tanque hidráulico
- 01 Estación principal
- 02 Estaciones intermedias
- 02 Gatas hidráulicas de 20 ton

Personal

Cuadrilla típica

- 01 Operador de Tablero hidráulico
- 01 Operador de Shield
- 01 Ayudante por estación intermedia

Conceptos previos

Tabla 7.37: Conceptos previos

Válvula	Posición de conexión	Descripción
Válvula para el funcionamiento del sistema hidráulico		b = accionar o = posición o (parar) a = cerrar
Válvula de pase (winche)		b = accionar o = posición o (parar) a = cerrar
Válvula direccional (winche)		a = accionar o = posición o (parar)
Válvula de accionamiento para la estación principal.		b = estirar cilindros o = posición o (parar) a = retirar cilindros
Válvula de retorno para retirar los cilindros de la estación principal.		o = posición o (parar) a = retirar cilindros c = posición de descarga previa
Válvula parar para el respectivo grupo de cilindros de la estación principal.		a = accionar o = parar
Válvula de accionamiento para las estaciones intermedias 1 y 2.		b = estirar cilindros de est. int. 1 o = posición o (parar) a = retirar cilindros de est. int. 2
Válvula de accionamiento para las estaciones intermedias 3 y 4.		b = estirar cilindros de est. int. 3 o = posición o (parar) a = retirar cilindros de est. int. 4

Procedimiento de trabajo

Antes del montaje de la Estación principal

1. Se procede al montaje de dos cilindros hidráulicos de simple efecto empernados en cada extremo a una media luna metálica.

2. La viga metálica de reacción se coloca sobre las ranuras en el riel principal, detrás de la media luna metálica para servir de punto de reacción durante el hincado.
3. Se hincan los cilindros, con una corrida máxima de los cilindros hidráulicos de 0.30 m. En esta etapa el hincado del equipo puede sufrir desvíos en el eje teórico predominantemente en altimetría, por ello se usa un artificio operativo que consiste en abrir los cilindros inferiores hidráulicos, levantando la corona cortante por sobre el eje teórico vertical + ó - (01) grado.
4. Se procede al cierre de los cilindros hidráulicos y al traslado de la viga metálica de reacción a la siguiente ranura del riel de apoyo. (Ver fotografía 7.51)



Fotografía 7.51: Cierre de los cilindros hidráulicos pequeños

5. Después de hincar los 3.00 m, existe el espacio suficiente para montar los cilindros hidráulicos principales.

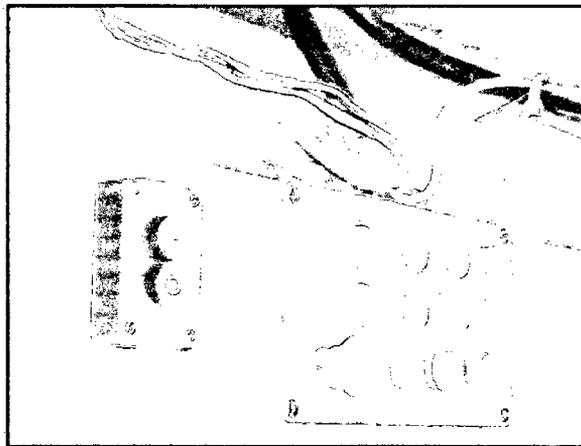
Después del montaje de la Estación principal

6. Esta actividad es realizada por el operador del mando hidráulico, previa coordinación con el operador de la retroexcavadora y los operadores de las estaciones intermedias. El operador del mando hidráulico sigue los siguientes pasos:

Paso 1: Se procede a accionar la válvula para el funcionamiento del sistema hidráulico (posición b) y se cambia la posición de la válvula de pase de winche (posición a).

Paso 2: La válvula de retorno de la Estación principal se mantiene en parar (posición o).

Paso 3: Se enciende una o más de las tres bombas con las que cuenta el equipo hidráulico, dependiendo de la potencia de avance necesaria. (Ver fotografía 7.52)



Fotografía 7.52: Panel de control de las estaciones de bombeo hidráulico de las unidades de empuje.

Empuje de las estaciones intermedias

Paso 4: Dependiendo del número de estaciones intermedias usadas se procede a empujar desde la primera hasta la última o mejor dicho de adelante hacia atrás.

La válvula de accionamiento de cada estación intermedia es accionada, haciendo que los 16 cilindros de la estación se estiren hasta un máximo de 300 mm

Paso 5: Antes de que llegue a los 300 mm el estiramiento del vástago, el ayudante de la estación intermedia deberá comunicar la operador del tablero hidráulico para que la válvula de accionamiento la coloque en posición neutra. De otra manera el manómetro indicara el fin de la corrida, con una rápida subida de presión. El operador hidráulico procederá a colocar la válvula de accionamiento de la respectiva estación intermedia a la posición neutra.

Paso 6: Si existiera otra estación intermedia se procedería de forma similar, repitiendo el Paso 4 y 5. Una vez finalizado el empuje de las estaciones, para el cierre del ciclo se empujan los cilindros hidráulicos de la estación principal. Si es que no existiesen estaciones intermedias aún, se obviarán los pasos 4, 5 y 6.

Empuje de la estación principal.

Paso 7: Las válvulas direccionales de los cilindros 1, 2, 3 y 4 se accionan (posición a). Durante el hincado el operador del Tablero hidráulico puede direccionar los cilindros hidráulicos principales para mantener el tubo hincado correctamente alineado con centro de gravedad del anillo de emboque.

Paso 8: Se procede a estirar los cilindros de la estación principal con la válvula de accionamiento para la Estación principal (posición b). El empuje oscila entre 0.30 m a 1.00 m con una velocidad que depende de la cantidad de bombas utilizadas.

Paso 9: La válvula de accionamiento para la estación principal se coloca en neutro (posición o), para dar por concluido el hincado.

Paso 10: La válvula de retorno de la estación principal se coloca en la posición c, para la descarga de presión en el sistema, paso necesario para proceder a la nivelación de las estaciones intermedias, por razones de seguridad.

3.4. Inyección con Bentonita

Recursos

Equipos y materiales a emplear

Para los trabajos de inyección del lubricante se emplearán las siguientes herramientas y equipos:

Equipos para preparación de mezcla bentonítica

- 01 Estanque de acumulación de 1 m³.
- 01 Mixer para la mezcla de 0.5 m³

- 01 Tanque de agua de 12 m³
- 01 Bomba de 7.5 KW para la inyección del lubricante
- 01 Bomba para la inyección de agua

Materiales

- 01 Saco de QUIK-GEL (por 500 lt, de lubricante)
- 06 Litros de DINOMUL (por 500 lt de lubricante)
- 02 Litros de LIQUITROL (por 500 lt de lubricante)

Personal

Cuadrilla típica

- 01 Encargado de la preparación de la mezcla bentonítica
- 01 Ayudante para inyección de bentonita

Procedimiento de trabajo

1. Para la preparación de la mezcla se procede a llenar la unidad de mezclado con 500 litros de agua que debe ser transportada desde el tanque (con ayuda de una bomba si fuera necesario), se debe recordar que el agua debe ser preferentemente dulce con un pH alto.
2. Después de que el Mixer sea llenado con agua, se vaciará un saco de QUIK-GEL y se mezclará lentamente.
3. A la mezcla ya uniforme se añadirá 6 litros de DINOMUL y los 2 litros de LIQUITROL y se mezclará nuevamente hasta que la solución tenga un aspecto uniforme.
4. Se trasladará la mezcla al tanque para mantenerla en reserva hasta que se necesite.
5. El operador de Tablero hidráulico dará las indicaciones para el inicio de la inyección antes del inicio del hincado.
6. Estando ya la mezcla lo suficientemente homogénea, se procede a su traspaso al estanque de acumulación.
7. La inyección de la mezcla bentonítica se deberá dar siempre dando

- preferencia a los primeros tubos, que es la parte recién excavada²;
8. Teniendo en cuenta las presiones de hincado registradas por el operador del mando hidráulico se decidirá las zonas de mayor requerimiento de mezcla bentonítica. Por ejemplo: delante de la primera estación intermedia.
 9. Si se requiere de mayor presión de inyección, se cierran los puntos de inyección de aquellos tubos que no se desee lubricar, lo mismo sucede con aquellos tubos que tengan fugas de mezcla bentonítica

3.5. Colocación de Tubos de concreto armado

Recursos

Herramientas, materiales y equipos a emplear

Para los trabajos de colocación de tubos se emplearán los siguientes equipos y herramientas.

- 01 Grúa de 50 ton
- 01 Tubo "A", "B" ó "estándar" preparado con riel, tablonc de madera y tubo de bentonita
- 01 Estrobo de Ojo con gancho de dos ramales de ½"
- 01 Nivel de mano magnética
- 01 Balde de lubricante para empalmes
- 01 Balde con mezcla de arena cemento
- 01 Espátula

Personal

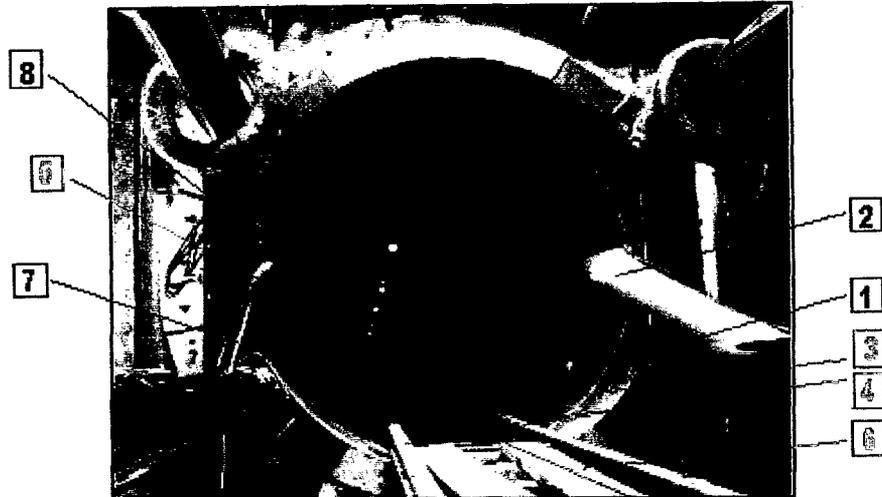
Cuadrilla típica

- 01 Maniobrista o Rigger
- 01 Operador de Grúa
- 02 Ayudantes de izaje
- 01 Operador del Tablero hidráulico
- 01 Ayudante para instalación de todos los accesorios del tubo
- 01 Operador electricista

² Fernández Ruiz, Inacio; Proyecto Colector Viña del mar , Pág. 55

Procedimiento de trabajo

1. La instalación de un tubo se inicia después del hincar completamente un tubo. (Ver fotografía 7.53)



Fotografía 7.53: Tubo de concreto armado completamente hincado y orden en el que será desmontado los accesorios.

✓ Desconexión de accesorios de bentonita

Consiste en la desconexión de la manguera de inyección del tubo de acero galvanizado de 2" que se usa para transporte de bentonita.

Esta tarea se puede realizar antes de la salida del último vagón cargado de material, realizándola de forma manual y esta a cargo de un peón.

✓ Desconexión de ventilación

Se realiza inmediatamente después del cese del proceso de excavación, retirando el alambre de los ganchos (que sujeta las mangas de ventilación que son clavados al inicio de cada tubo) dependiendo de la longitud de manga restante se decide la colocación de una nueva manga. (Ver fotografía 7.54 y 7.55)

✓ Desconexión del sistema de mangueras hidráulicas

La desconexión de las mangueras hidráulicas que abastecen a las estaciones intermedias, es una tarea que se realiza después de la

salida del último vagón, sin embargo, se espera hasta su retorno al túnel para colocar la manguera enrollada dentro y permitir su continuidad después de la instalación del siguiente tubo. (Ver fotografía 7.56 y 7.57)

✓ **Desempernado de los rieles**

El riel del último tubo hincando es separado de la riel móvil, desempernando los cuatro pernos que la unen.



Fotografía 7.54: Desconexión de mangas de ventilación.

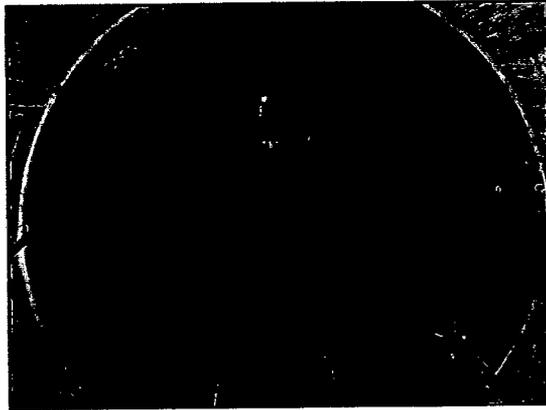


Fotografía 7.55: Manga de ventilación desactivada.

✓ **Desconexión del cable eléctrico.**

La desconexión del cable eléctrico que alimenta los motores de las fajas, el motor de la bomba de refrigeración interna, motor de la bomba hidráulica, es realizado después de la salida del último vagón, sin embargo, se espera hasta su retorno al túnel para colocar el cable enrollado dentro y permitir su continuidad después de la instalación

del siguiente tubo.



Fotografía 7.56: Vagoneta en espera de reinicio de producción, al término de colocación del nuevo tubo



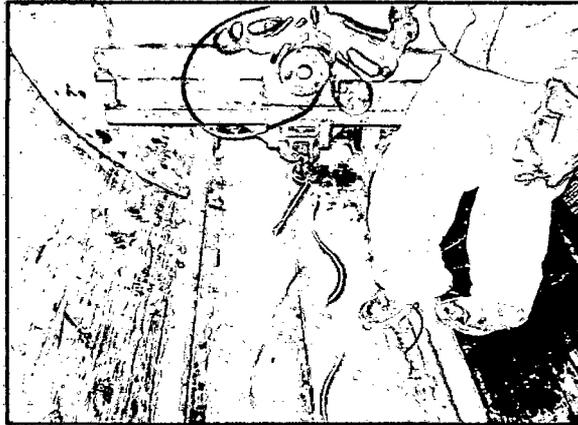
Fotografía 7.57: Mangueras hidráulicas desconectadas por colocación de nuevo tubo

✓ **Retiro del winche del carrito móvil (Trolley)**

Se retira el seguro de fijación del winche en el trolley, esta tarea se puede realizar antes del descenso del vagón ya vacío. (Ver fotografía 7.58)

✓ **Desconexión del Sistema eléctrico de iluminación**

El cable de iluminación se desconecta de la toma universal una vez que el vagón vacío ha retornado y se le ha colocado a 3 m de la boca del túnel.

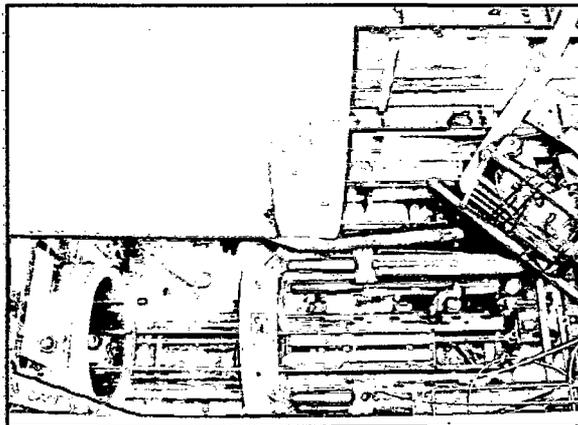


Fotografía 7.58: Winche del carrito movil (Trolley).

✓ **Retorno de los cuatro cilindros hidráulicos principales**

Los cilindros hidráulicos principales se recogen para iniciar su retroceso accionando la válvula de retorno desde el mando hidráulico.

(Ver fotografía 7.59)

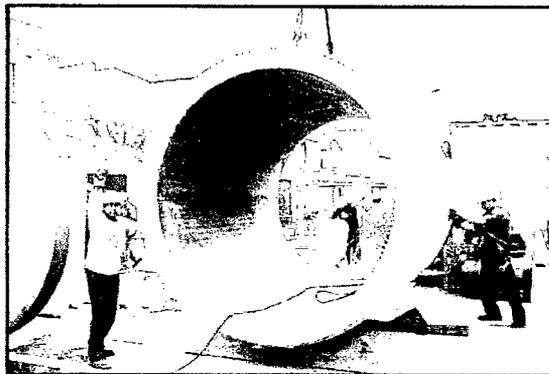


Fotografía 7.59: Se recogen los cilindros hidráulicos principales para el descenso del nuevo tubo a ser hincado.

2. Lubricación. Se coloca jabón lubricante para conseguir un correcto empalme entre tubos, tanto en el anillo metálico del tubo hincado como en el anillo de caucho del tubo a instalar. (Ver fotografía 7.60)
3. Descenso del tubo. El tubo es izado y bajado al pozo por una grúa de 50 Ton. El tubo se desciende lentamente, guiado por cuerdas que dirigen su descenso, hasta colocarlo sobre los rieles guía. (Ver fotografía 7.61 y 7.62)



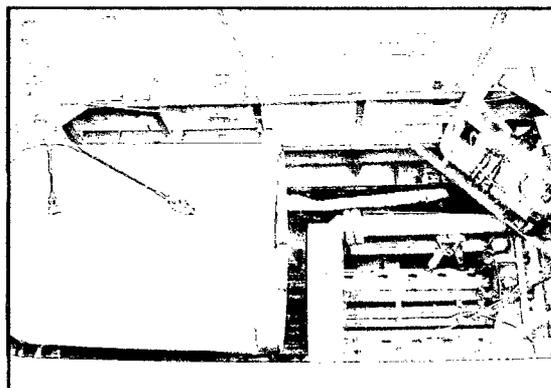
Fotografía 7.60: Lubricante Hulpe para empalme de tubos y accesorios de unión flexible y concreto.



Fotografía 7.61: Tubo izado sujetado por dos strosbos.

4. Sellado de agujeros dejado por los bulones con mortero.

Se procede a preparar el mortero 4: 1 que se colocara para el sellado del espacio ocupado por los bulones. Un peón se sube sobre el tubo y procede a retirar los bulones y colocar la mezcla de mortero hasta dejar una superficie lisa. (Ver fotografía 7.63)



Fotografía 7.62: Tubo que esta siendo colocado sobre los rieles de la estación principal



Fotografía 7.63: Sellado de agujeros con mortero.

5. Acoplamiento de tubos. Se procede a acoplar los tubos, para ello se extienden los cilindros hidráulicos.

- ✓ Conexión del sistema eléctrico de iluminación
- ✓ Conexión de la manguera eléctrica
- ✓ Colocación del winche al carrito móvil (Trolley)
- ✓ Conexión del sistema de ventilación
- ✓ Conexión al sistema de bentonita
- ✓ Conexión de las mangueras hidráulica

4. Desmontaje del Sistema de “Hincado de Tubos” o “Pipe Jacking”

4.1. Extracción de Shield, Faja secundaria y Winche.

Recursos

Herramientas y equipos a emplear

Para los trabajos de extracción de Shield, faja secundaria y winche se emplearán las siguientes herramientas y equipos:

Para limpieza

- 01 Escobas pequeñas
- 02 Lampas

- 02 Alambres de 40 cm
- 02 Varilla de acero dobladas

Para soldar y cortar

- 01 Equipo oxicorte
- 01 Equipo de soldar
- 01 Carrito con plataforma para transportar los equipos de soldar y oxicorte

Para izaje y colocación

- 01 Grúa de 70 ton
- 01 Cama baja
- 01 Estrobo de extensión (grillete) con gancho de cuatro ramales de 1"
- 01 Estrobo de extensión (grillete) con gancho de dos ramales de 1"
- 02 Cuerdas de poliéster de 5/8" (la longitud es variable según la profundidad del pozo de salida, en este caso es de 7 a 11 metros)
- 02 Llaves exagonales N° 16 (para extracción de topones)

Personal

Cuadrilla típica

Para limpieza

- 02 Ayudantes

Para desmontaje e izaje

- 02 Maniobristas o Riggers
- 01 Operadores de Grúa
- 02 Ayudantes

Para soldar y cortar

- 01 Soldador
- 01 Ayudante

Procedimiento de trabajo

1. Al comunicarse completamente el Shield con el pozo de salida, después de la colocación de dos tubos (6 m), se iniciará las labores de limpieza.
2. Dos ayudantes subirán sobre el Shield con ayuda de una escalera de mano, limpiarán toda la superficie buscando los orificios de la máquina, extraerán los tapones con llave hexagonal N° 16 y dejarán con el menor grado de impurezas la línea divisoria entre la corona cortante y el tubo metálico.
3. Después de la limpieza cada uno colocará dos cáncamos en el tubo metálico y un cáncamo en la corona cortante en el siguiente orden. (Ver Figura 7.43)
4. Seguidamente se colocará 01 estrobo de extensión con gancho de cuatro ramales de 1" en la zona correspondiente al tubo metálico y 01 estrobo de extensión con gancho de dos ramales de 1" para el sostenimiento de la corona cortante. Las cuerdas de poliéster de 5/8" usadas como vientos, deben ser amarradas en el Shield, para poder controlar el movimiento a la hora de izaje.
5. Concluido el trabajo de limpieza y colocación de estrobos, se retirará todas las herramientas dejando toda el área limpia de material.
6. Mientras la limpieza, colocación de cáncamos y estrobos está siendo realizada, el equipo de soldar y oxicorte debe ser transportado a lo largo de todo el túnel sobre un carrito hasta el pozo de salida.
7. Se deberá soldar dos listones de acero de 100 x 250 mm a cada lado del Shield para unir la corona cortante con el tubo metálico y de ese modo mantener el equipo compacto. (Ver fotografía 7.64)
8. Luego el soldador deberá cortar las soldaduras de la faja secundaria y el winche.
9. Concluido el trabajo de soldadura y corte, se retirara los equipos de soldar y oxicorte dejando toda el área limpia de material que se pueda haber empleado en la ejecución de los trabajos.
10. Antes de iniciar las actividades de izaje el Ing. Residente deberá verificar que la junta terminada (soldadura) no presente discontinuidad o grietas en las zonas afectadas por el calor, que los cortes hechos a

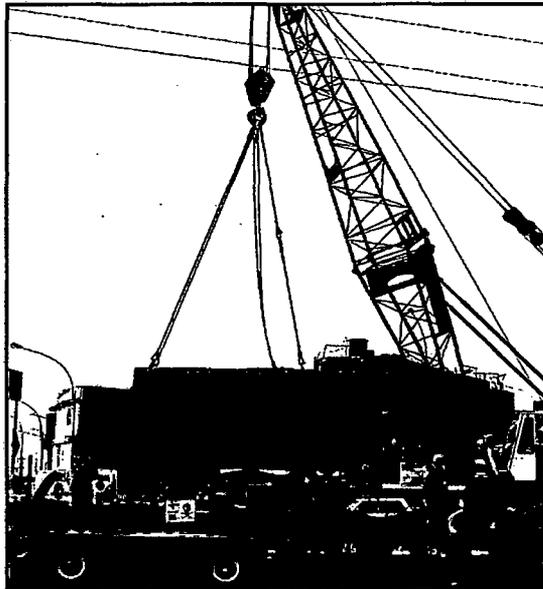
la faja secundaria y el winche estén correctamente realizados y que los cáncamos, estrobos y grilletes estén correctamente colocados.



Fotografía 7.64: Ubicación de listón de acero.

11. El operador de la grúa colocará tacos de madera para apoyos de los estabilizadores antes de realizar la maniobra de izaje, sobre todo cuando el terreno no presenta la suficiente capacidad de sustentación o este a desnivel.
12. Los maniobristas deberán centrar la carga para evitar el balanceo al momento de izarla.
13. El operador de la grúa deberá izar la carga solo cuando los maniobristas lo indiquen y se evitará que personas ajenas a la tarea estén dando indicaciones al operador.
14. El operador levantará la carga lentamente sin hacer giros bruscos y los maniobristas evitaban en todo momento que estén personas debajo de la carga suspendida.
15. Se colocará el Shield cuidadosamente sobre los tacos de madera que están sobre la cama baja. (Ver fotografía 7.65)
16. Dos ayudantes subirán sobre el Shield con ayuda de una escalera de mano y debidamente equipado con arnés (por seguridad), retirarán los estrobos del gancho de la grúa (Ver fotografía 7.66) y con cuerdas de acero colocados entre los cáncamos y la cama baja deberán asegurar el Shield.
17. Mientras se asegura el Shield a la cama baja, cuatro personas estarán desmontando la faja secundaria e irán colocando eslingas de 3" x 4 m en los extremos de la faja secundaria, estas atravesarán la armadura en todo lo ancho, luego se pasarán otras eslingas de ojos planos de 3"

x 4 m por los ojos de las primeras y finalmente los ojos de las segundas eslingas serán colocados en el gancho de la grúa.



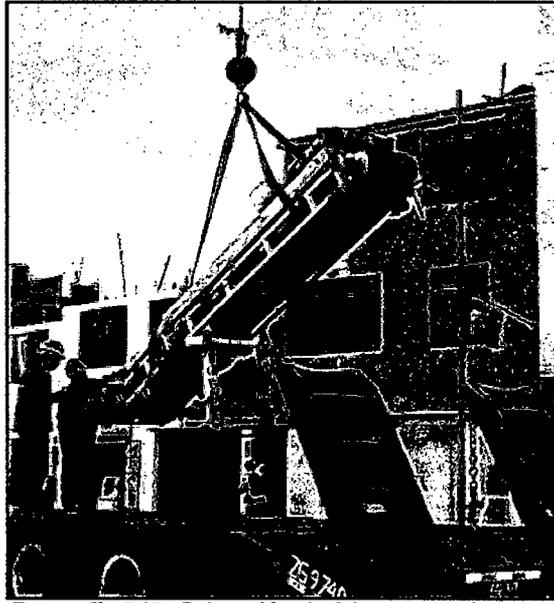
Fotografía 7.65: Colocación de Shield sobre la cama baja.

18. Nuevamente se repetirán los procedimientos de 10, 11 y 12 y se colocará la faja secundaria sobre la cama baja. (Ver fotografía 7.67)



Fotografía 7.66: Retiro de estrobo del gancho de la Grúa.

19. Mientras se extrae las eslingas de la faja secundaria se prepara el winche para su izaje con una eslinga de 3" x 4 m, que será colocada en la oreja que tiene en la parte superior.
20. Finalmente, se repetirán los procedimientos de 10, 11 y 12 y se colocará el winche sobre la cama baja. (Ver fotografía 7.68)



Fotografía 7.67: Colocación de faja secundaria sobre cama baja

21. Concluido el trabajo de desmontaje de Shield, faja secundaria y winche, se retirará todas las herramientas dejando toda el área limpia de material.



Fotografía 7.68: Colocación de winche sobre cama baja.

4.2. Desmontaje del Tablero hidráulico

Recursos

Herramientas y equipos a emplear

Para los trabajos de desmontaje del Tablero hidráulico se emplearán las siguientes herramientas y equipos:

Para desmontaje e izaje

- 01 Llave mixta de 24 mm
- 01 Llave mixta de 29 mm
- 01 Llave mixta de 30 mm
- 01 Llave mixta de 41 mm
- 01 Llave mixta de 50 mm
- 01 Llave mixta de 1 5/8"
- 01 Llave mixta de 1 7/8"
- 01 Martillo
- 01 Grúa de 50 ton
- 02 Eslingas de 3" x 4 m de 3 ton
- 02 Cuerdas de poliéster de 5/8" (la longitud es variable según la profundidad del pozo, en este caso es de 7 a 11 metros).
- 01 Cuerdas de poliéster de 5/8" de 10 m para transporte de madera.

Para cortar

- 01 Equipo oxicorte

Personal

Cuadrilla típica

Para desmontaje e izaje

- 01 Operador del Tablero hidráulico
- 02 Ayudantes para desconexión de mangueras
- 02 Maniobristas o Riggers
- 01 Operador de Grúa

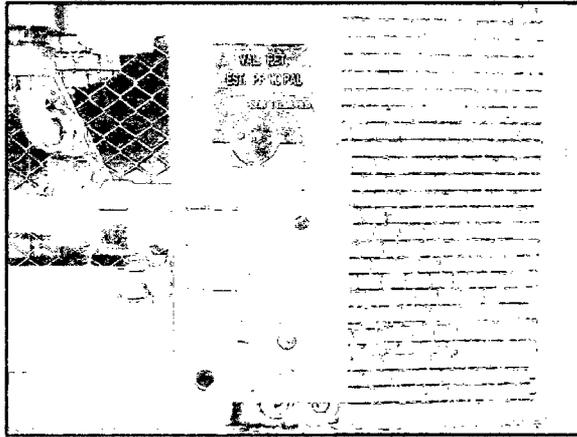
Para cortar

- 01 Soldador

Procedimiento de trabajo

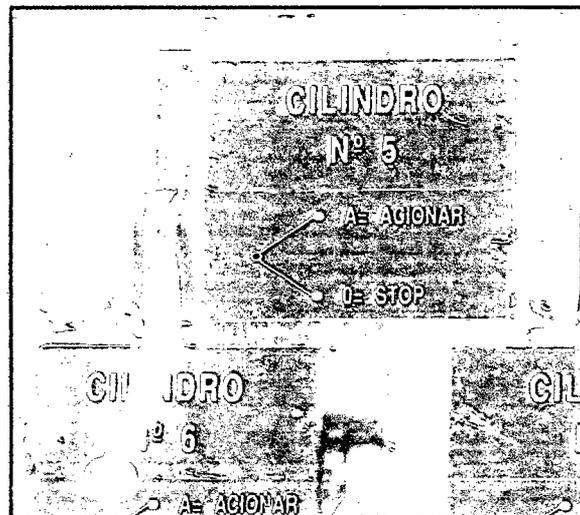
1. Se desconectará el tablero de bombas y todas las instalaciones eléctricas.

2. Descargar presión de válvula de retorno, colocando la palanca en la posición vertical. (Ver fotografía 7.69)



Fotografía 7.69: Descarga de presión en válvula de retorno.

3. Las cuatro palancas pertenecientes a las válvulas parar del grupo de cilindros de la estación principal, colocarlos hacia abajo (posición parar) y mantenerlas en esa posición. (Ver fotografía 7.70)



Fotografía 7.70: Posición parar de válvulas de cilindros hidráulicos.

4. Desconectar la manguera hidráulica de retorno principal con una llave mixta de 50 mm e inmediatamente colocar tapones metálicos de 1 ¼" en mangueras y codo.
5. Seguidamente desconectar la manguera hidráulica de alimentación con llaves mixtas de 1 7/8" y 41 mm e inmediatamente colocar tapones

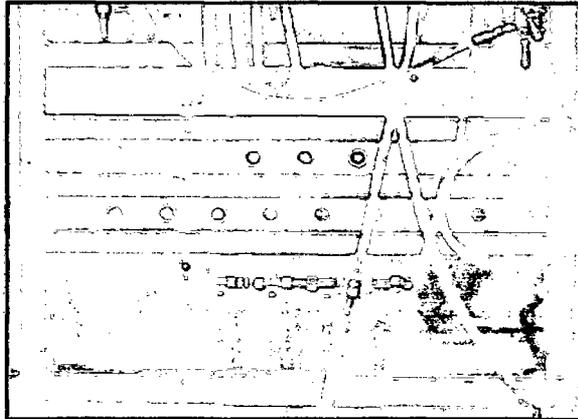
metálicos de $\frac{3}{4}$ " en manguera y codo.

6. Cada manguera será atada en un extremo con una cuerda de $\frac{5}{8}$ " x 10 m y será levantada hasta el nivel de piso, luego será enrollada y ubicada en un lugar adecuado. (Ver fotografía 7.71)
7. Desconectar mangueras hidráulicas de retorno de los cuatro cilindros hidráulicos en orden 4, 3, 2, 1 con llaves mixtas de 29 mm y 30 mm e inmediatamente colocar tapones metálicos de $\frac{3}{4}$ " en los codos y mangueras. (Ver fotografía 7.72) Enrollar las mangueras una a una y colocarlas sobre los cilindros hidráulicos asegurados con alambre. (Ver fotografía 7.73)

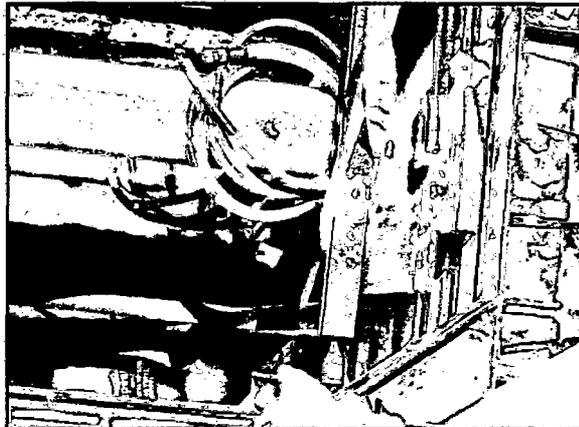


Fotografía 7.71: Levantamiento de manguera de retorno con cuerda de $\frac{5}{8}$ " x 10 m

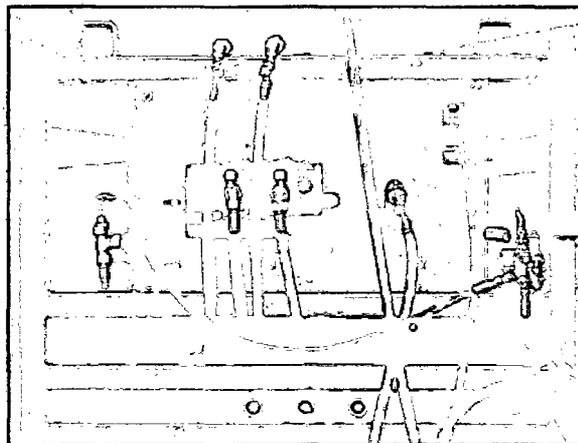
8. Seguidamente desconectar mangueras hidráulicas de alimentación de los cuatro cilindros hidráulicos en el orden 1 y 2 (arriba) y 4 y 3 (abajo) con llaves mixtas de $1 \frac{1}{7}$ " y $1 \frac{5}{8}$ " e inmediatamente colocar tapones metálicos de $\frac{3}{4}$ " en los codos y mangueras. Enrollar las mangueras y colocarlas sobre los cilindros hidráulicos asegurados con alambre. (Ver fotografía 7.74)



Fotografía 7.72: Orden de desconexión de mangueras hidráulicas de retorno.



Fotografía 7.73: Posición de mangueras hidráulicas sobre cilindros de Estación principal



Fotografía 7.74: Orden de desconexión de mangueras hidráulicas de alimentación.

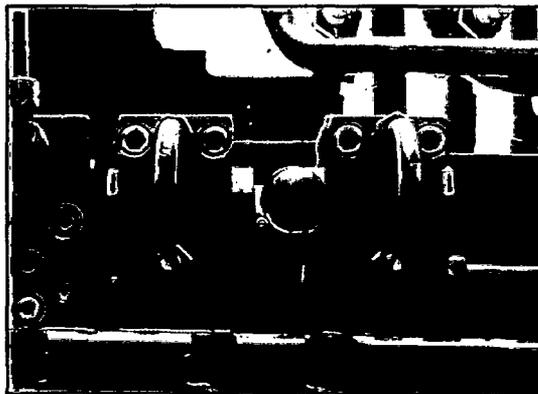
9. Desconectar las mangueras de winche correspondientes al movimiento A y B, con llaves mixtas de 24 mm, 29 mm y 30 mm e inmediatamente

colocar tapones metálicos de $\frac{1}{2}$ " en codos y mangueras (Ver fotografía 7.75). Seguido, unir los segmentos de mangueras que quedaron sueltas para evitar que el aceite escape, colocar tapones en las mangueras y finalmente enrollar las mangueras y colocarlas sobre el winche. *Las mangueras de cambio de válvulas no se desconectan.



Fotografía 7.75: Ubicación de mangueras hidráulicas de winche.

10. Neutralizar las válvulas de las estaciones intermedias 1 y 2 colocando la palanca en la posición horizontal y desconectar las mangueras de alimentación de estaciones intermedias con llaves de $1 \frac{7}{8}$ " y $1 \frac{5}{8}$ ". Enrollar las mangueras y atarlas bien con alambres para su respectivo transporte. (Ver fotografía 7.76)



Fotografía 7.76: Posición Stop de válvula de Estación intermedia.

11. El Ing. Residente deberá verificar en todo momento que el desmontaje y protección de las mangueras hidráulicas esté correctamente realizada.

12. Concluido el trabajo de desmontaje del Tablero hidráulico, se transportará todas las herramientas al nivel de piso y se dejará toda el área limpia de material que se pueda haber empleado.
13. Se retirarán los clavos de 2 ½" que sirvieron de unión de los tablonces, seguidamente serán levantado uno a uno los tablonces de 1" x 10" de longitud variable con cuerdas de 5/8"x10 m, evitando siempre que estén personas bajo esta carga.
14. Se colocará eslingas de dos ojos planos de 3" x 4 m de 3 ton, dobladas en las orejas del tablero hidráulico y sus ojos serán colocados en el gancho de la grúa. (Ver Figura 7.47)
15. Una vez asegurado el tablero hidráulico con las eslingas un ayudante transportará el corta acetileno (caña) del equipo oxicorte y el soldador cortará la unión que existe entre el Tablero hidráulico y la viga del Pozo. (Ver fotografía 7.20) Al efectuar el corte el soldador deberá estar seguro con un arnés.
16. Concluido el trabajo de corte, se retirara el corta acetileno (caña) del equipo oxicorte dejando toda el área limpia de material que se pueda haber empleado en la ejecución de los trabajos.

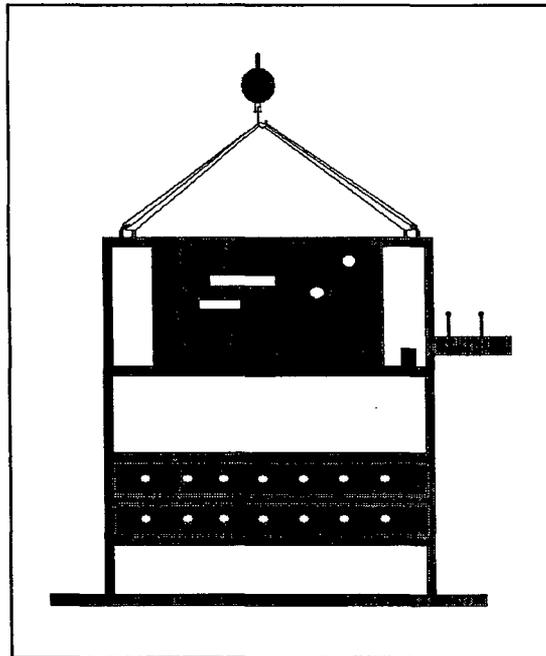


Figura 7.47: Ubicación de eslingas en el Tablero hidráulico – Elaboración propia.



Fotografía 7.77: Corte de soldadura de Tablero hidráulico con vigas del Pozo.

17. El operador de grúa colocará tacos de madera para apoyos de los estabilizadores antes de realizar la maniobra de izaje, sobre todo cuando el terreno no presenta la suficiente capacidad de sustentación o este a desnivel.
18. El maniobrista de piso deberá centrar la carga para evitar el balanceo al momento de izarla y verificar el correcto uso de los vientos.
19. El operador de la grúa deberá izar la carga solo cuando los maniobristas lo indiquen y se evitará que personas ajenas a la tarea estén dando indicaciones al operador. Debido a que el montaje se realiza en diferentes niveles, un maniobrista se ubicará en un lugar adecuado dentro del pozo y el otro se mantendrá en piso, ambos maniobristas deben contar con todos sus implementos de seguridad.
20. El operador levantará la carga lentamente sin hacer giros bruscos y los maniobristas evitarán en todo momento que estén personas debajo de la carga suspendida.
21. Finalmente, el Tablero hidráulico será colocado en el lugar previsto por el Ing. Residente para su respectivo mantenimiento.

4.3. Desmontaje de pórtico del láser

Recursos

Herramientas y equipos a emplear

Para los trabajos de montaje del pórtico del láser se emplearán las siguientes herramientas y equipos:

Para izaje y montaje

- 01 Grúa de 50 ton
- 02 Eslingas con dos ojos planos de 3" x 4 m de 3 ton
- 02 Cuerdas de poliéster de 5/8" (la longitud es variable según la profundidad del Pozo, en este caso es de 7 a 11 metros)
- 02 Llaves mixta de 1/2"

Personal

Cuadrilla típica

Para izaje y montaje

- 02 Maniobrista o Riggers
- 01 Operador de Grúa
- 02 Ayudantes

Procedimiento de trabajo

1. Se retirarán los pernos dos pernos de 1/2" x 3 1/2" de cada Base 2 y un perno de 1/2" x 3 1/2" de cada Base 1 con llaves mixtas de 1/2" y serán colocados en un recipiente para su posterior uso.
2. Mientras se retiran los pernos se colocará eslinga de dos ojos planos de 3" x 4 m de 3 ton, dobladas en las esquinas del pórtico láser y sus ojos serán colocados en el gancho de la grúa. (Ver Figura 7.46)
3. El Ing. Residente deberá verificar en todo momento la correcta colocación de las eslingas en el pórtico del láser antes de su izaje.
4. El operador de grúa colocará tacos de madera para apoyos de los estabilizadores antes de realizar la maniobra de izaje, sobre todo cuando el terreno no presenta la suficiente capacidad de sustentación o este a desnivel.
5. El maniobrista de piso deberá centrar la carga para evitar el balanceo al momento de izarla y verificar el correcto uso de los vientos.

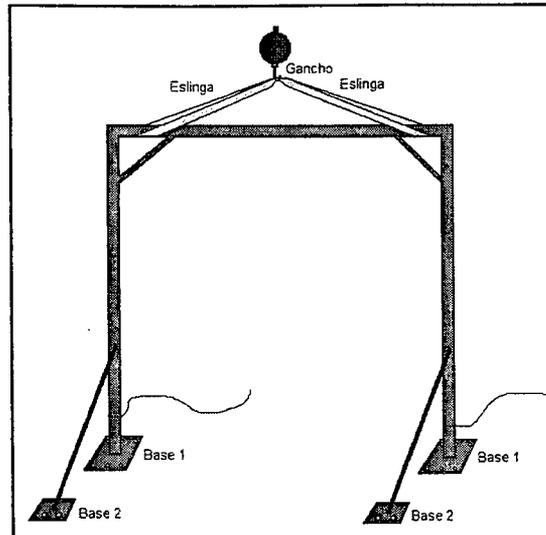


Figura 7.46: Ubicación de eslingas y cuerdas (vientos) en el Pórtico del láser

6. El operador de la grúa deberá izar la carga solo cuando los maniobristas lo indiquen y se evitará que personas ajenas a la tarea estén dando indicaciones al operador. Debido a que el montaje se realiza en diferentes niveles, un maniobrista se ubicará en un lugar adecuado dentro del Pozo y el otro se mantendrá en piso, ambos maniobristas deben contar con todos sus implementos de seguridad.
7. El operador levantará la carga lentamente sin hacer giros bruscos y los maniobristas evitarán en todo momento que estén personas debajo de la carga suspendida.
8. Al trasladar el pórtico se tendrá cuidado de no golpear los cilindros hidráulicos de la Estación principal.
9. El pórtico será colocado en el lugar establecido por el Ing. Residente y una vez que esté bien posicionado se retirará las eslingas.
10. Concluido el trabajo de desmontaje, se retirará todas las herramientas dejando toda el área limpia de material que se pueda haber empleado.

4.4. Desmontaje de Estación principal

Recursos

Herramientas y equipos a emplear

Para los trabajos de montaje de estación principal se emplearán las siguientes herramientas y equipos:

Para soldar y cortar

- 01 Equipo oxicorte
- 01 Equipo de soldar

Para desmontaje e izaje

- 01 Grúa de 50 ton
- 02 Estrobos de Ojo simple 1"
- 02 Templadores de 1 ½" x 1 m de con ojo y grillete
- 01 Eslinga de ojos revirados cuerpo ancho y reforzado de 8" X 12 m de 16 ton
- 04 Grilletes de 4 ton
- 02 Cuerdas de poliéster de 5/8 (la longitud es variable según la profundidad del pozo, en este caso es de 7 a 11 metros)
- 02 Varillas de acero de 1" x 40 cm

Personal

Cuadrilla típica

Para soldar y cortar

- 01 Soldador
- 01 Ayudante

Para desmontaje e izaje

- 02 Maniobrista o Riggers
- 01 Operador de Grúa
- 02 Ayudantes

Procedimiento de trabajo

11. Si fuera necesario se transportará el equipo oxicorte y el equipo de soldar dentro del pozo.
12. Se cortaran las varillas de 1" que fueron soldadas entre la pared de empuje y las vigas del pozo. (Ver Figura 7.45)

13. Verificar si existen orejas en el anillo de empuje y la pared de empuje. Si los tuviesen que pasar al procedimiento 6. Y si no estuviesen, se soldarán dos orejas en el anillo de empuje y dos orejas en la placa de apoyo de la estación principal, reconociendo el orden en el que serán soldados para su posterior uso. (Ver Figura 7.44)
14. El Ing. Residente deberá verificar que la junta terminada no presente discontinuidad o existencia de fisuras o grietas en las zonas afectadas por el calor.

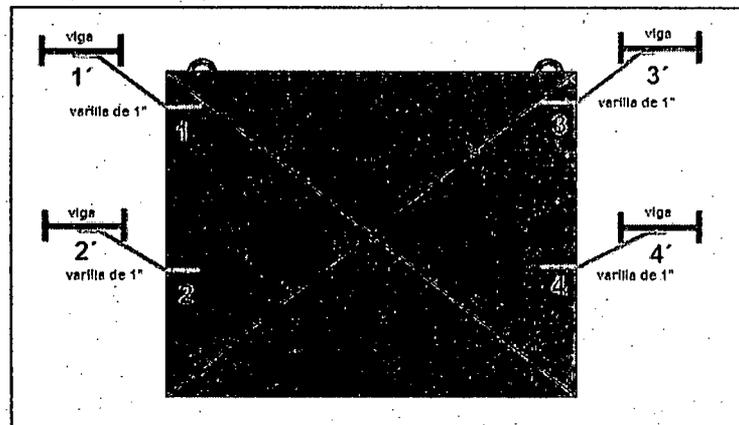
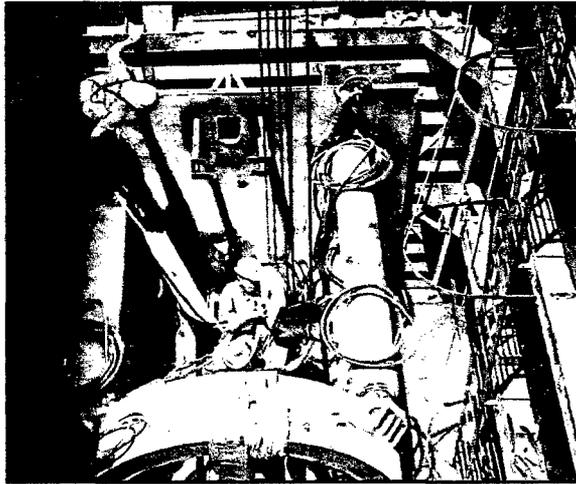


Figura 7.45: Varillas de 1" que serán soldadas entre la pared de empuje de estación principal y vigas del pozo – Elaboración propia

15. Concluido el trabajo de corte y soldadura, se retirará todos los equipos y herramientas dejando toda el área limpia de material que se pueda haber empleado en la ejecución de los trabajos.
16. Para equilibrar la carga se colocarán 02 templadores de 1 1/2" x 1 m con ojo y grillete con 02 estrobos de 1" en las orejas, conservando las siguientes posiciones: 1 (templador) con 1' (grillete) y 2 (grillete) con 2' (templador) (Ver Figura 7.44). Para regular los templadores se usarán varillas de 1" x 40 cm
17. Se colocará la eslinga de 8" x 12 m para 16 ton en las dos orejas de la pared de empuje y en el anillo de empuje, conservando las siguientes posiciones 3 (grillete), 3' (se dará una vuelta a la eslinga) y finalmente 3' (grillete). (Ver Figura 7.44 y fotografía 7.78)
18. El Ing. Residente deberá verificar en todo momento la correcta colocación de los accesorios en la estación principal antes de su izaje.
19. El operador de grúa colocará tacos de madera para apoyos de los estabilizadores antes de realizar la maniobra de izaje, sobre todo

cuando el terreno no presenta la suficiente capacidad de sustentación o este a desnivel.



Fotografía 7.78: Colocación de elinga de 8'' x 12 m en el gancho de grúa para izaje de estación principal - Elaboración propia.

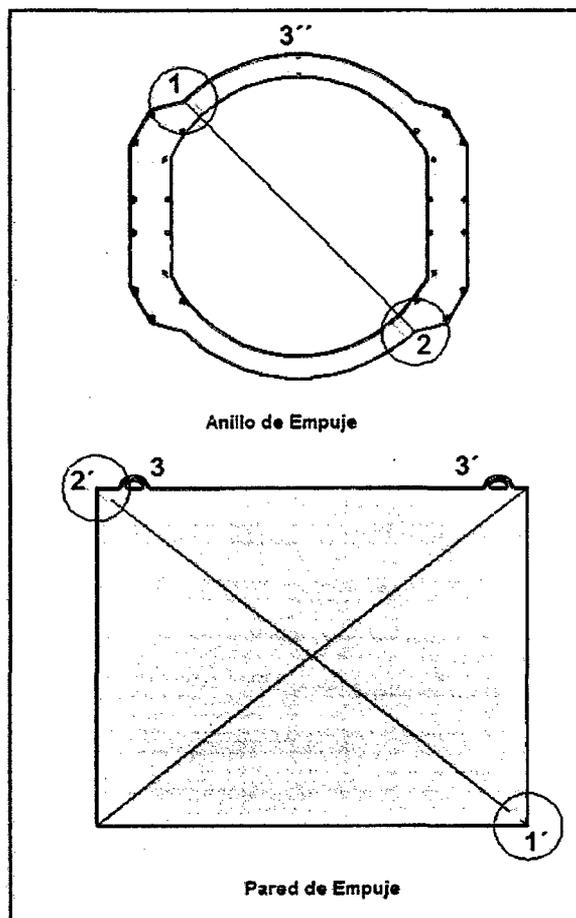


Figura 7.44: Puntos en los que serán soldados las orejas y orden en el que serán colocados los grilletes, templadores y eslinga - Elaboración propia.

20. El maniobrista de piso deberá centrar la carga para evitar el balanceo al momento de izarla y verificar el correcto uso de los vientos.
21. El operador de la grúa deberá izar la carga solo cuando los maniobristas lo indiquen y se evitará que personas ajenas a la tarea estén dando indicaciones al operador. Debido a que el montaje se realiza en diferentes niveles, un maniobrista se ubicará en un lugar adecuado dentro del Pozo y el otro se mantendrá en piso, ambos maniobristas debe contar con todos sus implementos de seguridad.
22. El operador levantará la carga lentamente sin hacer giros bruscos y los maniobristas evitaran en todo momento que estén personas debajo de la carga suspendida.
23. Se ubicará la estación en un lugar establecido por el Ing. Residente para su mantenimiento.
24. Concluido el trabajo desmontaje, se retirará todos los equipos y herramientas dejando toda el área limpia de material que se pueda haber empleado en el desmontaje de la estación principal.

4.5. Desmontaje de rieles de apoyo de Estación Principal

Recursos

Herramientas y equipos a emplear

Para los trabajos de desmontaje de rieles de apoyo de estación principal se emplearán las siguientes herramientas y equipos:

Para cortar y soldar

- 01 Equipo oxicorte
- 01 Equipo de soldar

Para izaje y montaje

- 01 Grúa de 50 ton
- 01 Estrobo de Ojo con gancho de cuatro ramales de 1/2"
- 02 Cuerdas de poliéster de 5/8" (la longitud es variable según la profundidad del pozo, en este caso es de 7 a 11 metros)
- 02 Llaves mixtas de 1 1/2"

Personal

Cuadrilla típica

Para izaje

02 Maniobristas o Riggers

01 Operador de Grúa

01 Ayudante

Para cortar y soldar

01 Soldador

Procedimiento de trabajo

1. Si fuera necesario se transportará el equipo oxicorte al nivel del piso del pozo.
2. Se cortarán las soldaduras de las barras de acero que se encuentran a cada extremo de los rieles, en las columnas cercanas del anillo de emboque y el muro metálico de reacción.
3. El Ing. Residente deberá verificar que el corte esté bien realizado.
4. Concluido el trabajo de corte, se retirará todos los equipos y herramientas dejando toda el área limpia de material que se pueda haber empleado en la ejecución de los trabajos.
5. Se retirarán las tuercas, pernos y arandelas de cada lado del riel con llave mixta de 1 ½" y serán colocados en un recipiente para su posterior uso.
6. Para el izaje de los rieles con el empleo de la grúa de 50 ton se empleará un estrobo de ojo con gancho de cuatro ramales de ½" que irán cerca de las esquinas de los rieles y dos cuerdas de poliéster de 5/8" que serán utilizadas como vientos.
7. El operador de grúa colocará tacos de madera para apoyos de los estabilizadores antes de realizar la maniobra de izaje, sobre todo cuando el terreno no presenta la suficiente capacidad de sustentación o este a desnivel.
8. El maniobrista de piso deberá centrar la carga para evitar el balanceo al

momento de izarla y verificar el correcto uso de los vientos.

9. El operador de la grúa deberá izar la carga solo cuando los maniobristas lo indiquen y se evitará que personas ajenas a la tarea estén dando indicaciones al operador. Debido a que el montaje se realiza en diferentes niveles, un maniobrista se ubicará en un lugar adecuado dentro del pozo y el otro se mantendrá en piso, ambos maniobristas debe contar con todos sus implementos de seguridad.
10. El operador levantará la carga lentamente sin hacer giros bruscos y los maniobristas evitara en todo momento que estén personas debajo de la carga suspendida.
11. Se colocara el primer riel en el lugar establecido por el Ing. Residente.
12. Para el izaje del segundo riel se repetirán los procedimientos 6, 7, 8, 9, 10, 11.

7.5. PROGRAMACIÓN “SIN PERDIDAS” (APLICACIÓN DE TEORÍA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR)

7.5.1. Elaboración de la Programación Maestra: Los detalles de la programación se encuentran en el **Anexo “K”**

7.5.2. Elaboración de la Programación anticipada de recursos: Los detalles de la programación se encuentran en el **Anexo “L”**

7.5.3. Elaboración de la Programación Semanal: Los detalles de la programación se encuentran en el **Anexo “M”**

7.5.4. Elaboración de la Programación Diaria: Los detalles de la programación se encuentran en el **Anexo “N”**

CONCLUSIONES

SISTEMA HINCADO DE TUBOS (PIPE JACKING)

1. El sistema de Hincado de Tubos es una tecnología que afronta objetivamente la instalación de Tubos ya que su característica principal es que no requiere una abertura de la vía para la colocación de los tubos. Las perturbaciones de las excavaciones en la superficie se limitan al área correspondiente a cada Pozo de Empuje o Pozo de Salida.
2. En comparación con el sistema tradicional de Zanja abierta este presentan grandes reducciones en costos (aprox. 30%) y mayor rendimiento (aprox. 30%), lo que en hechos significa instalaciones de tuberías en menor tiempo.
3. Se reduce significativamente la contaminación ambiental ya que no se despliega innecesariamente equipos pesados para el movimiento de tierras evitando la generación de partículas contaminantes. Tampoco se hacen trabajos de reposición de instalaciones eléctricas, telefónicas, gasoductos.

HERRAMIENTAS DE CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDA

4. Del diagrama de Causa-Efecto e Histograma de frecuencia de equipos (Figura 7.1, 7.35) nos permitió ver que las principales causas para la baja productividad se daba en los equipos.
5. El Histograma de frecuencia, nos permitió ver la incidencia de las fallas en equipos, pero no permitía ver el impacto en tiempo que se daba por cada falla, razón por la cual hace una Gráfica considerando Horas Porcentuales y Frecuencias Porcentuales. (Figura 7.39 y tabla 7.35).

Se observa que a pesar de que la frecuencia de Ausencia del Volquete era alta, su impacto en horas perdidas era tan solo del 5%, por lo tanto se optó por eliminar las actividades que causaban más pérdidas en tiempo.

En tal sentido se realizó una inspección durante todo el montaje e instalación de la Estación Intermedia verificando que nunca falten sus

repuestos tales como: Pernos exagonales, arandelas, mangueras, adaptadores, sellos, tapones, respiros, etc., el mismo proceso se siguió para la Cravadora y finalmente se optó por el cambio de la grúa.

También se determinó la frecuencia del mantenimiento preventivo, correctivo, además de implementar el mantenimiento predictivo.

6. El Histograma de frecuencia, también nos permitió ver la incidencia de las faltas de materiales, pero no permitía ver el impacto en tiempo que se daba por cada falta, razón por la cual se hizo una Gráfica considerando Horas Porcentuales y Frecuencias Porcentuales. (Figura 7.39 y tabla 7.36).

Se observa que a pesar de que la espera por falta de tubo tenía una frecuencia de 6% su impacto en tiempo era mayor 15% del tiempo total perdido.

Se empezó por regularizar las horas de abastecimiento de los tubos de concreto armado.

7. Con el estudio del trabajo se pudo visualizar no solo el porcentaje de trabajo Productivo, Contributorio y no Contributorio de ambas cuadrillas, sino también se pudo visualizar la cantidad de personas necesarias por cuadrilla (Figura 7.23 y 7.24).

A partir de la comparación de las Figuras 7.17 y 7.18 se decidió elaborar un procedimiento para excavación para suelos finos, mixtos y gravosos (Pág. 251-259) y de este modo reducir la cantidad de Trabajo no Contributorio, también se reorganizó internamente las funciones de los trabajadores.

En cuanto a la mano de obra excedente no fue posible reajustarla porque existían presiones sociales tales como los Sindicatos y la población.

8. Los Diagramas de control (Figuras 7.3 hasta 7.12) nos mostraron la variación de los procesos durante la producción y ya sabidas sus causas nos llevaron a eliminarlas elaborando procedimientos de Excavación para suelos finos, mixtos y gravosos (Pág. 251-259), Transporte horizontal y vertical (Pág. 260-266), Hincado (Pág. 266-270), Inyección con Bentonita (Pág. 270-272),

Colocación de tubos de concreto armado (Pág. 272-278) que nos permitieran estandarizar el trabajo y de este modo eliminar la variabilidad.

9. En general para todos los Materiales se identificaron aquellos que eran críticos para garantizar una producción continua a través de la Planificación Anticipada de recursos (Look Ahead) y Análisis de restricciones, en la cual se especificaba la fecha requerida para los recursos.
10. Se eliminaron las esperas y tiempos de transporte con una mejor comunicación, también se contribuyó en la reducción de tiempos de transporte mejorando la distribución en planta (Figura 7.21 y 7.22).

SIMULACIÓN

11. El programa EZstrobe permite una retroalimentación de los índices realizados iniciales del proyecto, basado en una simulación de datos reales tomados en campo.
12. El EZstrobe es usado como una herramienta para la planificación, es decir para definir el criterio y estrategia de producción.
13. Con la simulación de los procesos se logra obtener una secuencia lógica del trabajo, a través de la construcción de un modelo matemático, en todos sus niveles de complejidad, pudiendo no solo identificar las restricciones del proceso y aplicar la mejora continua a través de filosofías como la construcción sin pérdidas y sus herramientas, sino que además mediante la experimentación permite medir su impacto en costo y tiempo sobre el sistema en conjunto.
14. La naturaleza cíclica de un proyecto lineal como es el caso del Proyecto Interceptor Norte permite un mejor control de los procesos que lo componen permitiendo la estandarización de procedimientos base del costo-eficiencia en la construcción.
15. La Simulación nos permite ver el impacto de las pérdidas sin tener que hacer pruebas en la realidad.

16. La Simulación nos permite reorganizar los recursos (Equipos, Materiales).
17. Considerando el mismo tiempo para la duración del proyecto, el modelo base presenta menor costo que el modelo real (US\$ 60,434.10) debido a que subestimaron la cantidad de equipos y mano de obra por falta de información en este tipo de trabajo. (Tabla 7.23).

	Modelo Base	Modelo Real	Modelo Propuesto	(Modelo Propuesto-Modelo Real)	% Total
MONTAJE	4,753.24	9,200.53	7,184.57		
DESMONTAJE	3,738.21	7,236.59	6,187.50		
SUBTOTAL (\$)	8,491.85	16,437.12	13,372.07	3,065.05	1.24%
PRODUCCIÓN (\$/ML)	872.51	1,129.80	966.68		
PRODUCCIÓN (\$)	177,991.36	230,480.19	197,202.39	33,277.80	13.48%
COSTO TOTAL	186,483.21	246,917.31	210,574.46	36,342.85	14.72%

18. Al identificar el problema y sus causas se decide armar un modelo propuesto cuyo fin era reducir tiempo y costo sin necesidad de hacer pruebas en la realidad, se analizaron todas las alternativas y se obtuvo lo siguiente:

La mayor reducción entre el Modelo Real y el Propuesto se presenta en el Tiempo 30.04% (Tabla 7.22), seguido de una reducción en el costo de 14.72% (Tabla 7.23).

	Modelo Real	Modelo Propuesto	(Modelo Propuesto-Modelo Real)	% Diferencia
MONTAJE	2.42	1.79		
DESMONTAJE	3.41	2.39		
SUBTOTAL	5.83	4.18	1.65	28.27%
PRODUCCIÓN	20.98	14.57	6.41	30.53%
TOTAL	26.81	18.75	8.05	30.04%

19. La reducción en el tiempo de producción de 30.53% en el Modelo Propuesto respecto al Modelo Real es debido a una reducción en el tiempo de Excavación y también en el tiempo de transporte aumentando su rendimiento por ciclo.

El horómetro del equipo de hincado para todos los efectos será la suma del tiempo de excavación más el tiempo de transporte debido a que el Equipo de Hincado debe mantenerse operativo las 24 horas sin embargo para el modelo propuesto la excavación también es durante el transporte.

20. La reducción del tiempo en Desmontaje y Montaje de 28.27% en el Modelo propuesto respecto del modelo real, es debido a que se modificó el orden de los procesos (de serie a paralelo), se repartió de modo adecuado los recursos necesarios a aquellas actividades que se encontraban en la ruta crítica, finalmente se estandarizaron los procesos con la elaboración de procedimientos tanto en Montaje y Desmontaje (Pág. 227-251 y Pág. 278-298).
21. La reducción en el costo de 14.72%, se debió principalmente al impacto de las mejoras en producción que representa el 91.57% del total. La simulación demostró que no era posible llegar al Costo base, ni cumplir con la programación base por las siguientes razones:
 - La información requerida no correspondía a la profundidad de excavación proyectada. (Ver perfil estratigráfico MS-03)
 - El equipo de excavación no era apto para excavación en suelos gravosos.
 - No era posible optimizar la mano de obra por problemas con los sindicatos y la población.
22. El índice de productividad diaria se incrementa de 3.24 Tub/día a 4.67 Tub/día, lo que demuestra la mayor eficiencia en el uso de los recursos, el mismo que tuvo su mayor impacto en la disminución de los tiempos muertos de los equipos que representaban el 45%CD.
23. Con el uso de una herramienta como EZstrobe, se crea una importante base de datos para la compañía, el contar con esta información se evita y minimiza el impacto de actividades de elevada incertidumbre (Planificación del riesgo), al estar en la posibilidad de realizar simulaciones del proceso completo, mucho antes de haberse iniciado los trabajos en campo.

24. El programa tiene limitaciones, como la de no contar con un interfaz gráfico de los procesos, por lo que debe complementarse con elevaciones 3D.
25. La difusión de los resultados es impresa, por lo que las propuestas de mejora pueden ser difíciles de interpretar por mandos medios.

PLANIFICACIÓN "SIN PÉRDIDA"

26. Para mejorar la productividad y eliminar las pérdidas en los flujos debemos dirigir los flujos de información, recursos y directivas, para ello se debe de insertar confiabilidad al sistema con las herramientas como la planificación semanal, diaria, Look Ahead Planning y análisis de restricciones, porcentaje de plan completado y realizar la mejora continua hasta incrementar nuestra curva de aprendizaje.
27. Para mejorar la productividad y resultado de la planificación se establecieron parámetros de confiabilidad tales como la programación de trabajo semanal, diario, análisis de restricciones, porcentaje de programa completado.
28. Para asegurar que todo lo simulado se cumpla, se hace uso de la Planificación anticipada de recursos que permite ver en un periodo de 2 a 4 semanas lo que va a pasar, permitiéndonos visualizar todos los requerimientos de los recursos principalmente permisos, repuesto de equipos, distribución de tubos y necesidad de materiales.
29. A partir de la planificación anticipada se puede elaborar muy fácilmente la programación semanal y diaria de actividades.
30. Es muy necesario usar el PPC (Porcentaje de programa completado) para ver el cumplimiento de las tareas realizadas con respecto a las tareas programadas.
31. En este caso es posible la retroalimentación ya que las actividades realizadas son cíclicas.

DESARROLLO PROFESIONAL

32. Se concluye que se estamos en condiciones de llevar a cabo un proyecto de similares características en las etapas de planificación, ejecución y control por contar con una importante base de datos desarrollada para el tema de tesis, la cual paso a representar un activo de la empresa y esta basada en la experiencia personal, investigación de las tesis y el aporte de profesionales nacionales y extranjeros que participaron en la ejecución del Proyecto Interceptor Norte: Ing. Pablo Imbert, Ing. José Luis Torres de la Piedra (Técnicos de Operaciones), Técnicos Alejandro. Gonzáles y Juan Amau (Operadores del Equipo de Excavación).

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda hacer simulaciones antes y durante el proceso el proceso de ejecución.
2. Se recomienda la aplicación del EZstrobe en proyectos de naturaleza lineal debido a que dependen de ciclos o secuencias repetitivas de trabajo y permiten optimizar las funciones del programa.
3. Para el desarrollo del tema de tesis se uso el programa de simulación EZstrobe versión estudiantil con ciertas limitaciones en comparación con el Stroboscope, versión comercial, técnicamente más desarrollada. Por tal motivo se recomienda el uso del Stroboscope para la aplicación en proyectos de gran envergadura y/o con mayor detalle.
4. Se recomienda el uso del programa @RISK para el análisis estadístico de los datos, por ser un programa sencillo, con gran variedad de funciones y opciones gráficas.
5. De igual forma recomendamos seguir con la investigación y creación de publicaciones y libros que contribuyan al desarrollo de temas relacionados a la mejora de la productividad, los mismos que por ser de dominio público, no solo contribuirán al desarrollo de la empresa privada, sino también a profundizar el conocimiento de estos temas en los futuros estudiantes y en el desarrollo de la construcción en el país.

BIBLIOGRAFÍA

- ✓ **Ministerio de Trabajo, Sectores de Trabajo**, productividad y dinámica ocupacional, Lima-Perú, 2004
- ✓ **Luis Armando López Salas**; Producción sin pérdidas en la construcción, Editorial Santander, Colombia 2000.
- ✓ **Guía del PMBOK**; Fundamentos de la Dirección de Proyectos, PMI 2003.
- ✓ **Alfredo Serpell Bley**; Administración de Operaciones de Construcción, Alfaomega, México 2002.
- ✓ **Jaime Barceló**; Simulación de sistemas discretos, 1era Edición ISDEFE, 1996.
- ✓ **Robert Lilienfeld**; Teoría de Sistemas, Editorial Trillas, 1984
- ✓ **Koskela Lauri**; Aplicación de la nueva Filosofía de producción a la construcción CIFE Technical Report No 72-STANFORD UNIVERSITY, Finland, 1992.
- ✓ **Ishikawa Kaoru**: ¿Qué es el Control Total de Calidad?, Editorial norma, Buenos Aires-Argentina, 1993.
- ✓ **Halpin Clune, William Daniel**; Planning and analysis of construction operations, John Wiley & Sons, Indiana – U.S.A
- ✓ **Julio C. Martínez**; STROBOSCOPE - Status and resource based simulation of construction process. University of Michigan, 1996.
- ✓ **Manuel Córdova Zamora**; Estadística Inferencial, Editorial Moshera, Lima-Perú, 2002.
- ✓ **Pedro Juan Rodríguez Esquero**; Pruebas de Hipótesis, Universidad de Puerto Rico, 2005.
- ✓ **Palisade Corporation**; Guía para el uso de @RISK, www.palisade.com
- ✓ **Masaaki, Imai**; Kaizen, compañía Editorial Continental S.A. México, 1998.
- ✓ **Edwards Deming, William**; Calidad, Productividad y Competitividad, Editorial norma, USA, 1990.
- ✓ **Rodríguez Castillejo, Walter**. Fundamentos de Programación, Reprogramación, Calidad Total y seguridad total en obras Civiles, Lima-Perú, 2001.
- ✓ **Fernando Botero, Luis**; Construcción sin Pérdida, Editorial LESIS S.A., Medellín-Colombia, 2004

- ✓ **Virgilio Ghio Castillo**; Productividad en obras de construcción, Universidad Católica del Perú, 2001.
- ✓ **Alarcón Cardenas Luis Fernando**, *Lean Construction*, Editorial Broolfield, Holanda, 1997.
- ✓ **Westfalia Becorit** – Industrietechnik GMBH; Manual de servicio de la Retroexcavadora Z3, Berlín-Alemania, 1992.
- ✓ **Fernando Ruiz, Inacio**: proyecto Colector Viña del mar, Valparaíso –Chile, 1995.