

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



ANEXOS

**OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS EN LA FABRICACIÓN DE
TERMAS ELÉCTRICAS UTILIZANDO HERRAMIENTAS DE LEAN
MANUFACTURING**

Tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial, que presenta el bachiller:

Baluis Flores, Carlos André

ASESOR: Corrales Riveros, César Augusto

Lima, Octubre de 2013

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 – LINEA DE TANQUES.....	iii
ANEXO 2 – AREA DE TUBOS	vii
ANEXO 3 – TANQUES GALVANIZADOS.....	viii
ANEXO 4 – AREA DE PROBADO.....	viii
ANEXO 5 – LINEA DE FUNDAS	ix
ANEXO 6 – AREA DE PINTURA.....	ix
ANEXO 7 – AREA DE INYECTADO / ARMADO.....	x
ANEXO 8 – AREA DE ACABADO Y EMBALADO.....	xi
ANEXO 9 – ANÁLISIS DE DESPERDICIOS Y NIVEL DE VALORIZACIÓN.....	xi
ANEXO 10 – TIEMPOS DE CICLO POR CAPACIDAD DE TANQUE	xiii
ANEXO 11 – DISPONIBILIDAD DE MÁQUINA.....	xvi
ANEXO 12 – AREA DE SOLDADO- ANÁLISIS DE ACTIVIDADES	xvii
ANEXO 13 – AREA DE PROBADO- ANÁLISIS DE ACTIVIDADES.....	xviii
ANEXO 14 – ÁREA DE HABILITADO- ANÁLISIS DE ACTIVIDADES.....	xix
ANEXO 15 – CRONOGRAMA DEL TALLER KANBAN	xx
FUENTE: ELABORACION PROPIA.....	xx
ANEXO 16 – HOJA DE OCURRENCIAS – SISTEMA SMED.....	xx
ANEXO 17 – CRONOGRAMA DE CAPACITACIÓN DEL BALANCE DE LINEA	xxi
ANEXO 18 – CALCULO DE CANTIDAD DE PINTURA TRAFICO A UTILIZAR.....	xxi
ANEXO 19 – CALCULO DE COSTO PROMEDIO PONDERADO DE UNA TAPA, CUERPO DE TANQUE Y TANQUE DE TERMA.....	xxii

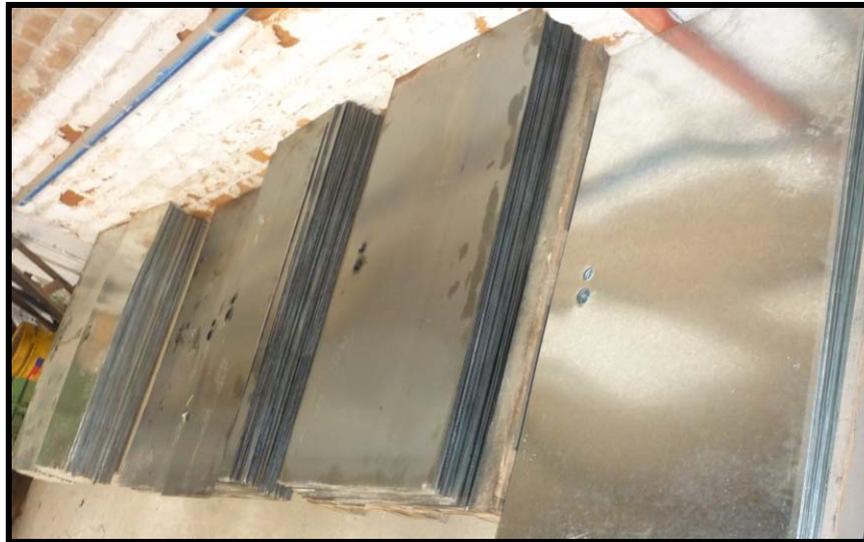
ANEXO 1 – LINEA DE TANQUES

Proceso de marcado y cortado de planchas



FUENTE: LA EMPRESA

Planchas troqueladas



FUENTE: LA EMPRESA

Roladora Eléctrica



FUENTE: LA EMPRESA

Planchas Roladas 50L



FUENTE: LA EMPRESA

Discadora Eléctrica



FUENTE: LA EMPRESA

Máquina Troqueladora



FUENTE: LA EMPRESA

Prensa Eléctrica



FUENTE: LA EMPRESA

Tapas Bombeadas o Embutidas



FUENTE: LA EMPRESA

ANEXO 2 – AREA DE TUBOS

Área de Tubos



FUENTE: LA EMPRESA

ANEXO 3 – TANQUES GALVANIZADOS

Tanques Galvanizados



FUENTE: LA EMPRESA

ANEXO 4 – AREA DE PROBADO

Área de Probado



FUENTE: LA EMPRESA

ANEXO 5 – LINEA DE FUNDAS

Área de Fundas 1



FUENTE: LA EMPRESA

Área de Fundas 2



FUENTE: LA EMPRESA

ANEXO 6 – AREA DE PINTURA

Cámara de pintado y el horno de pintado



FUENTE: LA EMPRESA

ANEXO 7 – AREA DE INYECTADO / ARMADO



FUENTE: LA EMPRESA

ANEXO 8 – AREA DE ACABADO Y EMBALADO



FUENTE: LA EMPRESA

ANEXO 9 – ANÁLISIS DE DESPERDICIOS Y NIVEL DE VALORIZACIÓN

SOBREPRODUCCION

ÁREA	SOBREPRODUCCION	NV
LÍNEA DE TANQUE	Se aprecia al final de los procesos de cortado, discado y soldado.	5
LÍNEA DE FUNDA	Se aprecia al final de proceso de pestañado (cuerpo de fundas y tapas).	3
ENSAMBLE	No se aprecia este tipo de desperdicio.	1
ACABADO	No se aprecia este tipo de desperdicio.	1

ESPERA

ÁREA	ESPERA	NV
LÍNEA DE TANQUE	Desperdicio que se aprecia en el proceso de probado.	3
LÍNEA DE FUNDA	No se aprecia este tipo de desperdicio.	1
ENSAMBLE	Desperdicio que se aprecia en el proceso de inyectado con poiluretano.	3
ACABADO	Desperdicio que se aprecia en el proceso de acabado (secado).	3

TRANSPORTE INNECESARIO

ÁREA	TRANSPORTE INNECESARIO	NV
LÍNEA DE TANQUE	No se aprecia este tipo de desperdicio.	1
LÍNEA DE FUNDA	Desperdicio que se aprecia entre el proceso de pestañado y decapado.	3
ENSAMBLE	No se aprecia este tipo de desperdicio.	1
ACABADO	No se aprecia este tipo de desperdicio.	1

SOBREPROCESAMIENTO

ÁREA	SOBREPROCESAMIENTO	NV
LÍNEA DE TANQUE	Se aprecia en el proceso de probado.	3
LÍNEA DE FUNDA	No se aprecia este tipo de desperdicio.	1
ENSAMBLE	No se aprecia este tipo de desperdicio.	1
ACABADO	Se aprecia en el proceso de inyectado.	3

INVENTARIO

ÁREA	INVENTARIO	NV
LÍNEA DE TANQUE	Se aprecia un excesivo inventario al final del proceso de troquelado, embutido, rolado, habilitado, soldado y probado.	5
LÍNEA DE FUNDA	Se aprecia inventario al final del proceso de pestañado y horneado.	3
ENSAMBLE	No se aprecia excesivo inventario.	1
ACABADO	No se aprecia excesivo inventario.	1

MOVIMIENTOS INNECESARIOS

ÁREA	MOVIMIENTOS INNCSARIOS	NV
LÍNEA DE TANQUE	Se aprecia en el troquelado y bombeado.	5
LÍNEA DE FUNDA	Se aprecia en el troquelado, decapado y horneado.	5
ENSAMBLE	Se aprecia en el proceso de aislado con lana de vidrio y poliuretano.	5
ACABADO	Se aprecia en el proceso de pintado y embalado.	3

PRODUCTOS DEFECTUOSOS

ÁREA	PRODUCTOS DEFECTUOSOS	NV
LÍNEA DE TANQUE	Se aprecia productos defectuosos en el proceso de soldado.	3
LÍNEA DE FUNDA	Se aprecia productos defectuosos en el proceso de horneado.	3
ENSAMBLE	No se aprecia productos defectuosos.	1
ACABADO	No se aprecia productos defectuosos.	1

ELABORACION PROPIA

ANEXO 10 – TIEMPOS DE CICLO POR CAPACIDAD DE TANQUE

DEMANDA 50 LTS	5893	65.1%
DEMANDA 80 LTS	2340	25.8%
DEMANDA 110 LTS	821	9.1%
	9054	100%

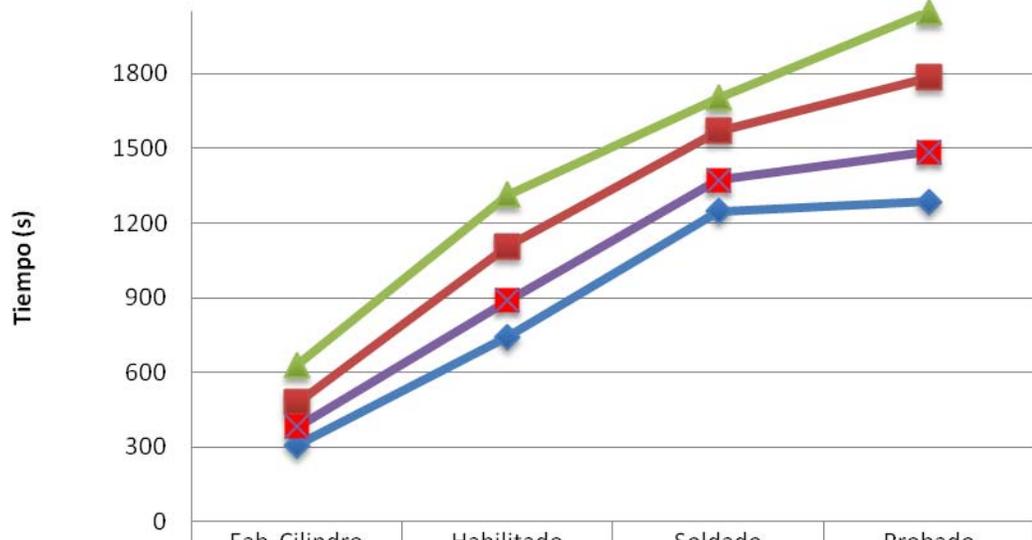
	<i>PROCESO</i>	<i>T 50 L (s)</i>	<i>T 80 L (s)</i>	<i>T 110L (s)</i>	<i>TIEMPO STD (s)</i>
FABRICACIÓN DE TANQUE	Trazado	57.3	73.5	79.4	63.5
	Cortado 1	29.3	43.8	61.0	35.9
	Troquelado 1	10.5	16.8	22.6	13.2
	Troquelado 2	14.9	24.9	29.8	18.8
	Rolado	196.6	321.1	438.1	250.7
	Habilitado	743.5	1107.3	1312.2	889.1
	Soldado 1	1030.0	1276.8	1395.7	1127.0
	Soldado 2	109.0	118.6	116.2	112.1
	Escariado	149.4	162.2	162.3	153.9
	Ensamblado	59.0	59.0	59.0	59.0
	Prueba de agua caliente	462.8	692.6	839.7	556.3

	Prueba de presión	342.6	534.2	634.9	418.6
	Reproceso soldado	108.9	172.5	189.1	132.6
	Prueba de aire	272.4	335.2	351.3	295.8
TAPA INFERIOR	Trazado 1	19.1	19.1	19.1	19.1
	Cortado 1	9.8	9.8	9.8	9.8
	Cortado 2	12.0	12.0	12.0	12.0
	Trazado 2	84.8	84.8	84.8	84.8
	Discado	36.1	36.1	36.1	36.1
	Troquelado	42.8	42.8	42.8	42.8
	Bombeado	19.0	19.0	19.0	19.0
TAPA SUPERIOR	Trazado 1	19.1	19.1	19.1	19.1
	Cortado 1	9.8	9.8	9.8	9.8
	Cortado 2	12.0	12.0	12.0	12.0
	Trazado 2	84.8	84.8	84.8	84.8
	Discado	36.1	36.1	36.1	36.1
	Bombeado	19.0	19.0	19.0	19.0

FUENTE: ELABORACION PROPIA

Gráfica de los tiempos de ciclo de procesos para tanques de 50L, 80L y 110L

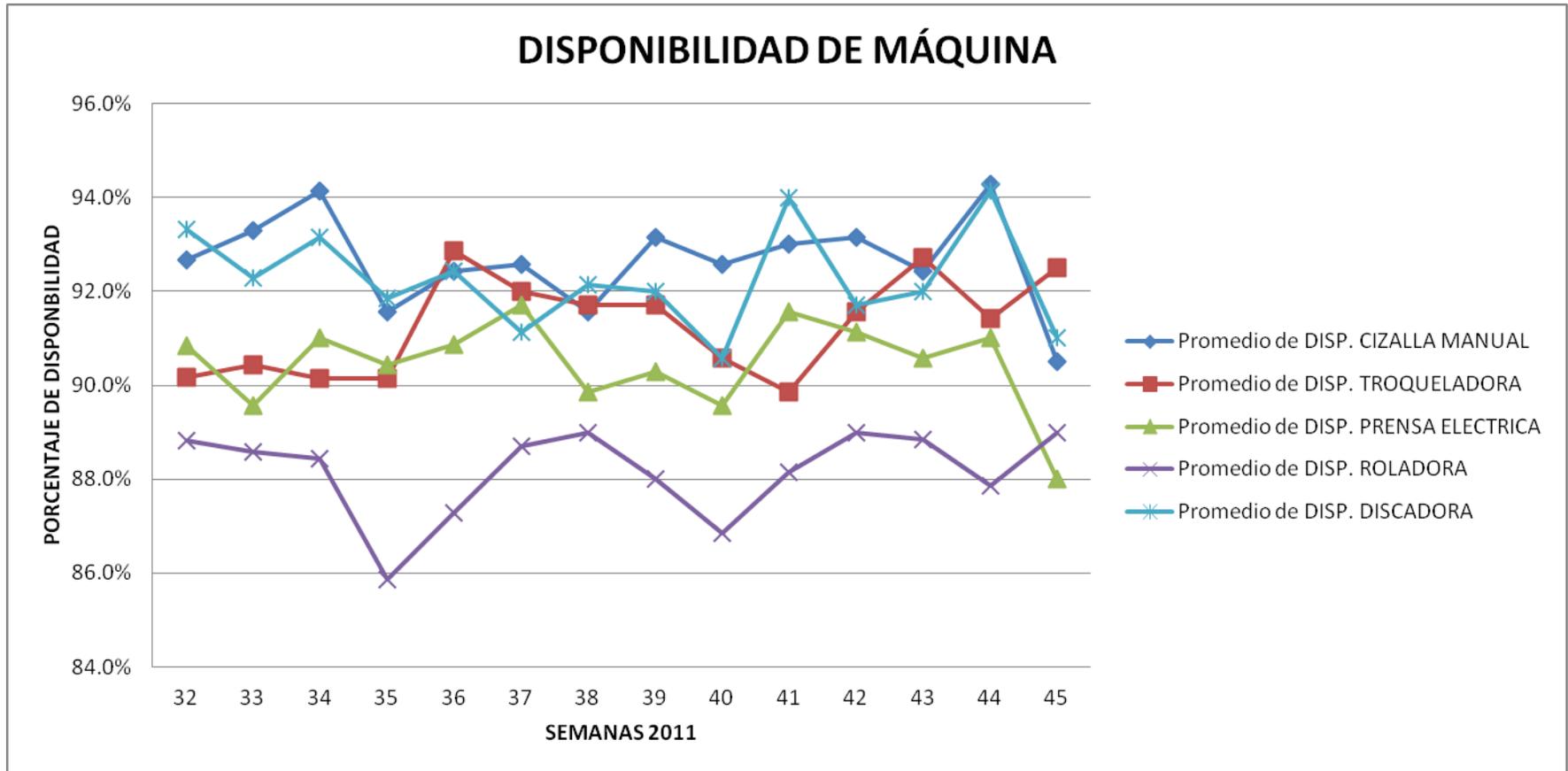
Tiempos de ciclo - 50L, 80L y 110L



	Fab. Cilindro	Habilitado	Soldado	Probado
T 50 L (s)	308.6	743.5	1247.9	1286.2
T 80 L (s)	480.1	1107.3	1567.9	1783.2
T 110L (s)	630.9	1312.2	1701	2047.2
T STD (s)	382.1	889.1	1371.7	1483.6

FUENTE: ELABORACION PROPIA

ANEXO 11 – DISPONIBILIDAD DE MÁQUINA



FUENTE: LA EMPRESA

ANEXO 12 – AREA DE SOLDADO- ANÁLISIS DE ACTIVIDADES

TAREA	ACTIVIDADES	TIEMPO (s)
A	Coge tanque del área de habilitado y lo traslada hacia área de soldado	9.3
B	Coge tanque y traslada hacia mesa de trabajo	11.6
C	Suelda tubo de ingreso agua fría, marca tubo de salida de agua caliente para soldar, realiza soldado; coge tubo de desfogue y suelda tubo de desfogue	54.2
D	Manipula tanque y suelda cuerpo de tanque	348.9
E	Prepara zona para soldar (golpe zona con herramienta) y realiza soldado de unión	171.4
F	Coge sujetador de termostato, coloca sobre tanque y realiza soldado	33.1
G	Coge tanque y coloca en APP	7.7
H	Coge tanque de APP y traslada hacia soporte para soldar	7.0
I	Coge portaelectrodo, suelda de tapa inferior y deja portaelectrodo	230.7
J	Cambio de posición del tanque, coge portaelectrodo, suelda de tapa superior y deja portaelectrodo	244.5
K	Traslado hacia APP	8.5
L	Coge tanque de APP y traslado hacia mesa de soldado	7.6
M	Coge regla o plantilla para soldar tornillos, hace coincidir con tope de perno, coge portaelectrodos, suelda pernos (habilita)	38.9
N	Retira regla y suelda pernos	46.1
Ñ	Coge tuerca y tope de perno, manipula tanque para soldado y realiza soldado	16.0
O	Coge tanque y traslada hacia APP	3.6
P	Acabado	30.9
Q	Coge tanque + coloca sobre mesa de trabajo (reproceso)	6.7
R	Acomoda tanque, golpea y suelda (reproceso)	87.5
S	Coloca en APP (reproceso)	7.4

FUENTE: ELABORACION PROPIA

ANEXO 13 – AREA DE PROBADO- ANÁLISIS DE ACTIVIDADES

TAREA	ACTIVIDADES	T (s)
A	Coge tanque y traslada desde zona de soldado hacia zona de probado	23.1
B	Coge escariador, coloca escariador en la entrada de resistencia y realiza escariado	39.8
C	Coge escariador, coloca escariador en la entrada de ánodo y realiza escariado	46.7
D	Limpia orificio de entrada de ánodo y de resistencia del tanque con una herramienta punzante	28.8
E	Coge lima, realiza limado de los 2 tubos de agua fría y agua caliente	15.5
F	Coge resistencia, coge empaquetadura y coloca en tanque (manualmente)	6.5
G	Coge llave eléctrica y ajusta resistencia	4.4
H	Coge teflón y coloca sobre ánodo	33.0
I	Coge ánodo-teflón y coloca en tanque (manualmente)	9.5
J	Coge llave eléctrica + ajusta ánodo	5.5
K	Coge pabilo, coloca pabilo en extremos de tubos (agua fría, desfoque, agua caliente)	31.1
L	Traslado de tanques hacia zona de prueba de agua (plataforma)	5.3
M	Coge válvula, colocar válvula, conecta manguera de agua caliente y abre válvula de agua caliente	15.2
N	Llenado de tanque (espera)	496.5
Ñ	Cierra válvula superior de ingreso de agua caliente y saca manguera	8.2
O	Coge válvulas (x3) y coloca manguera en válvula 2 con llave	33.8
P	Acciona palanca para ingreso de aire hasta que presente presión de 180-190 Psi y saca manguera	33.7
Q	Realiza limpieza con trapo, hecha tanque y con llave saca válvulas+ inspecciona fugas y marca con tiza	186.7
R	Vaciado de agua (espera), hecha tanque lo voltea	164.5
S	Traslado de tanque desde zona soldado hacia zona de probado de aire	28.2
T	Colocar válvulas (3), manguera de aire (a un extremo) cierra válvula de desfogue	22.9
U	Coge brocha con solución(agua y detergente), lo pasa sobre área de soldado y deja brocha	24.8
V	Abre válvula de desfogue, coge trapo y limpia zona pasada por brocha y sacar válvula de desfogue	21.0
X	Coge tanque, coloca sobre mesa de trabajo y coloca manguera	16.9
Y	Coge soplete, realiza pintado 1 (cordón tapa superior y cuerpo) y deja soplete en su lugar y saca manguera	65.7
Z	Coge tanque, coloca en suelo y saca 2 válvulas (válvulas extremos)	15.2
A'	Coge soplete, realiza pintado x2 (cordón de tapa inferior)	14.4
B'	Saca pabilo de niples	4.3
C'	Coge escobillón y limpia niples	20.4
D'	Coge lija, realiza Lijado de niples para ser pintados	22.6
E'	Coge tubo, inspecciona niples y endereza	22.3
F'	Pintado de niples	17.2

FUENTE: ELABORACION PROPIA

ANEXO 14 – ÁREA DE HABILITADO- ANÁLISIS DE ACTIVIDADES

ACTIVIDADES	TIEMPO (s)
Coge tubos de ingreso de agua fría desde área de tubos y traslada hacia área de habilitado	7.8
Coge portaelectrodo y realiza perforación (sistema antiretorno)	7.1
Coge tapas de área de bombeado y traslado hacia área de habilitado	6.6
Coge tanques de APP y traslada hacia área de habilitado	67.0
Coge tapas, coge compas, realiza marcado, deja compás y coge marcador y realiza marcado	22.9
Coge tanque y coloca en mesa de trabajo	9.9
Coge tanque, marca zona de cuerpo tanque a soldar y acomoda	29.6
Coge portaelectrodo, coloca careta, suelda cuerpo (3 puntos), deja portaelectrodo y sube careta	60.9
Coge tapa, amartilla bordes de tapa, coloca en tanque, coge tubo de ayuda e inspecciona	61.5
Coge portaelectrodo, realiza soldado (1 punto), amartilla, deja portaelectrodo y retira careta	14.4
Coge tanque, acomoda da vuelta, coge tubo ayuda y golpea tapa, acomoda tapa inferior y coloca careta	103.4
Coge portaelectrodo, suelda (3 puntos), deja portaelectrodo y sube careta	48.1
Manipula tanque y acomoda para soldar tapa superior	14.5
Coge tubo de ingreso de agua fría, traslada hacia mesa de trabajo y coloca dentro de tanque	14.2
Coge tapa superior, amartilla bordes, coloca en tanque, coge portaelectrodo, suelda, deja portaelectrodo y deja careta	45.8
Coge tanque, tubo de ayuda, hace coincidir extremos para soldar y coloca careta	168.7
Coge portaelectrodo, realiza soldado de tapa superior (3 puntos), deja portaelectrodo y deja careta	53.2
Coge tanque, manipula para colocar unión, amartilla zona a soldar, coge unión, coloca en tanque y coloca careta, luego coge portaelectrodo, realiza soldado de unión, deja portaelectrodo, saca careta e inspección	142.3
Coge tanque y traslada hacia APP	11.0

FUENTE: ELABORACION PROPIA

FUENTE: ELABORACION PROPIA

ANEXO 17 – CRONOGRAMA DE CAPACITACIÓN DEL BALANCE DE LINEA

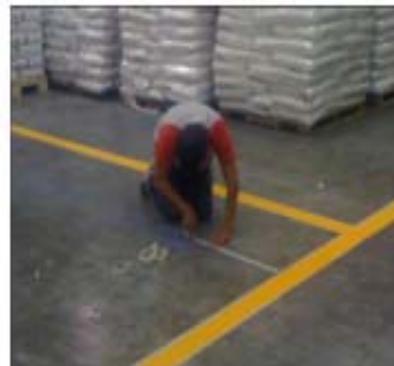
PROGRAMA	FECHA	HORA INICIO	HORA FIN
BALANCE DE LINEA - DEFINICION	09/07/2012	18:00	20:00
TIPOS DE BALANCE DE LINEA	10/07/2012	18:00	20:00
BENEFICIOS DEL BALANCE DE LINEA	11/07/2012	18:00	20:00
	12/07/2012	18:00	20:00
CONCLUSIONES	13/07/2012	18:00	20:00

FUENTE: ELABORACION PROPIA

ANEXO 18 – CALCULO DE CANTIDAD DE PINTURA TRAFICO A UTILIZAR

Rendimiento:

Cantidad	Unidad de medida	Precio
1	galón	S/. 42.90
30	metro lineal	S/. 1.43



AREA	CANTIDAD NOMINAL	CANTIDAD NECESARIA	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Línea de tanque	57.5	63.25	metro lineal	S/. 1.43	S/. 90.45
Habilitado	57.5	63.25	metro lineal	S/. 1.43	S/. 90.45
Soldado 1	57.5	63.25	metro lineal	S/. 1.43	S/. 90.45
Soldado 2	57.5	63.25	metro lineal	S/. 1.43	S/. 90.45
Probado 1	57.5	63.25	metro lineal	S/. 1.43	S/. 90.45
Probado 2	57.5	63.25	metro lineal	S/. 1.43	S/. 90.45
TOTAL					S/. 542.69

FUENTE: ELABORACION PROPIA

ANEXO 19 – CALCULO DE COSTO PROMEDIO PONDERADO DE UNA TAPA, CUERPO DE TANQUE Y TANQUE DE TERMA.

PL DE FE LAF DE 5/64" x 1200MM x 2400 MM (2.0 MM) TANQ.	UND	S/. 179.00
PL DE FE GALV. DE 1./16" x 1200MM x 2400 MM (1.5 MM) TANQ.	UND	S/. 130.00
PL DE FE GALV. DE 5/64" x 1200MM x 2400 MM (2.0 MM) TANQ.	UND	S/. 159.50

			50L	80L	110L
KHO-50	2,461 UND	32.4%			
REGG-50	1,179 UND	15.5%	TAPA	1/18	1/18
DEB-50	302 UND	4.0%	TANQUE	1/6	1/3
SL-50	976 UND	12.9%			1/2
SP-50	771 UND	10.2%			
SP-80	703 UND	9.3%			
SL-80	789 UND	10.4%			
SP-110	405 UND	5.3%			

7,586 UND

COSTO PROMEDIO DE UNA PLANCHA

MOD	CUERPO TANQUE	TAPA	TANQUE
KHO-50	S/. 21.67	S/. 8.86	S/. 30.53
REGG-50	S/. 21.67	S/. 7.22	S/. 28.89
DEB-50	S/. 29.83	S/. 9.94	S/. 39.78
SL-50	S/. 29.83	S/. 9.94	S/. 39.78
SP-50	S/. 29.83	S/. 9.94	S/. 39.78
SP-80	S/. 59.67	S/. 9.94	S/. 69.61
SL-80	S/. 59.67	S/. 9.94	S/. 69.61
SP-110	S/. 89.50	S/. 9.94	S/. 99.44

COSTO PROMEDIO DE UN CUERPO TANQUE S/. 34.97

COSTO PROMEDIO DE UNA TAPA S/. 9.17

COSTO PROMEDIO DE UN TANQUE S/. 44.14

FUENTE: ELABORACION PROPIA

