



OPTIMAL MAINTENANCE DECISIONS INC.

ANALISIS DE BOMBAS CHEVRON

EJEMPLO DEL USO DE EXAKT
PARA TOMA DE DECISIONES.

ANTECEDENTES

- Chevron pidió que se analizaran datos de monitoreo de condición de 11 unidades de bombeo de pozo profundo.
- Las bombas trabajan 24/7 sin supervisión humana en lugares distantes por lo que una falla funcional trae consecuencias graves.
- Los datos predictivos vendrían de 2 técnicas predictivas:
 1. Análisis de lubricantes.
 2. Análisis de circuitos de motores.

DATOS DE ANALISIS DE LUBRICANTES

3H14 A Data Record	Lube Oil Properties		
	Date 29 Jun 07	Date 28 Sep 07	Date 24 Oct 07
Wear	0	2	0
Ferrous Idx	0.0	41.4	18.7
LCont Ferrous	0	0	0
LCont NonFe	0	0	0
Contamination	56	41	30
Contam Idx	68.9	0.0	0.0
% Water	0.689	0.0000	0.0000
LCont Droplet	0	0	0
PC Vol Total	1,127.04	48.62	18.94
Cnts >2	46,598	94,296	111,264
Cnts >5	44,363	59,032	36,891
Cnts >15	32,900	4,743	366
Cnts >25	25,686	1,152	7
Cnts >50	10,402	100	0
Cnts >100	2,364.3	15.1	0.0
ISO >2	23	24	24
ISO >5	23	23	22
ISO >15	22	19	16
NAS 1638	18	15	14
PC Vol < 6u	15	2.47	6.66
PC Vol 6-14u	6.53	20.21	11.64
PC Vol >14u	1,120.36	25.95	.65
Chemistry	0	9	0
OilLife Idx			
Chemical Idx	-1.8	-8.8	-3.5
Dielectric	2.35	2.26	2.34
DV Visc 40C	388.7	393.1	462.2
DV Visc %Chng	-8.7	-7.1	8.6

www.industrialtijuana.com

3

DATOS DE MONITOREO DEL MOTOR

Veil MPU 3H14A	Data Record	Date 16 APR 2007	Date JULI 07 13	Date 24 Oct 07
RESULT	Adjusted Full Load	33.3	11.7	11.7
	% Current Imbalance	1.50%	2.20%	1.90%
ROTOR BAR	PPM	1125	1125	1152
	% Load	101%	101%	70%
	Ampere	11.6	11.6	13
	LF - NPxSF	52.52 Hz	52.52 Hz	55.18 Hz
	SLIP	1.25	1.25	0.809
	LF - NPxSF (Amplitude)	-13.04	-7.05	18.85
	LINE FREQ (amplitude)	60	60	
	CALC. (Delta)	73.04	67.05	41.15
	ADJUSTED (Delta)	73.04	67.05	39.77
	Est'd Broken Bars	0	0.1	1.4
TEMPERATURE	SKIN TMP-TSQ	108.2 Deg-F	99 Deg-F	107.4 Deg-F
	SKIN TMP-TSC	124.2 Deg-F	115 Deg-F	125 Deg-F
	SKIN TMP-TSI	115.8 Deg-F	106.4 Deg-F	117.4 Deg-F
	BEARING TMP-TBO	87.4 Deg-F	80.6 Deg-F	84.4 Deg-F
	BEARING TMP-TBI	117.4 Deg-F	110 Deg-F	121.2 Deg-F
	FLUX RBARS-FC1	24.28 dB Diff	75.44 dB Diff	18.84 dB Diff
	LFQ-SPD SB-FC1	0.04 Flux-AU	0 Flux-AU	0.072 Flux-AU
FLUX COIL	LF - NPxSF (Amplitude)	-62.57	-66.64	-14.19
	LINE FREQ (amplitude)	3.31	1.63	-1.18
	CALC.	65.88	68.28	13
	ADJUSTED (Delta)	24.28	75.44	18.84
	Est'd Broken Bars	6.3	0	9.5
ELECTRIC MOTOR	BRAND	Baldor	Baldor	Baldor
	SERIAL NO	X0306	X0306	X0306
	RATED AMPS	26.1 AMPS	26.1 AMPS	26.1 AMPS

www.industrialtijuana.com

4

DATOS DE ORDENES DE TRABAJO DEL CMMS

WO Number	Problem Statement	Equip ID	Equip Desc	LOCATION
2	50191 365-DAY SHUT DOWN CONTROL TEST	DRI-MPU-04952	Pumping Unit	DRI-PR-10-PRO-5K20A Well 5K20A
3	167933 180-DAY MPU GREESING & INSPECTION (PMPDM)	DRI-MPU-04952	Pumping Unit	DRI-PR-10-PRO-5K20A Well 5K20A
4	169141 NO POWER	DRI-MPU-04952	Pumping Unit	DRI-PR-10-PRO-5K20A Well 5K20A
5	169601 ELECTRIC PROBLEM	DRI-MPU-04952	Pumping Unit	DRI-PR-10-PRO-5K20A Well 5K20A
6	178545 PLS DISMANTLE PANEL CONTROL EXS 5K20A (BKK)	DRI-MPU-04952	Pumping Unit	DRI-PR-10-PRO-5K20A Well 5K20A
7	187043 NO POWER	DRI-MPU-04952	Pumping Unit	DRI-PR-10-PRO-5K20A Well 5K20A
8	228420 4H-42A HORSE HEAD UN LINE UP (WELL OFF)	DRI-MPU-05804	Pumping Unit	DRI-PR-11-PRO-4H42A Well 4H42A

Is Critical	ORDER DATE	START DATE	COMPLETE DATE	FAILURE1	FAILURE2	FAILURE3
2	04-Aug-04	24-Aug-04	11-Aug-05	Inst/Elec. Components	Electrical Component Failure	Other
2	29-Apr-05	17-May-05	11-Jun-05	Wellhead W/P Unit	Pumping Unit - Well	Other
2	02-May-05	02-May-05	20-Jun-05	Wellhead W/P Unit	Pumping Unit - Well	Other
2	03-May-05	03-May-05	20-Jun-05	Wellhead W/P Unit	Pumping Unit - Well	Other
2	19-May-05	19-May-05	03-May-05	Electrical Motor	Motor Maintenance	Motor Control
2	05-Jun-05	05-Jun-05	11-Jun-05	Inst/Elec. Components	MCC Trouble	Heater Overload
2	26-Aug-05	26-Aug-05	31-Aug-05	Wellhead W/P Unit	Pumping Unit - Well	Saddle Bearing

ORDER CATEGORY	WO TYPE	BU	LABOR COST	MATERIAL COST	TOTAL COST	FORMAN ID	LEAD	TECH ID
WM	1	HO	20.46	0	20.46	143235		16851
WM	1	HO	10.23	0	10.23	143235		17027
WO	3	HO	0	0	0	143235		16851
WO	2	HO	0	0	0	143235		16851
WO	3	HO	0	0	0	143235		16851
WO	3	HO	10.23	0	10.23	143235		16851
WO	3	HO	40.92	0	40.92	143235		17027

TECH ID	ORIGINATOR ID
17631	18595
117060	18122
19705	18134
19705	18134
19705	16851
19705	18134
17733	16637

Estos datos representan el historial de mantenimiento de 11 unidades de bombeo cubriendo el periodo de Agosto 04, 2004 a Diciembre 17, 2007. 25 códigos de falla fueron seleccionados de los cuales 7 tuvieron más de 4 ocurrencias. Estos códigos de falla se muestran a continuación.

5

7 códigos de falla fueron seleccionados

Failure code description	Failure code number	Number of occurrences
Inst/Elec. Components;Electrical Component Failure;Other	6	4
Inst/Elec. Components;MCC Trouble;MCC Other	10	5
Wellhead W/P Unit;Pumping Unit - Well;Broken Drive Belts	18	6
Wellhead W/P Unit;Pumping Unit - Well;Gear box failure	19	4
Wellhead W/P Unit;Pumping Unit - Well;Other	20	19
Wellhead W/P Unit;Pumping Unit - Well;Stroke Change	24	4
Wellhead W/P Unit;Pumping Unit - Well;Unit Out of Alignment	25	4

Para un análisis de confiabilidad se requieren como mínimo 4 ciclos de vida Terminando como falla potencial o falla funcional.

PROBLEMA CON LA CODIFICACION

Table 2 Problem statements per failure code

Failure code number	Failure code description	Problem statement
6	Inst/Elec. Components;Electrical Component Failure;Other	365-day shut down control test No power 5k20a Cable electric of pu, need repaired (hazard id) at loc:5k20a Under ground cable survey
10	Inst/Elec. Components;MCC Trouble;MCC Other	Install glass monitor panel box finding sdct 668962 Panel control door lock install Over load trip off Oil level switch repair Auto restart failure 3h37b after pm
18	Wellhead W/P Unit;Pumping Unit - Well;Broken Drive Belts	Oil gear box change 65 liter V-belt replacement c158 4h36a- schedule V-belt cut replacement off, c-158 4h41a V-belt loose & horse head online up 6n24b .finding pm 3h37d v-belt cut off size c-158 V-belt cut off 3h37b
19	Wellhead W/P Unit;Pumping Unit - Well;Gear box failure	C/o lube oil Gear box noise Gear box noisy Oil gear box changed
20	Wellhead W/P Unit;Pumping Unit - Well;Other	180-day mpu greasing & inspection (pmpdm) No power Electric problem Pin carier bar lose

El campo de observación del problema en las ordenes nos permite ver más allá de lo que indican los códigos de falla.

www.industrialtijuana.com

7

La tabla #2 proporciona el número de problemas observados por cada código

	Pin carier bar lose
	Install ladder at main breaker/pole 11h322, pacricate
	Bolt base lose
	Lube oil of gear box changed
	Change lube oil of gear box pu due to high contamination
	Change lube oil of gear box pu due to high contamination
	180-days pm mechanical mpu
	Lube oil gear box changed
	Lube oil gear box changed
	Pls replace lube oil due to viscosity to low
	Stopper plate install of pu:3j26a
	180-day mpu greasing & inspection (pmpdm)
	Lube oil changed
	Oil lube change
	Repair guard bridle at horse head
	Pls replace lube oil due to viscosity to low
24	Wellhead W/P Unit;Pumping Unit - Well;Stroke Change
	Pls increase strike length from 70 to 100
	Sl 68 to 100 increase
	Increase sl f/ 68 to 100
	Increase sl 86 to 100
25	Wellhead W/P Unit;Pumping Unit - Well;Unit Out of Alignment
	Unit out of alignment
	Rh tail brg cut off
	Line up hh
	Horse head line up

Como se puede determinar lo que realmente se encontró de los códigos Convencionales, si cada uno tiene descripciones de diferentes modos de falla.???

3

INFORMACION REQUERIDA DE LA OT PARA UN ANALISIS DE CONFIABILIDAD

- Que se encontró?
- Que se hizo?
La OT registra una instancia de un modo de falla, y debe registrar:
 - a) El evento final de un modo de falla que termina y
 - b) Un evento inicial del siguiente modo de falla que inicia.
Con respecto al evento que termina se debe conocer como terminó:
 1. En falla funcional (**FF**).
 2. En falla potencial (**PF**).
 3. Como suspensión (**S**).

CBM mantenimiento basado en condición efectivo:

- Para que el CBM sea efectivo los modos de falla se deben detectar como PF antes de que se conviertan en FF.
- En este caso cualquiera de los problemas descritos en los diferentes códigos en tablas 1 y 2 causarían consecuencias graves si llegan a la falla funcional.
- Las consecuencias de una falla funcional son significativas y costosa por lo que se justifica un proceso de decisión efectivo.

Modos de falla que pueden ser detectados:

Con análisis de lubricantes:

1. Degradación del lubricante.
2. Contaminación del lubricante.
3. Falla de rodamientos de la bomba.
4. Falla de la caja de engranes.

Con análisis de circuito de motores:

1. Sobrecarga del motor.
2. Falla del control del motor.
3. Desbalanceo de corriente.
4. Barras quebradas..

PROCESAMIENTO DE DATOS:

- Los programas tradicionales para administrar el mantenimiento, tales como; SAP, PM, Maximo y Ellipse no fueron diseñados con las necesidades de procesamiento de datos que requieren los análisis de confiabilidad (RA). Por lo que se requiere considerable manipulación de la información de las OT's para que sirvan para los RA's.
- LRCM (By-cycle) de OMDEC facilita esta transformación de información directa y automáticamente de los CMMS's para generar dos tablas básicas requeridas:
 1. La tabla de eventos
 2. La tabla de inspecciones.

LA TABLA DE EVENTOS

Table 3 The Events table

Ident	Date	WorkingAge	Event
5K70A	16-Aug-04	38215.00	E3FF
5K70A	25-Mar-04	38071.00	B6
5K70A	24-Mar-05	38435.00	E6FF
5K70A	24-Mar-05	38435.00	B6FF
5K70A	30-Apr-04	38107.00	E19FF
5K70A	30-Apr-05	38472.00	E19FF
5K70A	30-Apr-05	38472.00	B19FF
5K70A	19-May-04	38126.00	B20
5K70A	19-May-05	38491.00	E20FF
5K70A	19-May-05	38491.00	B20FF
5K70A	30-Oct-05	38655.00	E12FF
5K70A	30-Oct-05	38655.00	E19FF
5K70A	24-Nov-05	38680.00	EFF
5K70A	04-Jun-06	38872.00	EFF
5K70A	27-Dec-06	39078.00	E3FF
5K70A	22-Jan-07	39104.00	EFF
5K70A	22-Jan-07	39104.00	EFF
5K70A	05-Feb-07	39118.00	E19FF
5K70A	05-Feb-07	39118.00	B19FF
5K70A	13-Apr-07	39185.00	EFF
5K70A	13-Jun-06	38881.00	B10
5K70A	13-Jun-07	39246.00	E10FF
5K70A	13-Jun-07	39246.00	B10FF
5K70A	26-Jun-07	39259.00	EFF
5K70A	28-Jun-07	39261.00	E20FF
...

- Cada falla es registrada por los eventos iniciales y finales de su ciclo de vida:
- El registro de un evento final (E).
- El registro de un evento inicial (B).
- Su edad operacional.
- Su código de análisis RCM
- La forma en que terminó un evento final. FF, PF o S
- La tabla de eventos representa la información de las OT's en el formato requerido

www.industria



TABLAS DE INSPECCION. ANALISIS DE ACEITE

Table 4 Oil analysis

Ident	Date	WorkingAge	Wear	Fe_Idx	Lcont_Fe	Lcont_NonFe	Contam	Contam_Idx	Pct_Water	Lcont_Drop	PC_Vol_Tot
3H14A	29-Jun-07	39262	0	0	0	0	56	68.9	0.0689	0	1127.04
3H14A	28-Sep-07	39353	2	41.4	0	0	41	0	0	0	48.62
3H14A	24-Oct-07	39379	0	18.7	0	0	30	0	0	0	18.94
4G72A	28-Jun-07	39261	72	874.3	25	16	41	0.0	0.0000	1	120.26
4G72A	27-Aug-07	39321	8	169.9	0	0	41	0.0	0.0000	0	31.20
4G72A	27-Oct-07	39382	14	239.6	0	0	41	0.0	0.0005	0	20.76

Table 4 cont'd horizontally to the right

Cnts_2	Cnts_5	Cnts_15	Cnts_25	Cnts_50	Cnts_100	ISO_2	ISO_5	ISO_15	NAS1638	PCVol_6micr
46598	44363	32900	25686	10402	2364.3	23	23	22	18	0.15
94296	59032	4743	1152	100	15.1	24	23	19	15	2.47
111264	36891	366	7	0	0	24	22	16	14	6.66
108,757	78,296	10,238	3,272	448	137.9	24	23	21	16	1.85
113,777	73,307	1,764	66	13	7.0	24	23	18	16	1.86
119,689	41,539	808	39	0	0.0	24	23	17	14	5.93

Table 4 cont'd horizontally to the right

PCVol_6_14micr	PCVol_14micr	Chemistry	Chemical_Idx	Dielectric	DV_Visc_40C	DV_Visc_Pcnt_Chg
6.53	1120.36	0	-1.8	2.35	388.7	-8.7
20.21	25.95	9	-8.8	2.28	395.1	-7.1
11.64	0.65	0	-3.5	2.34	462.2	8.6
29.08	89.34	29	-7.7	2.29	242.6	-43
24.43	4.90	27	-2.9	2.34	260.8	-38.7
13.13	1.70	45	34.7	2.72	149.3	-64.9

TABLAS DE INSPECCION. ANALISIS DE DIAGNOSTICO DE MOTORES

Table 5 Motor current analysis

Date	WorkingAge	Adj_Full_Load	Current_Imbalance	RB_RPM	RB_Load	RB_Amp	RB_LF_NPxSF	RB_SLIP	RB_LF_NPxSF_Ampl
16-Apr-07	39188	33.3	1.50%	1125	101%	11.6	52.52	1.25	-13.04
13-Jul-07	39276	11.7	2.20%	1125	101%	11.6	52.52	1.25	-7.05
24-Oct-07	39379	11.7	1.00%	1152	70%	13	55.18	0.809	18.85
13-Apr-07	39185	32	5.50%	1125	101%	11.7	52.52	1.25	-12.83
13-Jul-07	39276	11.7	2.50%	1125	101%	12	52.52	1.25	-2.32
11-Oct-07	39366	11.7	1.90%	1152	71%	12.4	55.12	0.817	16.71

Table 5 cont'd horizontally to the right

RB_LINE_FREQ_amp	RB_CALC_Delta	RB_ADJ_Delta	RB_Est_Bro_Bars	SKIN_TMP_TSO	SKIN_TMP_TSC	SKIN_TMP_TSI	BRG_TMP_TBO	BRG_TMP_TBI
60	73.04	73.04	0	108.2	124.2	115.8	87.4	117.4
60	67.05	67.05	0.1	99	115	106.4	80.6	110
60	41.15	39.77	1.4	107.4	125	117.4	84.4	121.2
60	72.83	72.83	0	109	125	123	89.6	105.8
60	62.32	62.32	0.1	105.6	121	109.6	90	115.2
60	43.29	41.87	1.1	108	127	115.8	87.8	98.8

Table 5 cont'd horizontally to the right

FLUX_RBARS_FC	LFQ_SPD_SB_FC	FC_LF_NPxSF_Amp	FC_LINE_FREQ_amp	FC_CAL	FC_ADJ_Delta	FC_Est_Bro_Bars	BRAND	SERIAL_NO	RATED_AMPS
1	0	1	1	C	a	s	D	O	S
24.28	0.04	-62.57	3.31	65.88	24.28	6.3	Baldor	X0306	26.1
75.44	0	-66.64	1.63	68.28	75.44	0	Baldor	X0306	26.1
18.84	0.072	-14.19	-1.18	13	18.84	9.5	Baldor	X0306	26.1
40.56	0.085	-70.31	9.51	79.81	40.56	1.3	Baldor	X0306	26.1
61.15	0	-58.32	9.81	68.13	61.15	0.1	Baldor	X0306	26.1
14.32	0.011	-13.76	9.97	23.72	14.32	12.6	Baldor	X0306	26.1

EL PROCESO DE DESARROLLO DEL MODELO DE DECISION OPTIMA DEL CMB

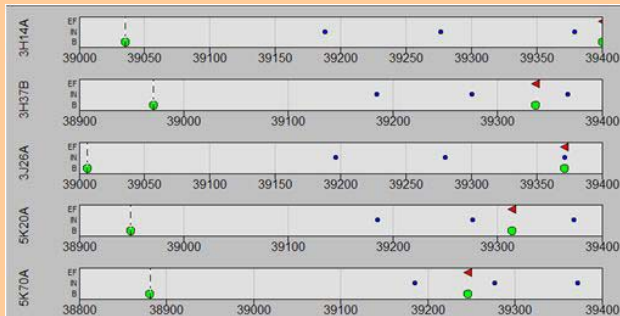
Objetivo: encontrar una relación entre los datos de monitoreo predictivo y las Fallas. Existen algunos eventos de monitoreo contenidos en los ciclos que Terminaron en falla para poder relacionarlos?



La tabla #4 muestra unidades 5K20A y 5K70A con el código de falla 6. Cada **circulo verde** representa el inicio de un ciclo. Los **triángulos rojos** representan final de un ciclo que termino con falla. Los **puntos azules** Representan los tiempos de monitoreo predictivo, La figura indica que de las 4 fallas en ninguna se tuvo un monitoreo predictivo dentro de su ciclo. Por lo tanto no podemos determinar una relación entre los Parámetros de monitoreo y las fallas.

EL PROCESO DE DESARROLLO DEL MODELO DE DECISION OPTIMA DEL CMB

La figura #5 muestra que en las 5 fallas, código 10, de las 5 unidades se tuvo Cuando menos Una inspección predictiva del motor antes de cada falla.



Por lo que podemos relacionar los parámetros de la inspección de los Motores y las fallas.

PARAMETROS SIGNIFICATIVOS

- El modelo de riesgo proporcional de EXAKT determina que los siguientes parámetros predictivos del diagnostico de motores tienen influencia sobre la probabilidad de ocurrencia del codigo de falla 10.
 1. FC_Est_Bro_Bars
 2. RB_Est_Bro_Bars
 3. Skin_Tmp_Tsc

Suponiendo una relación de costo FF:PF de 10:1 EXAKT nos proporciona 2 modelos de decisión económica para la intervención de los motores.

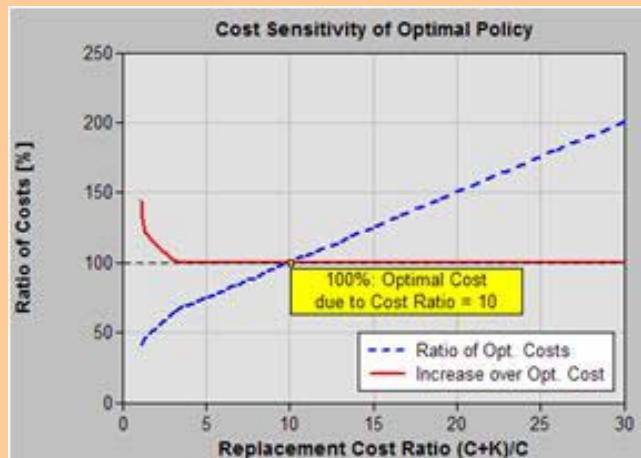
DECISION PARA INTERVENCION DE MOTORES

Condition-Based Replacement Policy - Cost Analysis
 FM10_CMOD_0 (RB_BroBarFC_BroBar) (Inst/Elec. Components;MCC Trouble;MCC Other)

Summary of Cost Analysis						
	Cost [\$/d]	Preventive Repl. Cost [\$/d]	Failure Repl. Cost [\$/d]	Prev. Repl. [%]	Failure Repl. [%]	Expected Time Between Replacements
2. Optimal Policy	0.919504	0.456418 (49.6 %)	0.463086 (50.4 %)	90.8	9.2	198.915
1. Replacement Only At Failure	3.16825	0 (0.0 %)	3.16825 (100.0 %)	0.0	100.0	315.632
Saving	2.24875 (71.0 %)	-0.456418	2.70516	-90.8	90.8	-116.716

- 1er. Opción. Reemplazar cuando falle.
- 2da- opción. Reemplazar de acuerdo a la condición. Aprox. cada 199 días

ANALISIS DE SENSIBILIDAD DE LA PROPORCION DE COSTOS (FF:PF)



INDICADOR UNICO DE CONDICION QUE SUGIERE CUANDO INTERVENIR EL MOTOR



Verde: Aguanta hasta el siguiente periodo de inspección 30 d

Rojo: Falla potencial
El riesgo de que falle
En cualquier momento
Es alto.

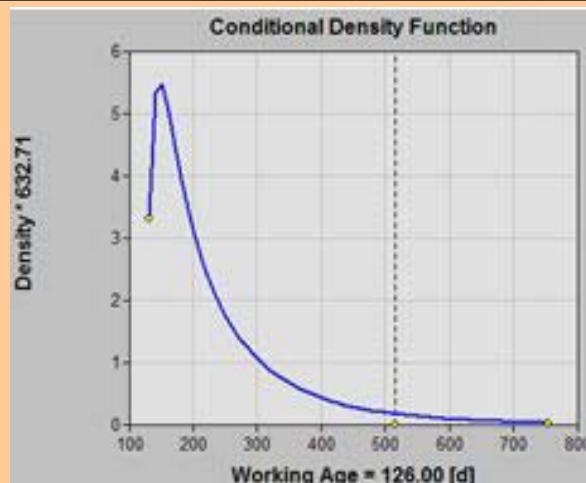
PROBABILIDAD DE FALLA A 30 Y 60 DÍAS



PROBABILIDADES DE FALLA DE DIFERENTES INTERVALOS DE TIEMPO FUTURO

Probability	Interval
50%	[159.44, 269.76]
60%	[153.43, 294.92]
70%	[147.65, 328.22]
80%	[141.74, 376.76]
90%	[135.55, 462.10]
95%	[130.77, 549.13]
99%	[126.95, 752.66]

CURVA PDF CURVA DE DENSIDAD PROBABILISTICA



CONCLUSIONES

1. La información de “que paso” de una OT tiene mucho valor para los análisis RA. Esta información contiene 2 elementos:
 - a. El tipo de evento; FF, PF o S
 - b. El no. de referencia de la base de datos RCM
2. La generación de las tablas de Eventos y de Inspecciones es automática con el software LRCM.
3. El análisis se hace con la información contenida en las tablas de eventos y de inspecciones.
4. La base de datos RCM se actualiza automáticamente al cerrar la OT.
5. Las políticas de mantto. Se actualizan de acuerdo al análisis RA.
6. Los resultados son cuantificados para verificar que se estén generando los beneficios económicos estimados.
7. La Gerencia puede monitorear el desempeño de las políticas mediante KPI's.

PROPUESTA TECNOLÓGICA

- Estos principios describen el principio de funcionamiento del LRCM viviente desarrollado por OMDEC .
- Este sistema ha sido probado y reconocido como la forma más efectiva para mejorar la confiabilidad, disponibilidad, calidad y seguridad al menor costo.
- Software de configuración avanzada automatiza el proceso de generación de tablas de eventos e inspecciones.
- Una “**demo piloto en conferencia del LRCM**” esta disponible para asistir a su organización de mantenimiento a determinar los requerimientos del sistema, los cambios necesarios y los beneficios de la solución OMDEC.

Contactos:

OMDEC
Chris Murfin, Sales Manager
560 Burns Road
Godfrey, Ontario
Cell:613-762-0856
chris@omdec.com
www.omdec.com

Industrial Tijuana
Ing. Guillermo Sigüenza Glez., CRMP
CALLE F #55B, FRACC. RUBIO
BC, Tijuana, Mexico
664-689-2632
consultoria@industrialtijuana.com
www.industrialtijuana.com

Murray Wiseman VP Engineering murray@omdec.com

OMDEC RCM Knowledge

<http://www.omdec.com/wiki/tiki-index.php?page=Register>