



## ■ ANTECEDENTES

Preocupada por lograr un uso eficiente de la energía eléctrica, Andamios Atlas, S.A. de C.V., realizó un diagnóstico energético de segundo nivel en sus instalaciones, mediante el cual se analizaron las diferentes áreas de la planta concentrándose principalmente en la administración de la energía, motores, iluminación y aire comprimido.

Andamios Atlas se encuentra ubicada en Lerma 5, Fracc. Ind. Tlaxcoapan, Tlalnepan-tla, Edo. de México, pertenece a la rama industrial metalmeccánica y se dedica principalmente a la fabricación de andamios.

En la tabla 1 se presentan los datos de consumo, demanda y costo de la energía, la producción así como los índices energéticos para

cada uno de los meses del periodo del análisis de los que se tiene información disponible.

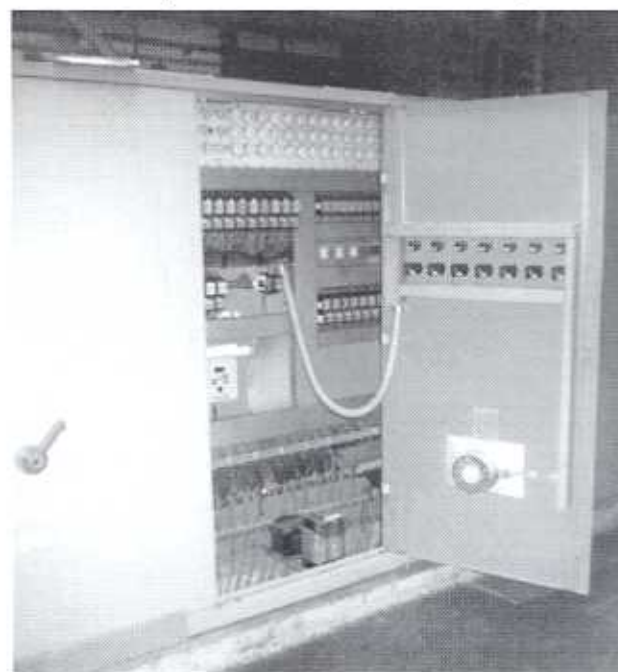


Tabla 1. Índices energéticos.

MES	PRODUCCION (piezas)	DEMANDA FACTURABLE (kW)	CONSUMO (kWh/mes)	FACTURACION (\$/mes)	CONSUMO ESPECIFICO (kWh/pza.)	COSTO ESPECIFICO (\$/pza.)	INDICE DE COSTO (\$/kWh)
Octubre	19,987	933	232,407	152,822	11.63	7.65	0.66
Noviembre	20,554	933	232,407	152,822	11.31	7.44	0.66
Diciembre	22,111	933	232,437	152,822	10.51	6.91	0.66
Enero	9,876	933	232,407	152,822	23.53	15.47	0.66
Febrero	18,693	933	232,407	152,822	12.43	8.18	0.66
Marzo	12,157	933	229,005	179,272	18.84	14.75	0.78
Abril	39,750	933	259,540	210,272	6.53	5.29	0.81
Mayo	19,102	944	446,040	280,520	23.35	14.69	0.63
Junio	61,098	944	267,445	196,903	4.38	3.22	0.74
Julio	22,669	940	242,909	203,200	10.72	6.96	0.84
Promedio	24,600	936	260,700	183,428	13.32	9.26	0.71
Máximo	61,098	944	446,040	280,520	23.53	15.47	0.84
Mínimo	9,876	933	229,005	152,822	4.38	3.22	0.63

La empresa tiene varios horarios, dependiendo del área de trabajo; por ejemplo, las oficinas laboran normalmente 8 horas de lunes a viernes y 5 horas los sábados y en lo que respecta al área de cortado y a la de pintado, se laboran 10 horas diarias.

En la tabla 2 se presentan los parámetros eléctricos para cada uno de los meses del periodo del análisis de los que se tiene información disponible.

Tabla 2. Parámetros de facturación eléctrica.

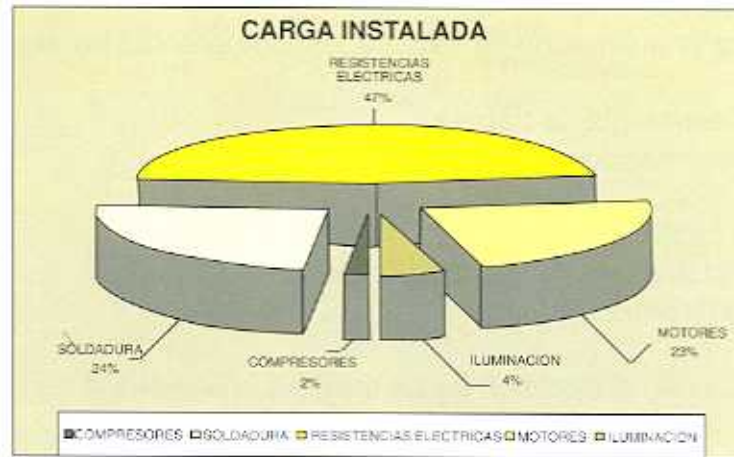
PERIODO	CONSUMO (kWh/mes)				DEMANDA ( kW)					FP (%)	FACTURACION (\$)
	BASE	INTERMEDIA	PUNTA	TOTAL	BASE	INTERMEDIA	PUNTA	MEDIA	FACTURABLE		
Octubre	80,180	122,246	29,981	232,407	933	933	933	321	933	S/D	152,822
Noviembre	80,180	122,246	29,961	232,407	933	933	933	312	933	S/D	152,822
Diciembre	80,180	122,246	29,981	232,407	933	933	933	323	933	S/D	152,822
Enero	80,180	122,246	29,981	232,407	933	933	933	312	933	S/D	152,822
Febrero	80,180	122,246	29,981	232,407	933	933	933	323	933	S/D	152,822
Marzo	79,003	120,452	29,550	229,005	933	933	933	367	933	S/D	179,272
Abril	89,537	136,515	33,488	259,540	933	933	933	360	933	80.00	210,272
Mayo	156,116	267,625	22,299	446,040	933	968	933	774	944	82.11	280,520
Junio	93,606	160,467	13,372	267,445	933	968	933	413	944	88.61	196,903
Julio	75,302	148,174	19,433	242,909	933	957	933	349	940	89.26	203,200
Promedio	89,446	144,446	26,805	260,697	933	942	933	385	936	85.00	183,428
Máximo	156,116	267,625	33,488	446,040	933	968	933	774	944	89.26	280,520
Mínimo	75,302	120,452	13,372	229,005	933	933	933	312	933	80.00	152,822

La empresa tiene un consumo promedio mensual de energía eléctrica de 260,697 kWh, y una demanda facturable promedio de 936 kW; la tarifa contratada actualmente es la denominada HM.

## ■ CARGA INSTALADA.

La figura 1 muestra la representación gráfica de esta distribución.

Figura 1. Distribución de la carga instalada por sistemas analizados

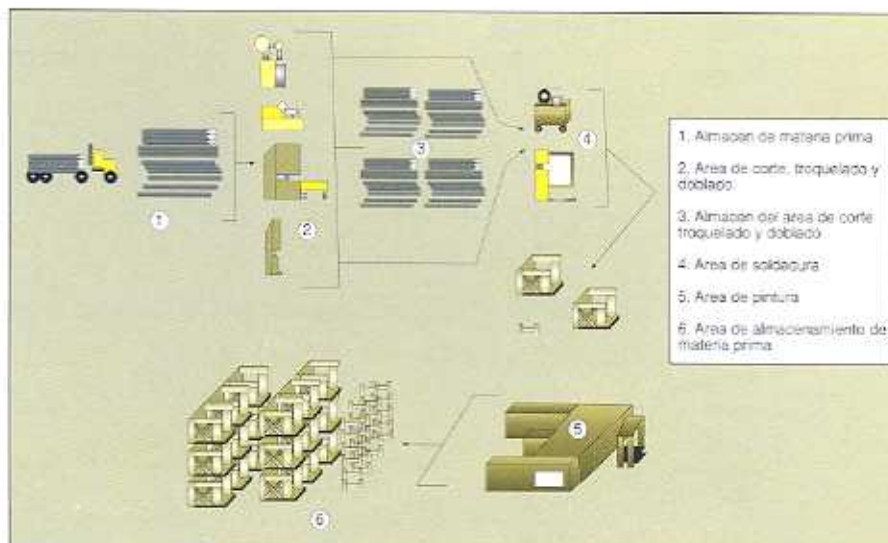


### ■ DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El proceso de fabricación de andamios se divide en las tres etapas que se describen a continuación:

Primeramente se identifica el lote que va a salir, dependiendo de eso, será el material que se mande al área de proceso en donde puede pasar a varias máquinas (corte, troquelado o doblado), cuando se determinan las piezas que van a salir de estas áreas, el segundo paso sería enviar las piezas al área de soldadura si así lo requiriese, después de haber terminado el lote de una sola pieza, estas son mandadas al área de acabado y pintura, este paso sería el último en el área de producción. Luego de la fabricación de las piezas, estas son revisadas por control de calidad en cada máquina de los tres pasos, para enseguida embarcarlas.

### ■ DIAGRAMAS DE FLUJO



## METODOLOGIA DEL DIAGNOSTICO.

La metodología para la realización de este trabajo comprendió las siguientes etapas:

- Elaboración de la estrategia de trabajo.
- Recopilación de información y realización de mediciones.
- Evaluación energética.
- Determinación de potenciales de ahorro de energía.
- Análisis de factibilidad técnica e ingeniería económica.
- Realización de los informes finales.

En la tabla 3, se presenta el resumen de los resultados esperados de implementar las medidas encontradas en el diagnóstico energético.

Tabla 3. Resumen de los ahorros esperados.

CONCEPTO	COSTO
Ahorro económico, \$/año	161,870.73
Ahorro en demanda, kW	27.37
Ahorro en consumo, kWh/año	158,679.42
Inversión \$	427,600.86
Tiempo simple de recuperación, años	2.64

## OPORTUNIDADES DE AHORRO

### Sustitución de motores eléctricos de eficiencia estándar por motores de alta eficiencia.

La propuesta de los sistemas electromotrices se fundamenta en las observaciones y mediciones efectuadas durante el desarrollo del diagnóstico energético.

Se realizó el análisis de los sistemas electromotrices que operan normalmente en planta, llevándose a cabo las mediciones de sus parámetros eléctricos, así como el levantamiento de datos de placa, con el fin de conocer su comportamiento operativo.

En la tabla 4 se muestra la situación anterior de los motores.

Tabla 4. Situación de los motores estándar.

UBICACION	MARCA	HP	POTENCIA ABSORBIDA (kW)	r.p.m.	EFICIENCIA DE OPERACION (%)	F.C. (%)	F.P. (%)	VARIACION DE VOLTAJE (%)	DESBALANCEO DE VOLTAJE (%)
Cizalla, C-01	Baldor	40	29.34	1760	88.4	89	82.7	-0.8	0.51
Prensa dobladora, C-03	Remsa	5	3.25	1660	80.1	71.9	86.7	4.6	0.58
Prensa troqueladora, C-05	Electromecánica	10	5	1800	84.5	58.5	71.7	2.9	0.59
Prensa troqueladora, C-07	Fratelli Scottis	7.5	4.8	1800	74.1	73	76.7	0.6	2.86
Prensa troqueladora, C-08	Asea	5	2.78	1800	78.6	61.4	79.7	6.4	0.43
Prensa troqueladora, C-10	Asea	7.5	3.68	1730	80.9	55.9	42.3	-1.8	0.46
Prensa troqueladora, C-11	Electro Mak	7.5	3.71	1800	81.2	56.4	83.3	-0.3	0.29
Piranha, C-17	Baldor	15	9.22	1700	89.1	75	78.7	0.9	0.43
Máquina landis, C-18	Reliance	10	5.4	1755	83.3	61.9	82.3	-1.3	0.44
Bomba de lavado, K3	Calpeda	15	12.41	1741	84	96.1	79	1.21	0.37
Bomba de desengrasado, K4	Calpeda	15	11.88	1740	84	92	78.7	1.59	0.45
Bomba de lavado, K5	Calpeda	15	10.91	1740	84	84.5	73	2.12	0.3
Extractor, K31	S/D	25	14.73	1755	85	69.1	73.7	1.36	0.45
Extractor, K41	S/D	25	13.96	1760	85	65.5	84.3	1.06	0.37

En la siguiente tabla se presenta la situación propuesta.

**Tabla 5. Situación propuesta.**

UBICACION	HP	POTENCIA ABSORBIDA (kW)	EFICIENCIA DE OPERACION (%)	F.C. (%)	F.P. (%)
Cizalla, C-01	40	27.70	93.70	87.00	86.80
Prensa dobladora, C-03	5	2.90	89.60	69.80	81.90
Prensa troqueladora, C-05	10	4.60	91.70	56.60	79.50
Prensa troqueladora, C-07	7.5	4.30	82.80	63.60	68.80
Prensa troqueladora, C-08	5	2.40	89.20	58.50	77.10
Prensa troqueladora, C-10	7.5	3.30	90.90	53.20	73.80
Prensa troqueladora, C-11	7.5	3.30	91.20	53.90	73.20
Piranha, C-17	15	8.90	92.40	73.40	82.30
Máquina landis, C-18	10	4.90	92.10	60.40	85.40
Bomba de lavado, K3	15	11.30	92.30	93.60	85.20
Bomba de desengrasado, K4	15	10.90	92.20	89.50	84.30
Bomba de lavado, K5	15	10.00	92.40	82.30	83.10
Extractor, K31	25	13.50	93.20	67.50	81.10
Extractor, K41	25	12.80	93.30	63.90	80.50

Los ahorros energéticos y económicos se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla 6. Ahorros para los sistemas electromotrices.**

UBICACION	HP	AHORRO EN DEMANDA (kW)	AHORRO EN CONSUMO (kWh/año)	AHORRO EN FACTURACION (\$/año)
Cizalla, C-01	40	1.66	7,248.96	7,008.85
Prensa dobladora, C-03	5	0.34	1,506.96	1,457.04
Prensa troqueladora, C-05	10	0.40	2,314.20	2,237.55
Prensa troqueladora, C-07	7.5	0.51	2,218.44	2,144.96
Prensa troqueladora, C-08	5	0.33	1,453.44	1,405.30
Prensa troqueladora, C-10	7.5	0.41	1,777.08	1,718.22
Prensa troqueladora, C-11	7.5	0.41	1,790.64	1,731.33
Piranha, C-17	15	0.34	1,481.52	1,432.45
Máquina landis, C-18	10	0.51	2,251.44	2,176.86
Bomba de lavado, K3	15	1.06	3,866.40	3,738.33
Bomba de desengrasado, K4	15	1.02	3,730.68	3,607.11
Bomba de lavado, K5	15	0.95	3,474.84	3,359.74
Extractor, K31	25	1.22	4,486.08	4,337.48
Extractor, K41	25	1.20	4,385.76	4,240.49
<b>TOTAL</b>		<b>10.36</b>	<b>41,986.44</b>	<b>40,595.70</b>

A continuación se resumen los ahorros totales y el tiempo de amortización simple.

**Tabla 7. Tiempo de amortización, para los sistemas electromotrices**

CONCEPTO	TOTAL
Ahorro económico ( \$/año )	40,595.70
Inversión (\$)	109,745.68
Tiempo de recuperación simple (años)	2.70

**Sustitución de los sistemas de iluminación convencionales por equipos de alta eficiencia.** Los arreglos encontrados en las diferentes áreas de Andamios Atlas, son: fluorescente de 2 x 75 W, 1 x 75 W, 4 x 39 W, 2 x 39 W, 1 x 39 W y 2 x 20 W, en luminarios tipo industrial empotrados, así como lámparas incandescentes de 75 y 60 Watts.

Dado lo anterior, se realizaron las siguientes sustituciones:

Se utilizaron lámparas fluorescentes de 59 W, T8 con balástricos electrónicos de 1 X 59 W y 2 X 59 W (uno por gabinete).

Se utilizaron lámparas fluorescentes de 32 W, T8 con balástrico electrónico de 2 x 32 W y 1 x 32 W (uno por gabinete).

También se colocaron lámparas fluorescentes compactas de 23 W, que reemplazaron a las lámparas incandescentes de 75 y 60 W; Por último se utilizaron lámparas tipo downlight de 1 x 13 W.

En la siguiente tabla se presenta la situación que guardaba el sistema de iluminación.

**Tabla 8. Situación original del sistema de iluminación.**

TIPO DE ARREGLO	CANTIDAD	POTENCIA POR LUMINARIO (W)	DEMANDA (kW)	CONSUMO (kWh/año)
FL. 2X39 W	176	94	16.61	95,228.13
FL. 2X75 W	38	180	6.84	66,853.84
FL. 1X39 W	1	47	0.05	184.52
FL. 4X39 W	8	187	1.50	7,873.29
FL. 1X75 W	1	90	0.09	353.34
FL. 2X20 W	1	48	0.05	188.45
INC. 75 W	13	75	0.98	4,827.85
INC. 60 W	6	60	0.36	1,882.36
<b>TOTAL</b>	<b>244</b>		<b>26.47</b>	<b>177,391.78</b>

A continuación, en la tabla 9 se presenta la situación propuesta.

**Tabla 9. Situación propuesta en iluminación.**

TIPO DE ARREGLO	CANTIDAD	POTENCIA POR LUMINARIO (kW)	DEMANDA (kW)	CONSUMO (kWh/año)
FL. 2X59 W	38	110	4.18	68,228.13
FL. 1X59 W	1	55	0.06	32,853.84
FL. 2X32 W	178	56	9.97	184.52
FL. 1X32 W	1	28	0.03	7,873.29
FL. 4X32 W	12	105	1.26	353.74
F/c comp 23 W	3	23	0.07	188.45
DOWLIGHT 1X13	16	13	0.21	4,273.96
				1,413.36
<b>TOTAL</b>	<b>249</b>		<b>15.77</b>	<b>115,369.29</b>

Los ahorros obtenidos en el sistema de iluminación se presentan en la tabla 10.

Tabla 10. Ahorros en iluminación.

TIPO DE SISTEMA	AHORRO EN DEMANDA kW	AHORRO EN CONSUMO kWh/año	AHORRO EN FACTURACION \$/año
FL. 2 X 59 W	2.60	15,484.66	17,594.46
FL. 1 X 59 W	0.04	203.75	231.51
FL. 2 X 32 W	6.63	38,690.69	43,962.33
FL. 1 X 32 W	0.04	110.67	125.67
FL. 4 X 32 W	0.24	1,373.83	1,561.01
FL. COM. 23 W	0.18	908.12	1,031.86
DOWLIGHT 1 X 13 W	0.97	5,250.85	5,966.23
<b>TOTAL</b>	<b>10.70</b>	<b>62,022.57</b>	<b>70,473.07</b>

En la siguiente tabla se presenta el tiempo de amortización global.

Tabla 11. Tiempo de amortización.

CONCEPTO	TOTAL
Ahorro económico (\$/año)	70,473.07
Inversión (\$)	183,229.97
Tiempo de recuperación simple (años)	2.60

### Optimización del sistema de aire comprimido.-

La planta cuenta con 2 redes de aire comprimido independientes, la red que abastece el área de soldadura, doblado y corte; y la red que abastece el área de pintura. En la primera se cuenta con 2 compresores de tipo recíprocante de 2 etapas, el compresor 1 cuenta con un motor de 10 HP a 1,735 rpm, el compresor dos cuenta con un motor de 7.5 HP a 1740 rpm. La presión de operación oscila entre 4.4 kg/cm<sup>2</sup> y 6.6 kg/cm<sup>2</sup>. De estos 2 compresores, y aunque ambos se encuentran energizados, solo el compresor 1 opera para suministrar aire a la red, el otro permanece en stand by. En el área de pintura se tienen 2 compresores de doble etapa cada 1, conectados a un solo motor de 20 HP a 1,755 rpm, la presión de operación oscila entre 5.5 y 7.5 kg/cm<sup>2</sup>.

El área de soldadura y corte cuenta con pocos usuarios y el uso del aire en ella no es muy intenso, la mayor demanda de ai-

re se presenta cuando se lleva a cabo la limpieza de algún equipo o área de trabajo. En el caso del área de pintura, la utilización del aire es continua mientras exista material para pintar, lo que depende del programa de producción, por lo que existen tiempos en los que el consumo de aire es casi nulo.

Dado lo anterior, se propuso reemplazar los compresores existentes por uno de tipo de tornillo de 30 HP de mayor eficiencia que los anteriores.

El flujo que entregan los compresores ya descritos es de 110 CFM, el compresor propuesto tiene una capacidad de 132 CFM a 7 kg/cm<sup>2</sup>, la potencia actual y la potencia demandada esperada por el nuevo compresor, así como el consumo de energía, se presenta en la tabla 12.

Tabla 12. Características actuales.

CONCEPTO	DEMANDA	CONSUMO		
		BASE	INTERMEDIA	PUNTA
Sistema de aire comprimido	25.26	60,348.33	137,065.72	23,871.56

Se reemplazaron los 3 compresores recíprocentes, por un compresor de tipo tornillo, en la tabla 13 se muestra las características del sistema propuesto.

Tabla 13. Características del compresor.

COMPRESOR PROPUESTO	TIPO TORNILLO
Potencia ( HP )	30
Potencia ( kW )	19.02
Eficiencia de operación ( % )	95.5
Factor de carga obtenido ( % )	85.0
PCM (Capacidad)	132
Presión de operación ( kg/cm )	7
Presión de operación ( psig )	100

En la tabla 14 se presenta un resumen del consumo actual de energía y el esperado, así como los ahorros de energía al sustituir el compresor actual por el compresor propuesto.

## ■ CONCLUSIONES.

Con la aplicación de las medidas descritas anteriormente se obtuvieron los siguientes beneficios: disminución en la demanda de

Tabla 14. Ahorros energéticos por la optimización del sistema neumático.

	SITUACION ACTUAL	SITUACION PROPUESTA	AHORRO EN ENERGIA	AHORRO ECONOMICO
Potencia (kW)	25.2	19.0	6.24	\$7,009.2
Consumo de energía en base (kW/año)	60,348.3	45,438.7	14,909.5	\$22,905.6
Consumo de energía en punta (kW/año)	23,871.5	17,973.9	5,867.6	\$12,466.3
<b>AHORRO TOTAL</b>			<b>54,670.4</b>	<b>\$50,801.9</b>

En la tabla 15 se presenta los ahorros totales y el tiempo de amortización simple.

Tabla 15. Tiempo de amortización para el sistema de aire comprimido.

Ahorro económico (\$/año)	\$50,802
Inversión	\$134,625
Tiempo de recuperación	2.65

Con lo que la situación queda como a continuación se muestra:

CONCEPTO	DEMANDA	CONSUMO		
		BASE	INTERMEDIA	PUNTA
Sistema de aire comprimido	19.02	45,438.78	103,202.52	17,973.90

27.37 kW, en el consumo de 158,679.42 kWh/año, lo que tuvo un impacto de \$161,870.73 en su facturación eléctrica.

Para la realización de estas medidas fue necesaria una inversión de \$427,600.86 y dado el beneficio económico obtenido, se tiene un tiempo de recuperación de 2.64 años, lo que verifica la rentabilidad de los proyectos de ahorro de energía eléctrica.

En la siguiente tabla se presenta el resumen de las 3 medidas aplicadas en Andamios Atlas.

FIDEICOMISO PARA EL AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA  
Mariano Escobedo No. 420, 1er piso, Col. Anzures, México, D.F.  
C.P. 11590 Tel.: 5545 2757 Consulte nuestra página web:  
<http://www.fide.org.mx>

Resumen de ahorros energéticos y económicos.

MEDIDA DE AHORRO	AHORROS			INVERSION (\$)	TIEMPO DE RECUPERACION (años)
	DEMANDA (kW)	CONSUMO (kWh/año)	FACTURACION (\$/año)		
Sustitución de motores eléctricos de eficiencia estándar por motores de alta eficiencia	10.36	41,986.44	40,595.70	109,745.68	2.70
Sustitución de los sistemas de iluminación convencionales por equipos de alta eficiencia	10.77	62,022.57	70,473.07	183,229.97	2.60
Sustitución de 3 compresores de aire por un compresor de tipo tornillo	6.24	54,670.41	50,801.96	134,625.21	2.65
<b>TOTAL</b>	<b>27.37</b>	<b>158,679.42</b>	<b>161,870.73</b>	<b>427,600.86</b>	<b>2.64</b>