



Informe de Producción

01	OBJETO	3
02	MODELOS DE IMPLEMENTACIÓN	3
	2.1 Control de Energía + Producción	4
	2.1.1 Conclusiones	8
	2.2 Control Productivo Integral	9
	2.2.1 Producción Real vs Producción Estimada	10
	2.2.2 Comparativa de Máquinas	11
	2.2.3 Eficiencia de la Máquina	15
	2.2.4 Piezas Defectuosas	18
	2.3 Líneas Base y Caracterización de Variables	20

1 OBJETO

El objetivo de este informe es relacionar la incidencia de las variables productivas especialmente con el consumo de las principales fuentes de energía.

El cruce de variables puede reflejar patrones de comportamiento rutinarios que pueden ser optimizables. Por ello, es importante realizar conexiones entre variables que identifiquen el perfil de funcionamiento de la operativa de la máquina.

Para el correcto pilotaje de la planta se deberá disponer de una amplia recepción de datos recogidos tanto por analizadores como por softwares integrados en las propias máquinas.

2 MODELOS DE IMPLEMENTACIÓN

Dependiendo del tipo de control que se requiera dentro de la empresa, se dispondrán los datos de una manera particular. A continuación, se enumerarán correlaciones transversales, las cuales a través de la experiencia de Inycom Energy se han ido desarrollando en diferentes entornos operacionales:

1. Control Energía – Producción
2. Control Productivo integral
3. Líneas base

El objetivo de este tipo de control es optimizar energéticamente el proceso productivo, así como maximizar la productividad en base a los registros operacionales. El éxito en este tipo de control trae consigo grandes ventajas, en término de costes y eficiencia del proceso, pudiendo ser más competitivos dentro del mercado.

2.1 Control de energía - Producción

En este apartado, se evaluará la energía consumida por la máquina y la producción que realiza. La energía consumida por la máquina es uno de los principales recursos a optimizar, puesto que el consumo operacional de la máquina no solo deriva en un coste energético, sino que además incurre en un desgaste mecánico que puede traducirse en un acortamiento de la vida útil de sus elementos.

La correcta captación de datos en este apartado es vital para poder realizar un buen análisis de la situación de cada máquina, por ello, en este tipo de implementación la recopilación de datos no deberá exceder la hora de funcionamiento. Si se decide implementar un sistema más preciso, con una recogida de datos entre 5-10-15 minutas, traerá consigo un mejor pilotaje del funcionamiento de la máquina, pudiendo detectar precisamente todos sus periodos ineficientes. Existirán ciertos procesos productivos, los cuales no puedan ser optimizables debido a la robustez de su sistema productivo. Por ello, desde Inycom Energy, se intentará trabajar la robustez del sistema operativo, localizando las posibles fallas que tengan dichos procesos

A continuación, se reflejará un ejemplo de seguimiento realizado por Inycom Energy y las conclusiones obtenidas de dicho seguimiento.

Ejemplo

Cuando el cliente ha tomado las decisiones necesarias para la evaluación del proceso productivo, se fijarán los indicadores productivos y comenzaría el periodo de optimización.

Filtros 0.126 Objetivo: 0.13 (+3.99%)	Mixta 0.002 Objetivo: 0.14 (+98.52%)	MPX20 0.325 Objetivo: 0.71 (+54.42%)	PBVB1 0.480 Objetivo: 0.37 (-29.36%)
PBVB2 0.419 Objetivo: 0.33 (-28.59%)	SMD 01 1.100 Objetivo: 1.15 (+4.28%)	SMD 02 0.311 Objetivo: 0.39 (+19.76%)	SMD 03 1.040 Objetivo: 1.28 (+18.77%)
SMD 04 0.321 Objetivo: 0.38 (+15.42%)	SMD 05 0.454 Objetivo: 0.54 (+16.03%)	SP100 0.00 Objetivo: 0.54 (+100%)	PBVB 3 0.42 Objetivo: 0.00

Esta tabla, refleja los indicadores productivos de las máquinas estudiadas (kWh/Ud), mostrando el índice alcanzado durante este 2019 así como el objetivo fijado por la empresa. De esta manera se muestra en color verde el proceso que a alcanzado su objetivo, y en rojo el proceso que se ha desviado de su objetivo y no ha cumplido con la predicción asignada.

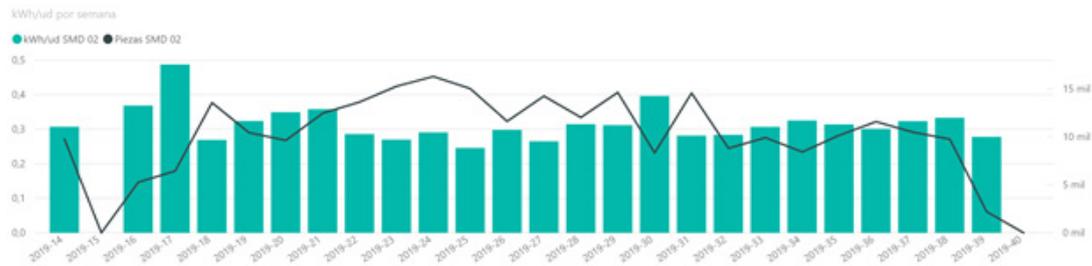
A continuación de detallará el análisis de funcionamiento de dos máquinas del cuadro. Una cuyo funcionamiento ha tenido una desviación **(ROJO)** y otra cuyo funcionamiento ha cumplido con las expectativas productivas **(VERDE)**. Para esta analítica se ha dispuesto una captura de datos quinceminutal.

PBVB1

Esta máquina dispone de un proceso productivo particular. Al ser una máquina soldadora necesita un precalentamiento previo para poder trabajar a la temperatura óptima. Desconectar continuamente la máquina supondría grandes periodos de reacondicionamiento de la temperatura. No obstante, Tras realizar diferentes ensayos, se concluyó que para periodos improductivos de más de 3 horas convenía parar la máquina en vez de dejarla en stand-by. De esta manera, se obtendría un ahorro energético y operacional de la máquina. El KPI de seguimiento fijado será (kWh/Ud fabricadas).

Desde Inycom Energy, se han evaluado los datos recogidos por la máquina durante el periodo de enero a septiembre. Se ha fijado un KPI ideal, el cual reflejaría el objetivo o funcionamiento ideal de la máquina, así como las desviaciones que sufre mes a mes con respecto a dicho KPI ideal.

Como se puede apreciar, todos los meses están fuera del rango fijado por la empresa (KPI 0,37). Por ello, se analizará con más profundidad lo sucedido durante los meses que han tenido una desviación mayor



PBVB1							
	Producción (Ud)	Energía (prod)	KPI (ideal)	Stand-by (kWh)	Energía perdida (%)	Energía total	KPI General
Enero	41.482	13.327	0,3213	5.762	30,19%	19.089	0,460
Febrero	37.414	12.128	0,3242	7.003	36,61%	19.132	0,511
Marzo	39.549	13.089	0,3309	7.837	37,45%	20.926	0,529
Abril	28.326	9.810	0,3463	4.911	33,36%	14.721	0,520
Mayo	39.230	13.554	0,3455	7.236	34,81%	20.790	0,530
Junio	44.337	13.408	0,3024	6.061	31,13%	19.470	0,439
Julio	41.982	12.418	0,2958	7.090	36,34%	19.509	0,465
Agosto	36.289	10.790	0,2973	7.798	41,95%	18.589	0,512
Septiembre	46.225	12.515	0,2707	6.080	32,70%	18.595	0,402

Producción: Producción mensual (uds) realizadas por la máquina estudiada

Energía (prod.): Energía consumida (kWh) por la máquina únicamente durante su periodo productivo.

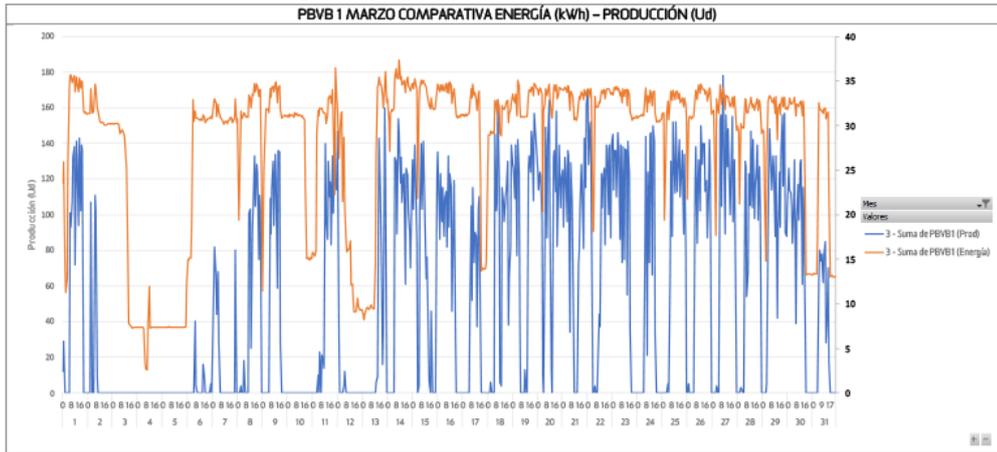
Stand-by: Energía (kWh) no productiva consumida por la máquina.

Energía total: Suma de las dos anteriores.

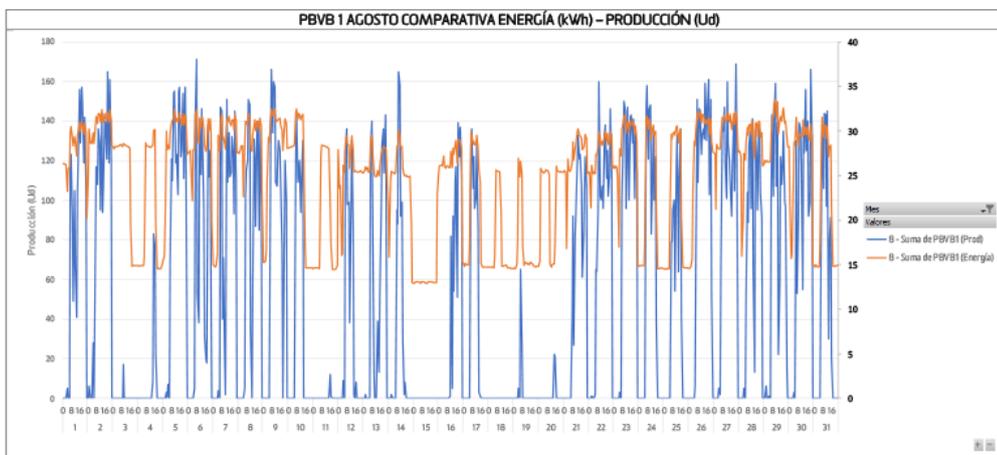
KPI (ideal): Indicador ideal de la máquina, cociente entre la energía (prod) y la producción mensual.

KPI General: Indicador de la máquina, cociente entre la energía total y la producción mensual.

Energía perdida: Porcentaje representativo (%) de la energía en stand-by sobre la energía consumida total.



PBVB1							
	Producción (Ud)	Energía (prod)	KPI (ideal)	Stand-by (kWh)	Energía perdida (%)	Energía total	KPI General
Marzo	39.549	13.089	0,3309	7.837	37,45%	20.926	0,529



PBVB1							
	Producción (Ud)	Energía (prod)	KPI (ideal)	Stand-by (kWh)	Energía perdida (%)	Energía total	KPI General
Agosto	36.289	10.790	0,2973	7.798	41,95%	18.589	0,512

Como puede apreciarse, ambos meses muestran periodos donde la máquina consume energía, pero no está funcionando. A veces esos periodos se agrupan durante varios días consecutivos, en el caso del mes de marzo, desde el día 2 hasta el día 6 no se produce, pero sin embargo la máquina refleja un consumo continuado. El mes de agosto, también refleja periodos en los cuales hay un pequeño pico productivo que deriva en un funcionamiento continuo de la máquina el resto del día/periodo sin que vuelva a existir producción.

Para conseguir el objetivo fijado por la empresa, el registro de los indicadores debería encontrarse en estos nuevos parámetros:

PBVB1							
	Producción (Ud)	Energía (prod)	KPI (ideal)	Energía total	Stand-by (kWh)	Desviación (%)	KPI General
Marzo	39.549	13.089	0,3309	14.633	1.545	10,6%	0,37
Abril	28.326	9.810	0,3463	10.481	671	6,4%	0,37
Mayo	39.230	13.554	0,3455	14.515	961	6,6%	0,37
Junio	44.337	13.408	0,3024	16.405	2.997	18,3%	0,37
Julio	41.982	12.418	0,2958	15.533	3.115	20,1%	0,37
Agosto	36.289	10.790	0,2973	13.427	2.636	19,6%	0,37
Septiembre	46.225	12.515	0,2707	17.103	4.588	26,8%	0,37

SMD 02

Análogamente que en caso anterior. Al ser una máquina soldadora necesita un precalentamiento previo para poder trabajar a la temperatura óptima. La operativa de esta máquina es mucho más robusta que el caso anterior, ya sea por la forma de funcionamiento o los tipos de referencia que fabrica. Nuevamente el KPI de seguimiento fijado será (kWh/Ud fabricadas).

De la misma manera que en caso anterior, se procederá a realizar el mismo tipo de análisis para esta máquina.

Como se puede apreciar, todos los meses están dentro del rango fijado por la empresa (KPI 0,39). Además, los valores del KPI general son muy próximos a los valores del KPI ideal, lo que refleja que esta máquina tiene un valor de optimización menos sensible que el anterior. Los registros de producción y consumo suelen casar la mayoría de los periodos. Los periodos de stand-by reflejan un consumo poco influyente.



SMD L2							
	Producción	Energía (prod)	KPI (ideal)	Stand-by (kWh)	Energía perdida (%)	Energía total	KPI General
Enero	58.040	17.421	0,3002	1.768	9,21%	19.189	0,331
Febrero	56.173	15.983	0,2845	961	5,67%	16.944	0,302
Marzo	49.926	13.741	0,2752	1.539	10,07%	15.280	0,306
Abril	23.064	6.331	0,2745	2.439	27,81%	8.770	0,380
Mayo	50.109	14.363	0,2866	1.931	11,85%	16.294	0,325
Junio	61.157	15.359	0,2511	1.727	10,11%	17.086	0,279
Julio	55.364	15.217	0,2749	1.579	9,40%	16.796	0,303
Agosto	47.210	12.731	0,2697	1.726	11,94%	14.457	0,306
Septiembre	44.203	12.357	0,2795	1.583	11,36%	13.940	0,315

Producción: Producción mensual (uds) realizadas por la máquina estudiada

Energía (prod.): Energía consumida (kWh) por la máquina únicamente durante su periodo productivo.

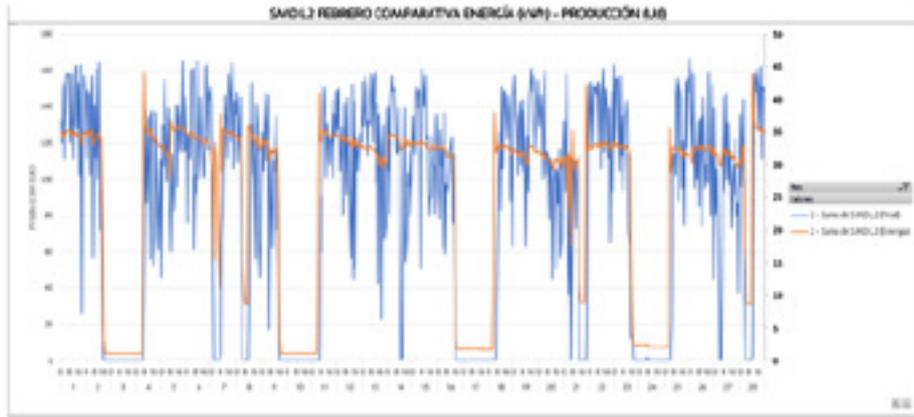
Stand-by: Energía (kWh) no productiva consumida por la máquina.

Energía total: Suma de las dos anteriores.

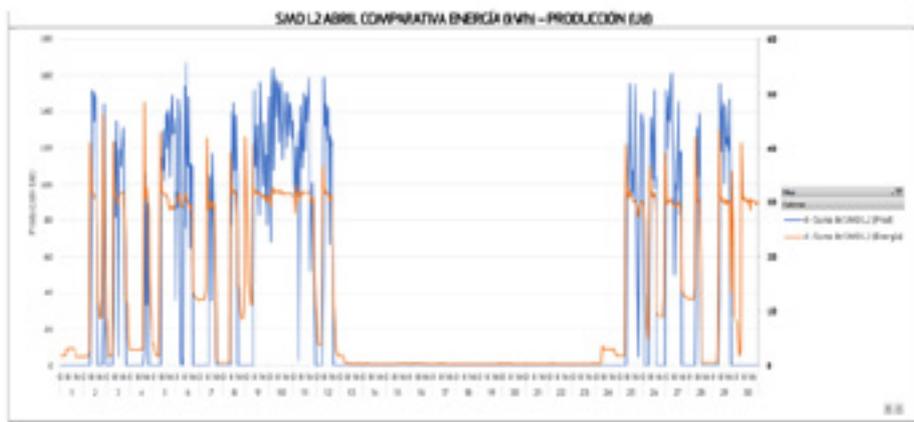
KPI (ideal): Indicador ideal de la máquina, cociente entre la energía (prod) y la producción mensual.

KPI General: Indicador de la máquina, cociente entre la energía total y la producción mensual.

Energía perdida: Porcentaje representativo (%) de la energía en stand-by sobre la energía consumida total.



SMD L2						
	Producción	Energía prod	KPI (objet)	Stand-by (kWh)	Energía perdida (%)	Energía total
Febrero	56.173	15983	0,2845	901	5,67%	16.944



SMD L2						
	Producción	Energía prod	KPI (objet)	Stand-by (kWh)	Energía perdida (%)	Energía total
Abril	22064	6321	0,2746	2420	27,81%	9770

Como puede apreciarse en los meses estudiados, La comparativa entre producción y consumo es muy similar. En el mes de febrero, solamente se tiene un 5,67% de desviación.

En el caso del mes de abril, se cumple el objetivo del KPI < 0,39. No obstante, en comparativa con el mes de febrero, se refleja un mayor consumo en stand-by. Eso es debido a que, durante este periodo, la máquina no trabaja con la misma robustez que para el mes de febrero y representa periodos donde no hay producción, pero si consumo de la máquina. Estos periodos son los que tiene que optimizar en todo momento la empresa.

2.1.1 Conclusiones

Tal y como se ha explicado en el análisis anterior, con un buen control de las variables, se puede obtener una mejora operativa considerable. No solo obteniendo beneficios económicos directos como el ahorro energético, sino que trasladando estos ahorros en el tiempo puede transformarse en una mejora competitiva.

1. Ahorro energético y económico
2. Menor desgaste de la maquinaria y elementos aumentando su vida útil
3. Mejora competitiva del producto

2.2 Control Productivo Integral

El objetivo de este tipo de control sirve para conocer estado funcional de las máquinas. Las variables introducidas en este tipo de control serán de carácter productivo (Unidades fabricadas, unidades previstas, piezas malas, productividad, eficiencia...). También podrán vincularse con variables energéticas para establecer KPIs más específicos de cada operación.

El resultado final de este tipo de control estaría orientado en este tipo de ejes:

- Informes predictivos de producción. Marcando objetivos productivos para la máquina, se podría obtener tendencias de si la máquina esta cumpliendo con los objetivos productivos fijados.
- Establecer si existen rutinas ineficientes dentro de la operativa, comparando máquinas que tengan el mismo desempeño. De esta manera, se podrían localizar y corregir esas rutinas dándoles una explicación en base a los datos recopilados.
- Partidas malas de fabricación

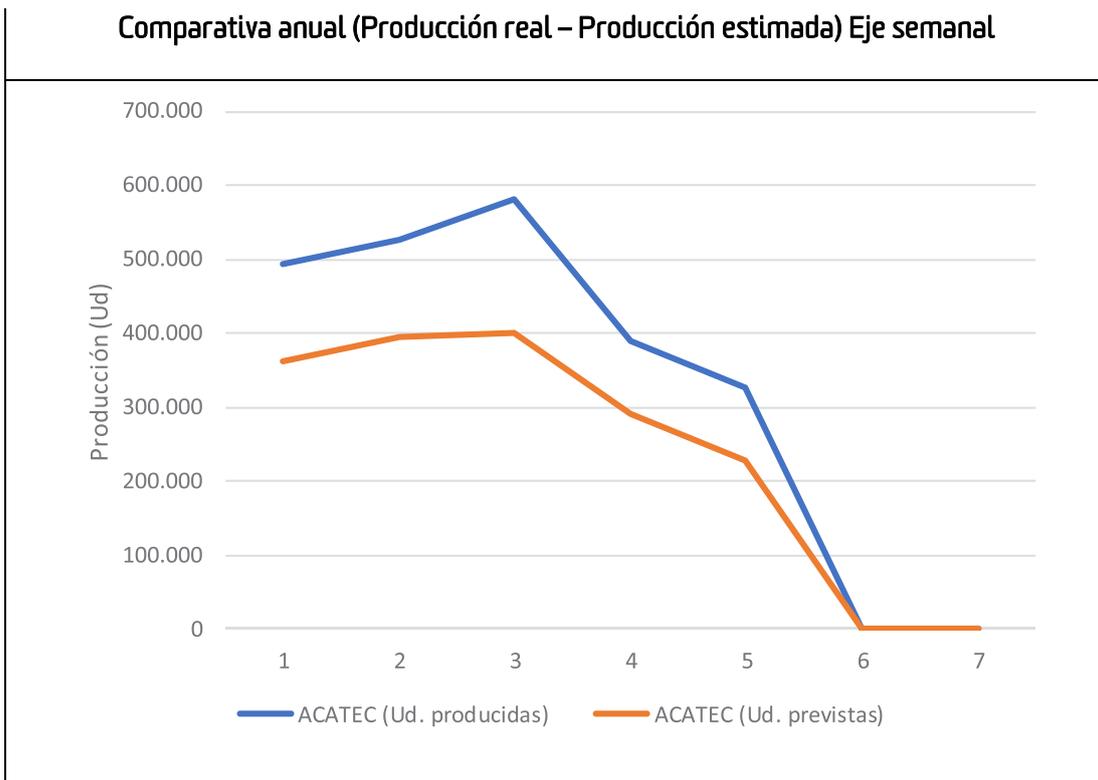
A continuación, se expondrán ejemplos de controles productivos llevados a cabo por Inycom Energy, donde se podrán observar diferentes tendencias productivas, así como alguna rutina ineficiente que debe intentar subsanarse de una manera prioritaria.

Los datos productivos recopilados en este caso son datos diarios, por lo que la precisión en este caso será inferior que para el apartado anterior.

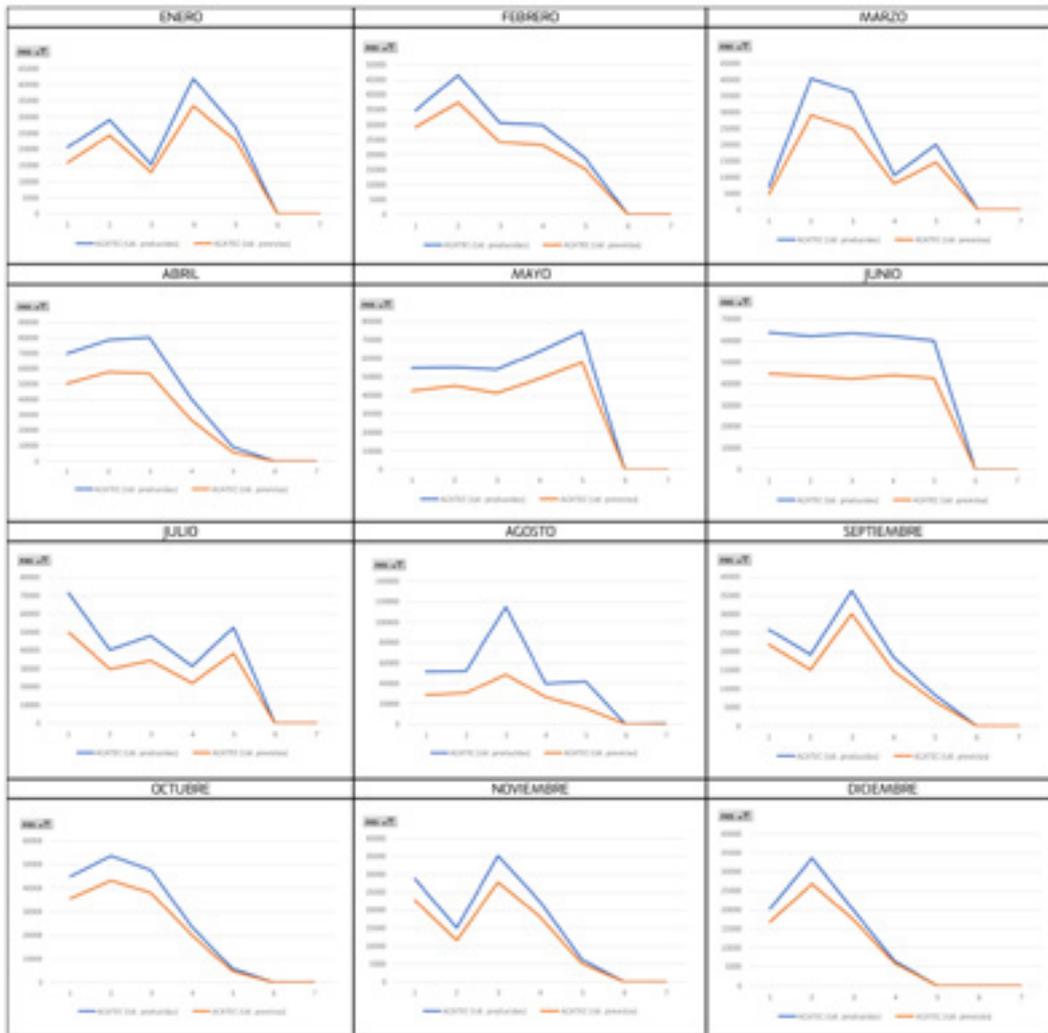
2.2.1 Producción Real vs Producción Estimada

Máquina ACATEC: Es una cabina de pintura cuya función es la de imprimir las piezas fabricadas.

El reporte anual de esta máquina refleja que la producción durante este periodo ha sido mayor que la estimada. Este indicativo puede ser debido a que las expectativas productivas fueron cambiando respecto a las previsiones iniciales. La inoperancia de alguna máquina puede ser preceptora de esta tendencia, teniendo que imprimir dicha referencia en otra cabina como la ACATEC.



Día de la semana	ACATEC (Ud. producidas)	ACATEC (Ud. previstas)	Desviación productiva anual (%)
Lunes	493.715	363.094	26.5%
Martes	526.433	394.794	25.0%
Miércoles	582.153	399.136	31.4%
Jueves	390.730	291.857	25.3%
Viernes	325.110	228.616	29.7%
Sábado	0	0	-
Domingo	0	0	-



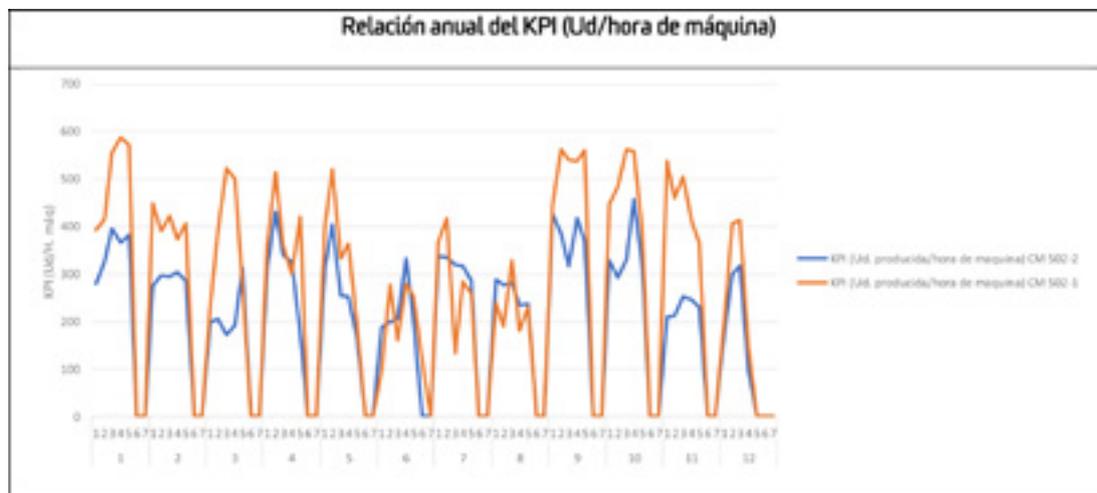
Si se analiza el reporte mensual, se puede apreciar como la tendencia de la producción prevista programada sigue una línea proporcional a la real pero siempre un porcentaje más bajo. Se puede apreciar una anomalía en la tendencia del mes de agosto, donde las previsiones son visiblemente inferiores a la realidad dejando de ser gráficos proporcionales.

2.2.2 Comparativa de Máquinas

En este apartado, se realizarán comparativas entre diferentes máquinas que realizar la misma operativa productiva, con el objetivo de visualizar rutinas optimizables o localizar problemas productivos.

El siguiente gráfico muestra la productividad anual promedio de las máquinas CM 502-1 y CM 502-3. Son máquinas de corte las cuales desempeñan la misma labor dentro del proceso productivo:

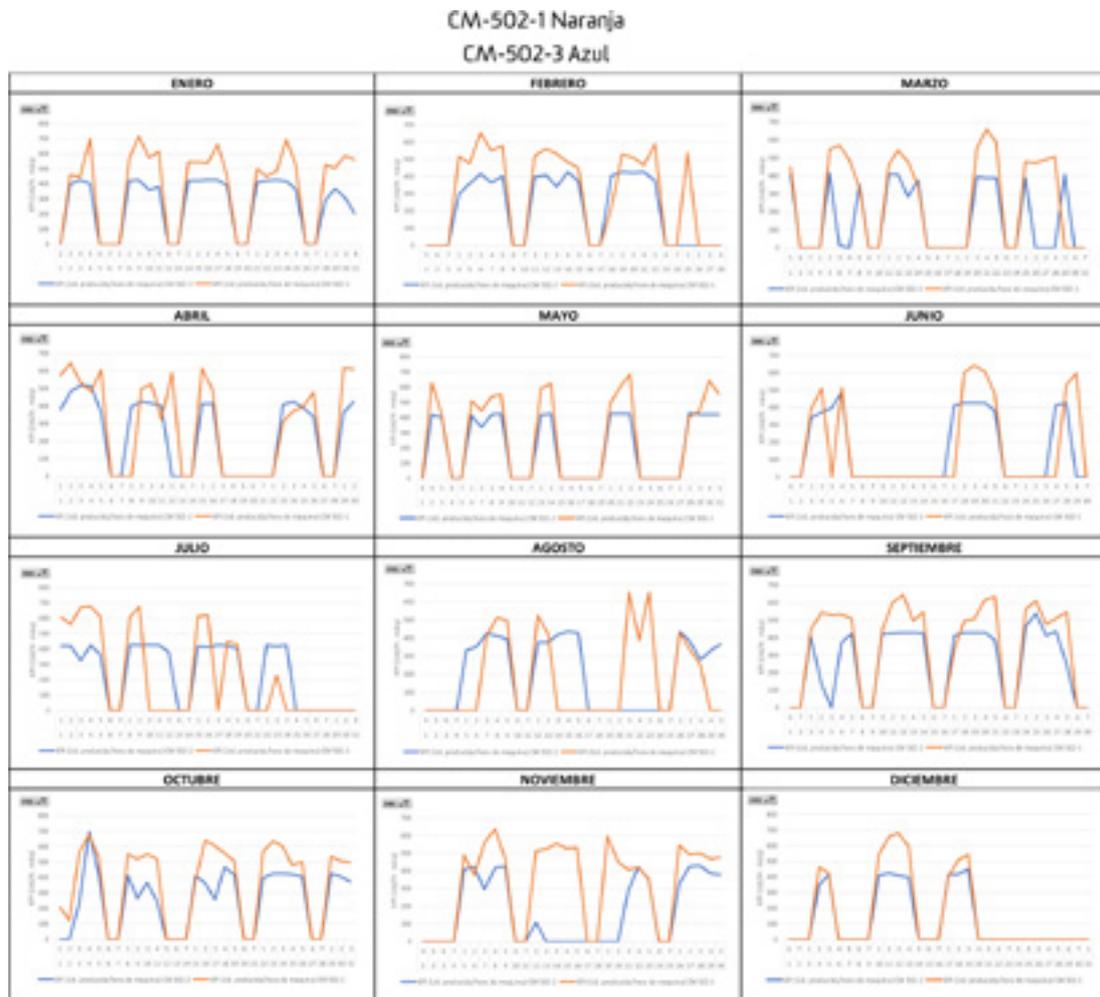
- En este caso se evaluará el indicador Ud. Producidas/Tiempo de máquina. Este indicador establecerá las piezas que es capaz de fabricar la máquina por hora productiva. (existe una componente no evaluada, la cual puede ser significado de desviación, la referencia de fabricación de la pieza puede ser diferente)



Como se puede apreciar en el gráfico, la máquina CM 502-1 trabaja con un indicador más alto, resultado de fabricar más piezas por hora trabajada. Habría que tener en cuenta la referencia de fabricación.

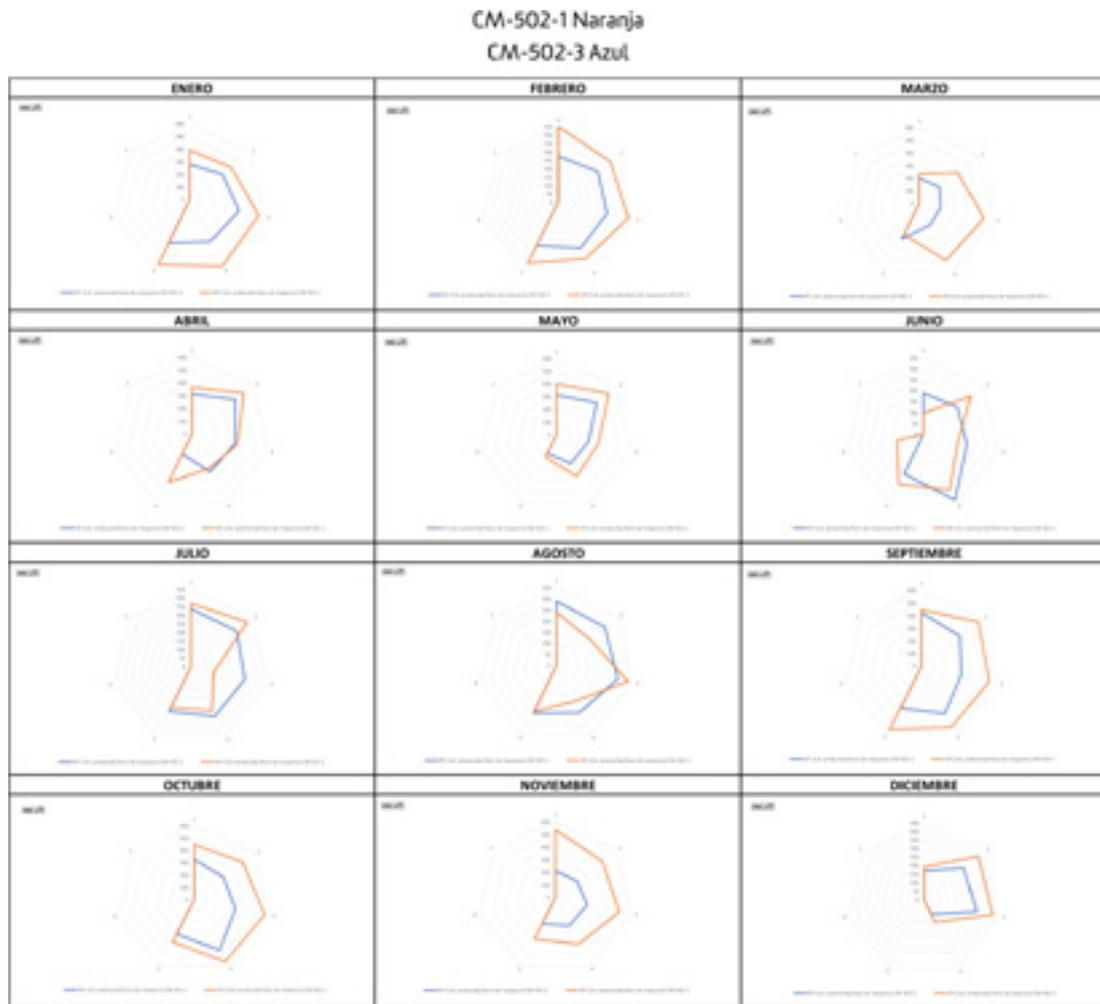
Mes	KPI (Ud. producida/hora de máquina) CM 502-3	KPI (Ud. producida/hora de máquina) CM 502-1	Desviación (%) CM 502-1 vs CM 502-3
Enero	350.7	505.2	30,6%
Febrero	291.9	409,0	28,6%
Marzo	216,6	385,3	43,8%
Abril	317,4	390,9	18,8%
Mayo	278,0	363,0	23,4%
Junio	225,6	214,0	-5,4%
Julio	319,6	292,5	-9,3%
Agosto	264,1	234,1	-12,8%
Septiembre	383,4	529,9	27,6%
Octubre	344,7	488,6	29,5%
Noviembre	230,4	456,6	49,5%
Diciembre	176,3	232,3	24,1%

COMPARATIVA MENSUAL KPI CM 502-1 VS KPI CM 502-3 (representación semanal por mes)



Como puede apreciarse en la comparativa, la mayoría de los meses la producción semanal va acompañada. No obstante, hay meses donde la producción de sendas máquinas se desacopla. El indicador de la máquina CM 502-3 generalmente se muestra superior casi todos los meses.

COMPARATIVA DIA SEMANA KPI CM 502-1 VS KPI CM 502-3 (representación de lunes a domingo)

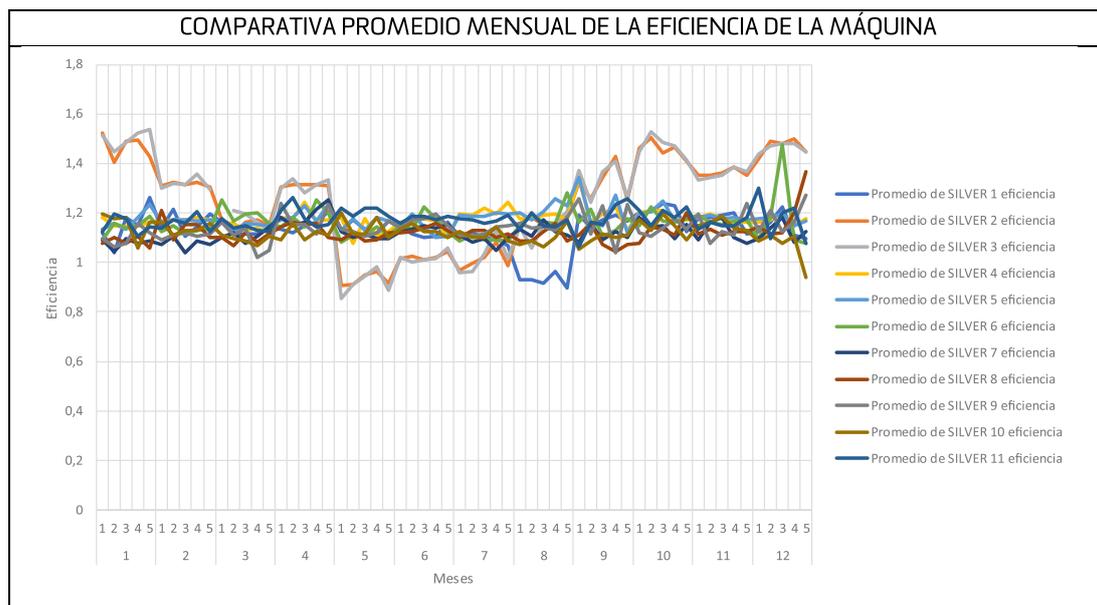


Como puede apreciarse, los fines de semana (sábados-domingos) no se trabaja. Las gráficas muestran la incidencia que tiene cada día de la semana mensualmente, pudiendo ver claramente que día de la semana es más competitivo.

2.2.3 Eficiencia de la Máquina

En este apartado, se evaluará el parámetro de la eficiencia de las máquinas. El objetivo es localizar los periodos con mayor y menor eficiencia, evaluar porque ha sucedido e intentar optimizar esos periodos si se pudiera.

A continuación, se representa la eficiencia de 11 máquinas iguales en el transcurso de un año. Con este gráfico se podrá detectar a grandes rasgos que máquinas están siendo más eficientes. La gráfica representará la eficiencia de lunes a viernes, debido a que los fines de semana no hay operativa.



Como se puede observar en la gráfica, se disponen periodos mas y menos eficientes. A continuación, se expondrán algunos ejemplos, para analizar por que la eficiencia ha disminuido o aumentado.

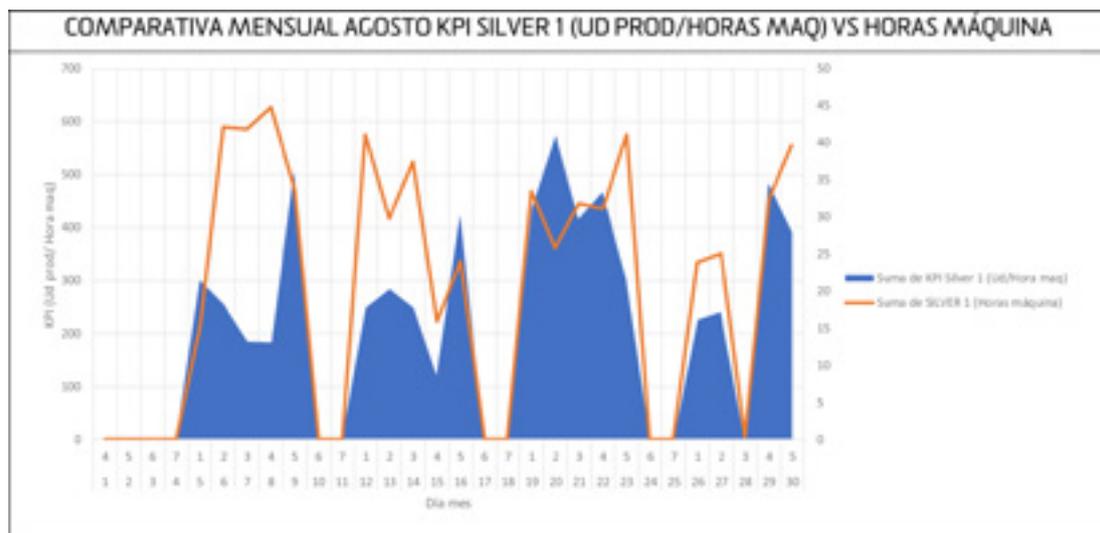
SILVER 1

En el caso de la silver 1, se observa como el mes de agosto disminuye su eficiencia, la cual permanece constante el resto de los meses.

La primera comparativa representa las unidades producidas y las horas de máquina de la Silver 1. Como se puede apreciar el mes de agosto tiene una fuerte desviación en relación con el resto de los meses.



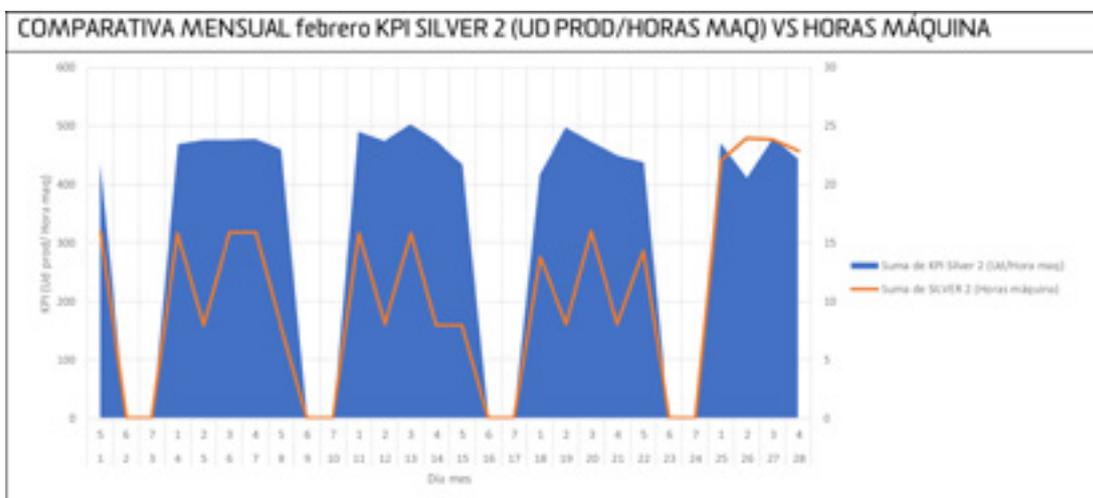
Esta segunda gráfica representa el KPI de la Silver 1 durante los días del mes de agosto. Como se puede apreciar la 1ª y segunda semana, muestran una gran desviación en relación con las horas trabajadas..



En contraste con el resto de los meses, se puede observar que este mes esta siendo mucho menos eficiente que el resto. Esta disposición puede venir a un cambio de referencia de fabricación.

- En el caso de que fuese un cambio de referencia, serviría para poder establecer un nuevo KPI para la nueva referencia y afianzar el anterior KPI a la otra referencia. De esta manera se podría clasificar la eficiencia de la máquina según la referencia.
- En el caso de que fueses la misma referencia, se habría localizado un periodo ineficiente. En este caso, la máquina funcionó durante más horas de las debidas según su producción.

Por otra parte, también pueden localizarse procesos altamente eficientes en contraste con otras silver, como el caso de la silver 2 en el mes de febrero.



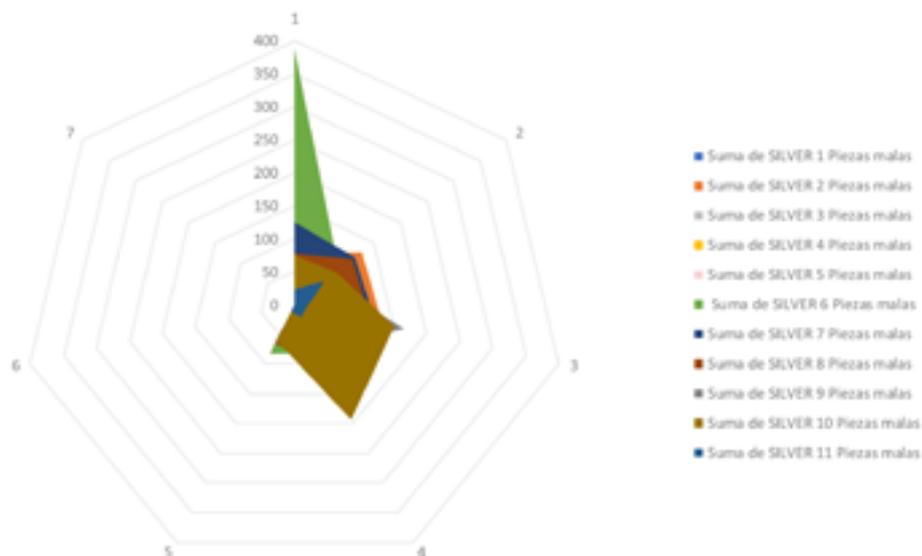
2.2.4 Piezas Defectuosas

El objetivo de este apartado es localizar si existe algún patrón cuando en relación con las piezas defectuosas.

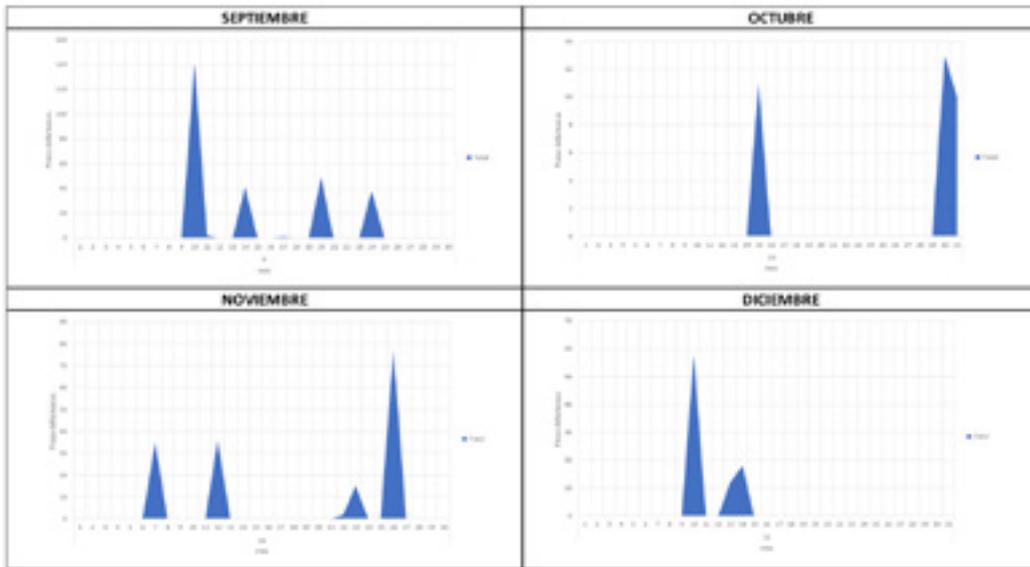
Para ello, nuevamente por el volumen de datos, se volverá a trabajar con las mismas 11 máquinas anteriores.

El recuento anual de piezas malas por máquina quedaría representado por esta tabla. Como se puede apreciar, los lunes son los días que agrupan más piezas defectuosas. Por el otro lado, la silver 6 es la máquina como mayor número de piezas malas. Siendo el lunes nuevamente el día con mayor número de piezas defectuosas.

Máquina	lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	Total	Porcentaje (%)
SILVER 1	58	93	69	120	35	375	9,1%
SILVER 2	77	127	132	50	72	458	11,1%
SILVER 3	4	58	15	18	6	101	2,4%
SILVER 4	38	19	31	31	37	156	3,8%
SILVER 5	93	15	79	29	9	225	5,4%
SILVER 6	389	84	47	81	83	684	16,5%
SILVER 7	125	114	123	110	53	525	12,7%
SILVER 8	77	110	117	114	66	484	11,7%
SILVER 9	75	61	165	74	64	439	10,6%
SILVER 10	74	79	152	194	60	559	13,5%
SILVER 11	23	56	19	21	12	131	3,2%
Total	1.033	816	949	842	497	4.137	



Este gráfico representa las unidades producidas durante el mes y las unidades defectuosas de la silver 6. Como puede apreciarse, a partir del mes de septiembre y hasta el mes de diciembre la producción de piezas defectuosas es mucho mayor que para el resto de los meses.



2.3 Líneas Base y Caracterización de Variables

Una vez recopilados los datos, se podrán cruzar todas sus referencias entre ellos para evaluar si existen concordancias entre sus registros. Con estas concordancias se podrán obtener ecuaciones que determinen el consumo energético de la planta.

Conociendo el comportamiento de la planta se podrán hacer estudios predictivos en base a las variables que determinen de antemano el consumo que puede tener la planta en los meses venideros.

CORRELACIÓN DE VARIABLES

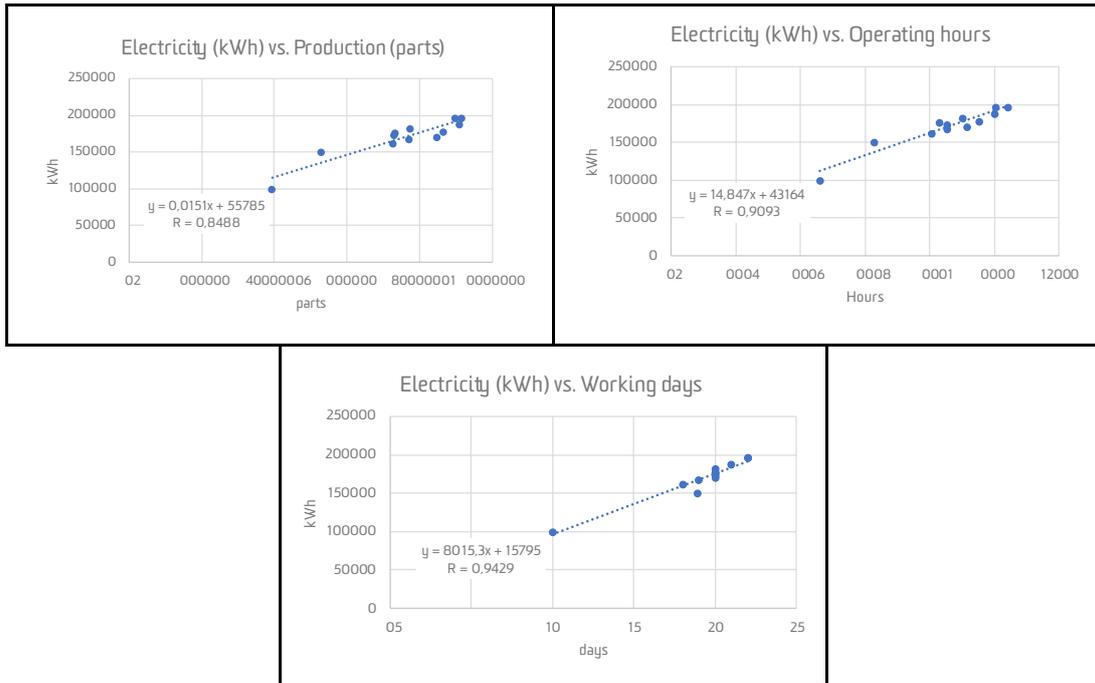
Para conocer la influencia de las variables sobre el consumo tanto de electricidad como de gas, se han cruzado los datos con el objetivo de trazar una curva predictiva en base a dichas variables.

En aras de una mayor trazabilidad, se desestimarán aquellas variables cuya influencia no sea determinante:

Variable	Electricity (kWh)	Natural gas (kWh)
Production (parts)	0,8490	,789
Operating hoursO	,909	0,802
Working days	0,9430	,721
HDD (18)	0,1000	,004
HDD (18,5)	0,0980	,004
HDD (19)	0,0940	,003
HDD (19,5)	0,0910	,002
HDD (20)	0,087	0,002
HDD (21)	0,0820	,001
CDD (19)	0,0030	,023
CDD (19,5)	0,0030	,024
CDD (20)	0,0020	,024
CDD (21)	0,0010	,026
CDD (21,5)	0,0010	,026
CDD (22)	0,0010	,027

Electricidad

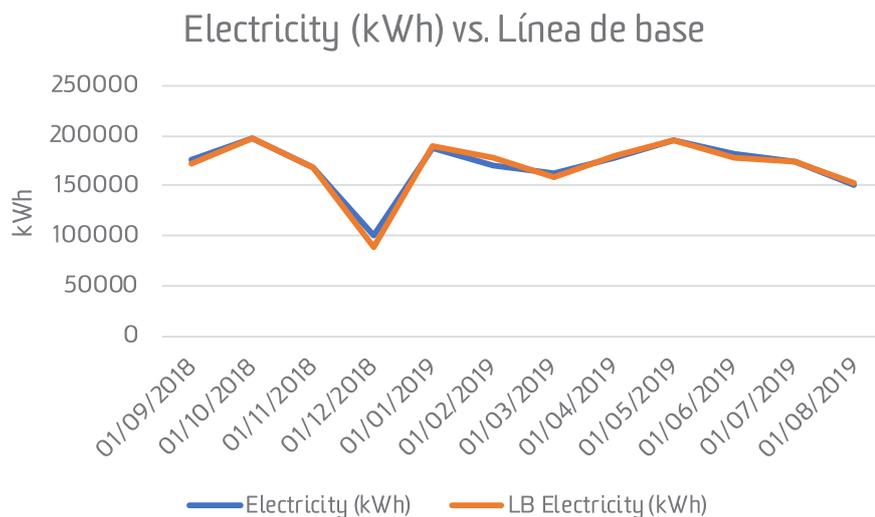
Como se puede ver en la tabla, los valores que mejor se correlacionan con el consumo de electricidad son la producción, las horas operativas y los días trabajados.



Linea base electricidad

Una vez correlacionadas las variables, se cruzan los datos para obtener una ecuación que predice con mayor o menos efectividad el tipo de consumo/variable que se desee estudiar. En este caso, se ha desarrollado en torno al consumo eléctrico (kWh).

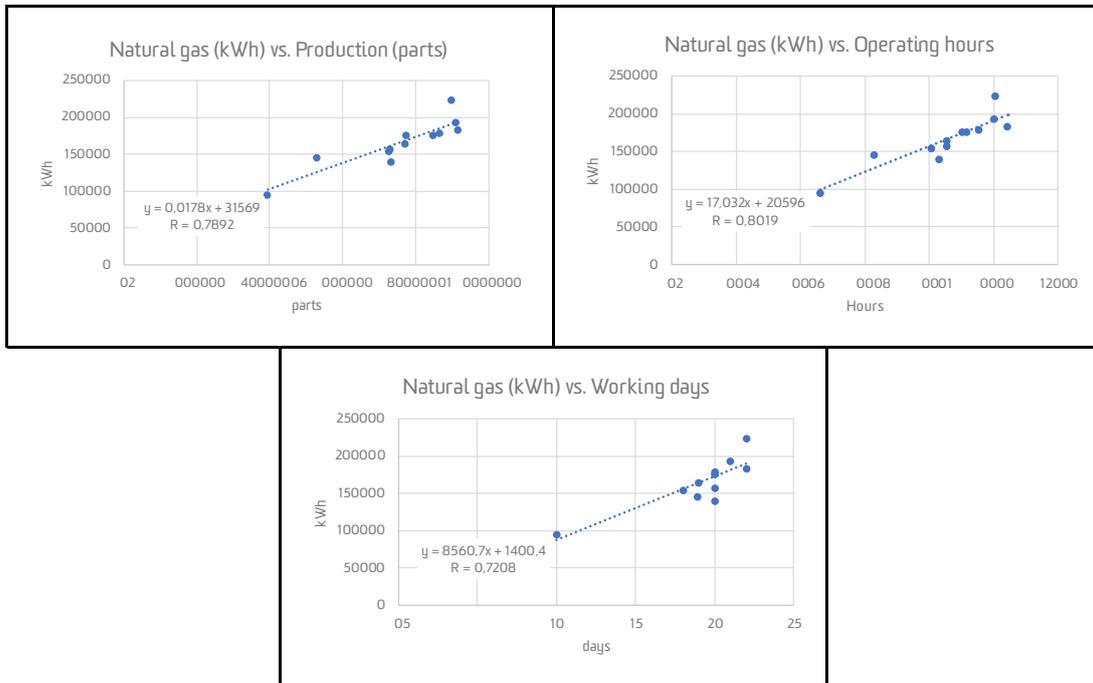
Fórmula $\text{Electricity (kWh)} = + 6,24917 \times \text{Operating hours} + 6037,5 \times \text{Working days}$



Esta ecuación tiene R^2 de 0,981 sobre el consumo de electricidad. Como puede apreciarse, la línea base se acopla perfectamente al consumo de electricidad mensual.

Gas Natural

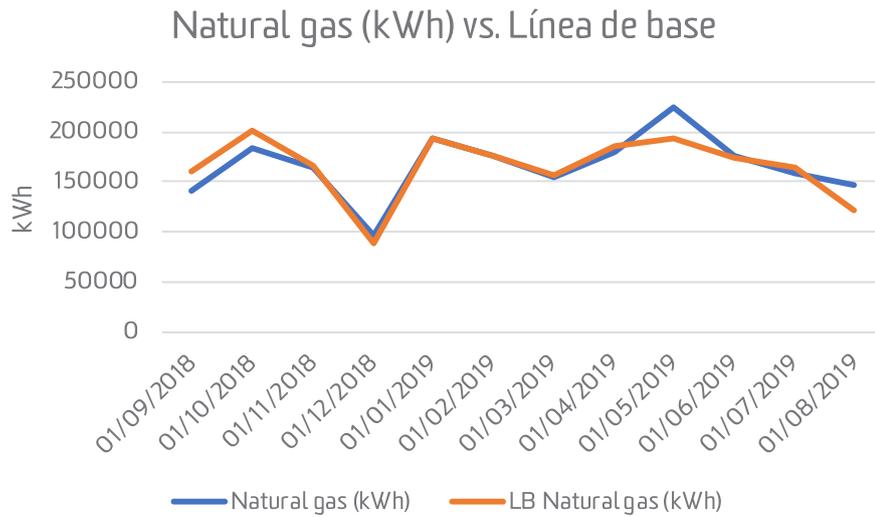
Como se puede ver en la tabla, los valores que mejor se correlacionan con el consumo de electricidad son la producción, las horas operativas y los días trabajados.



Línea base Gas natural

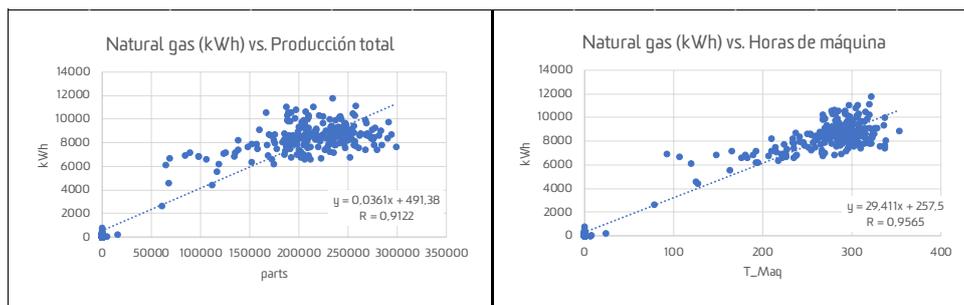
Una vez correlacionadas las variables, se cruzan los datos para obtener una ecuación que predice con mayor o menos efectividad el tipo de consumo/variable que se desee estudiar. En este caso, se ha desarrollado en torno al consumo de gas natural (kWh).

Fórmula $\text{Natural gas (kWh)} = + 19,3612 \times \text{Operating hours}$

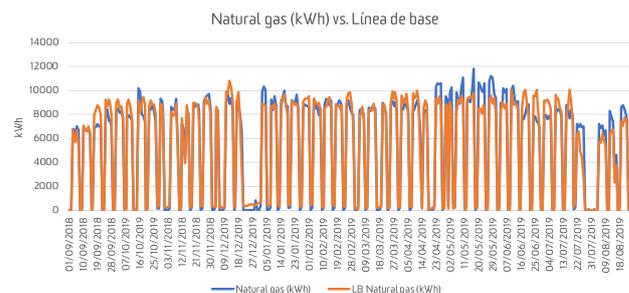


Esta ecuación tiene R^2 de 0,8018 sobre el consumo de gas natural. No es un mal resultado, no obstante se ha considerado que con la disposición de los datos se puede conseguir una mejor regresión si se cruzan los datos diariamente en vez de mensualmente.

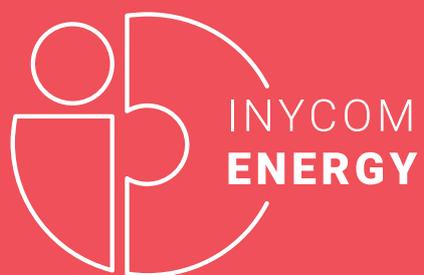
Variables	Natural gas (kWh)
Producción total	0,912
Horas de máquina	0,956
HDD (17°C)	0,000
HDD (17,5°C)	0,000
HDD (18°C)	0,000
HDD (18,5°C)	0,000
HDD (19°C)	0,000
HDD (19,5°C)	0,000
HDD (20°C)	0,000



Fórmula $\text{Natural gas (kWh)} = + 29,7424 \times \text{Horas de máquina} + 36,5185 \times \text{HDD (18°C)}$



Esta ecuación tiene R^2 de 0,957 sobre el consumo de gas natural.



inycomenergy@inycom.es

inycomenergy.com

