


| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-27 |

CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA EN LA INDUSTRIA DE POLIMEROS S.C. RECYCLING S.A.

Andrés Felipe Ortiz Rojas

Alexander Castaño Murillo

Ingeniería en Electromecánica

Msc. Ing. Luis Alberto García

Msc. Ing. Jhorman Mena Ledezma

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

27/02/2017

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

RESUMEN

SC RECYCLING S.A es una empresa Sueco-Colombiana (de ahí sus siglas SC) constituida en marzo del año 2000, a raíz de la necesidad del sector industrial de lograr y demostrar un sano desempeño ambiental. Se sustentó basado en la importancia de reducir los impactos potenciales a través del ciclo de vida de los polímeros, tras una extensiva investigación acerca de la mejor manera de reciclarlos, reproducirlos o transformarlos en productos finales.

Se nota en la actualidad el alza en el costo de la energía eléctrica en los últimos años, las empresas deben buscar estrategias que les permita tener una correcta utilización del uso eficiente de la energía; con el presente estudio se decidió revisar y verificar el correcto funcionamiento de las máquinas en la empresa SC RECYCLING S.A, con respecto a la producción , los consumos energéticos y la eficiencia de las máquinas, en comparación con las fichas técnicas en la peletizadora mono husillo, peletizadora doble husillo, extrusora de perfilería, aglutinadora y centrifuga de lavado, e identificar las anomalías que tiene el proceso y se proponen acciones para mejorar la eficiencia de la energía consumida y la producción obtenida.

| | | | |
|---|--------------------------------------|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

RECONOCIMIENTOS

Agradecer enormemente al Instituto Tecnológico Metropolitano por su acompañamiento en la formación integral en nuestras vidas de forma personal y laboral primero como tecnólogos, ahora como ingenieros, y adicional al departamento de investigación de polímeros encabezado por el profesor Msc.Ing. Luis Alberto García y Msc.Ing. Jhorman Mena Ledezma por el acompañamiento durante todo el desarrollo de este trabajo de grados.

Ofrecer nuestro entero agradecimiento a la empresa S.C. RECYCLING S.A. por permitirnos realizar un análisis de caracterización energética de sus máquinas para el desarrollo de este trabajo.

Agradecer a Dios y a nuestras familias que han sido nuestro apoyo constante en todo este proceso de formación y superación personal.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

ACRÓNIMOS

| | |
|-----------------------|---|
| <i>ANOVA</i> | Análisis de la varianza |
| <i>AC</i> | Corriente alterna |
| <i>CEE</i> | Coefficiente específico de energía |
| <i>CCCS</i> | Consejo Colombiano de Construcción Sostenible |
| <i>CO₂</i> | Dióxido de carbono |
| <i>CCCS</i> | Consejo Colombiano de Construcción Sostenible |
| <i>DC</i> | Corriente Continua |
| <i>Hp</i> | Caballos de fuerza |
| <i>IDC</i> | Proveedor global de inteligencia de mercado |
| <i>kWh</i> | Kilovatio-hora |
| <i>Kg</i> | Kilogramo |
| <i>MWh</i> | Megavatio-hora |
| <i>PEAD /HDPE</i> | Polietileno de alta densidad |
| <i>PP</i> | Polipropileno |
| <i>PEAB /LDPE.</i> | Polietileno de densidad baja |
| <i>PE</i> | Polietileno |
| <i>SC</i> | SUECO COLOMBIANA |
| <i>Upme</i> | Unidad de Planeación Minero Energética |
| <i>Wh</i> | Vatio-hora |
| € | Euro |
| °C | Grados centígrados |

| | | | |
|--|--|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

TABLA DE CONTENIDO

| | | |
|-------|--|----|
| 1. | INTRODUCCIÓN | 11 |
| 1.1 | GENERALIDADES | 11 |
| 1.2 | OBJETIVOS | 12 |
| 2. | MARCO TEÓRICO | 13 |
| 3. | METODOLOGÍA | 15 |
| 3.1 | DESCRIPCION DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS | 15 |
| 3.1.1 | Extrusión | |
| 3.1.2 | Peletizado | |
| 3.1.3 | Aglutinado | |
| 3.1.4 | Secado | |
| 3.2 | LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DE EQUIPOS DE MAYOR IMPACTO EN CONSUMO ENERGÉTICO DENTRO DE LA COMPAÑÍA | 16 |
| 3.2.1 | Ficha técnica Peletizadora Mono husillo | 16 |
| 3.2.2 | Ficha técnica Peletizadora Doble husillo | 20 |
| 3.2.3 | Ficha técnica Centrifuga de Lavado | 22 |
| 3.2.4 | Ficha técnica Extrusora de perfilería | 24 |
| 3.2.5 | Ficha tecnica Aglutinadora | 26 |
| 3.3 | MEDICIONES ENERGÉTICAS | 28 |
| 3.3.1 | Mediciones Directas | 28 |
| 3.3.1 | Mediciones Indirectas | 32 |
| 3.4 | ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN | 36 |
| 3.4.1 | RELACIÓN DE MEDIDAS DIRECTAS VS INDIRECTAS | 36 |

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

| | | |
|---------|--|----|
| 3.4.1.1 | Relación de medidas directas vs indirectas peletizadora mono husillo | 37 |
| 3.4.1.2 | Relación de medidas directas vs indirectas peletizadora doble husillo | 39 |
| 3.4.1.3 | Relación de medidas directas vs indirectas centrifuga de lavado | 41 |
| 3.4.1.4 | Relación de medidas directas vs indirectas extrusora de perfilería | 43 |
| 3.4.1.5 | Relación de medidas directas vs indirectas aglutinadora | 47 |
| 3.4.2 | RELACIÓN DE CONSUMO ENERGÉTICO CON LA PRODUCCIÓN | 49 |
| 3.4.2.1 | Relación de consumo energético vs producción peletizadora mono husillo | 49 |
| 3.4.2.2 | Relación de consumo energético vs producción peletizadora doble husillo | 51 |
| 3.4.2.3 | Relación de consumo energético vs producción centrifuga de lavado | 54 |
| 3.4.2.4 | Relación de consumo energético vs producción extrusora de perfilería | 55 |
| 3.4.2.5 | Relación de consumo energético vs producción aglutinadora | 57 |
| 3.5 | PROPONER ACCIONES PARA MEJORAR LA RELACIÓN ENTRE LA ENERGÍA CONSUMIDA Y LA PRODUCCIÓN OBTENIDA | 60 |
| 3.5.1 | Acciones de mejora en la peletizadora mono husillo | 60 |
| 3.5.2 | Acciones de mejora en la peletizadora doble husillo | 61 |
| 3.5.3 | Acciones de mejora en la centrifuga de lavado | 63 |
| 3.5.4 | Acciones de mejora en la extrusora de perfilería | 65 |
| 3.5.5 | Acciones de mejora en la aglutinadora | 67 |
| 4. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | |
| | 6969 | |
| 5. | CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO | |
| | 700 | |
| | APÉNDICE | |
| | 754 | |

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

LISTADO DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Caja reductora Amut | 17 |
| Figura 2. Disipadores térmicos | 18 |
| Figura 3. Alimentación ranurada Amut | 19 |
| Figura 4. Peletizadora mono husillo Amut | 19 |
| Figura 5. Centrifuga dinámica costarelli | 23 |
| Figura 6. Extrusora de perfilería | 25 |
| Figura 7. Aglutinadora | 27 |
| Figura 8. Analizador de la energía Fluke 435 Serie II | 28 |
| Figura 9. Pinzas amperimétricas Fluke | 32 |
| Figura 10. Silo agitador | 53 |
| Figura 11. Línea de lavado y centrifugado abasteciendo a la aglutinadora | 54 |
| Figura 12. Línea de lavado y centrifugado abasteciendo a la aglutinadora | 55 |
| Figura 13. Peletizadora mono husillo | 60 |
| Figura 14. Peletizadora doble husillo | 61 |
| Figura 15. Centrifuga de lavado | 63 |
| Figura 16. Centrifuga de lavado proceso de secado actual | 64 |
| Figura 17. Propuesta de mejora a centrifuga de lavado en el secado | 64 |
| Figura 18. Extrusora de perfilería | 65 |
| Figura 19. Propuesta Extrusora de perfilería con tolva de autoabastecimiento | 66 |

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

Figura 20. Aglutinadora

67

LISTADO DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Ficha técnica de motores peletizadora mono husillo | 17 |
| Tabla 2. Ficha técnica de la peletizadora doble husillo | 21 |
| Tabla 3. Ficha técnica de la lavadora centrifuga | 22 |
| Tabla 4. Ficha técnica de la extrusora de perfilería | 24 |
| Tabla 5. Ficha técnica de la Aglutinadora | 26 |
| Tabla 6. Condiciones Anova | 36 |
| Tabla 7. Análisis de varianza peletizadora mono husillo | 37 |
| Tabla 8. Análisis de varianza peletizadora doble husillo | 39 |
| Tabla 9. Análisis de varianza peletizadora doble husillo | 41 |
| Tabla 10. Análisis de varianza de Extrusora de Perfilería | 43 |
| Tabla 11. Análisis de varianza de Aglutinadora. | 47 |
| Tabla 12. Medición de Producción peletizadora mono husillo | 49 |
| Tabla 13. Tabla producción mes de abril | 50 |
| Tabla 14. Medición de Producción peletizadora doble husillo | 51 |
| Tabla 15. Tabla producción mes de febrero | 52 |
| Tabla 16. Medición de Producción extrusora de perfilería. | 56 |
| Tabla 17. Tabla producción mes de agosto | 56 |
| Tabla 18. Medición de Producción Aglutinadora | 58 |
| Tabla 19. Tabla producción mes de Noviembre | 58 |

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

LISTADO DE GRÁFICAS

| | |
|---|----|
| Gráfica 1. Medición directa peletizadora mono husillo con analizador de redes | 29 |
| Gráfica 2. Medición directa peletizadora doble husillo con analizador de redes | 29 |
| Gráfica 3. Medición directa Lavadora Centrifuga con analizador de redes | 30 |
| Gráfica 4. Medición directa Extrusora de Perfilería con analizador de redes | 30 |
| Gráfica 5. Medición directa Extrusora de Perfilería con analizador de redes | 31 |
| Gráfica 6. Medición indirecta peletizadora mono husillo con pinzas | 33 |
| Gráfica 7. Medición indirecta peletizadora doble husillo con pinzas | 33 |
| Gráfica 8. Medición indirecta lavadora centrifuga con pinzas | 34 |
| Gráfica 9. Medición indirecta Extrusora de Perfilería con pinzas | 34 |
| Gráfica 10. Medición indirecta Aglutinadora con pinza | 35 |
| Gráfica 11. Medición directa peletizadora mono husillo con analizador de redes, desviación estándar y promedio | 38 |
| Gráfica 12. Medición indirecta peletizadora mono husillo con pinzas, desviación estándar y promedio | 38 |
| Gráfica 13. Medición directa peletizadora doble husillo con analizador de redes, desviación estándar y promedio | 40 |
| Gráfica 14. Medición indirecta peletizadora doble husillo con pinzas, desviación estándar y promedio | 40 |
| Gráfica 15. Medición directa centrifuga de lavado con pinzas, desviación estándar y promedio | 42 |
| Gráfica 16. Medición indirecta centrifuga de lavado con analizador de redes, desviación estándar y promedio | 42 |

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

| | |
|--|----|
| Gráfica 17. Medición directa Extrusora de perfilería con analizador de redes, desviación estándar y promedio | 45 |
| Gráfica 18. Medición indirecta Extrusora de Perfilería con pinzas, desviación estándar y promedio | 46 |
| Gráfica 19. Medición directa Aglutinadora con analizador de redes, desviación estándar y promedio | 48 |
| Gráfica 20. Medición indirecta Aglutinadora con pinzas, desviación estándar y promedio | 49 |
| Gráfica 21. Medición directa de la peletizadora mono husillo | 50 |
| Gráfica 22. Medición directa peletizadora doble husillo | 52 |
| Gráfica 23. Medición directa de la lavadora centrifuga | 55 |
| Gráfica 24. Medición directa de la Extrusora de Perfilería | 56 |
| Gráfica 25. Medición directa de la Aglutinadora | 57 |

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

1. INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

La empresa SC RECYCLING S.A, fue creada por un grupo de empresarios para aprovechar los desperdicios de polímeros que se presentaban en sus empresas, la idea de estos directivos es contribuir con el medio ambiente. La entidad ha venido tomando mucha fuerza en el mercado y en la actualidad logran procesar entre 350 a 400 toneladas por mes en el área de los polímeros.


A finales del 2013 la empresa tenía tres procesos industriales aglutinado, peletizado, y extrusión de perfilería como producto terminado, Para procesar PEBD policolor, PP metalizado, laminado policolor en material sucio o contaminado se tiene personal operativo para seleccionar que luego pasa al proceso de molienda, lavado y secado; este último proceso se realiza por medio de una centrifuga y un quemador industrial.

Uno de los principales problemas en el proceso de peletizado, era que el material salía inflado por la humedad proveniente de la línea de lavado y la bomba de vacío (desgasificador) no era suficiente para poderlo procesar, se debía aglutinar este producto terminado era la materia prima del proceso de peletizado.

La empresa en 2014 adquirió una peletizadora doble husillo con su respectivo sistema de corte, silo de almacenamiento y molino; con el fin de procesar materias primas de polímeros difíciles de desgasificar con problemas de humedad. Al instalar esta máquina se generó un incremento en el consumo de la energía.

La caracterización energética es un proceso que tiene por objetivo encontrar las oportunidades para optimizar el consumo energético dentro de cualquier sistema consumidor de energía, en este proceso se interrelacionan la eficiencia energética, el mantenimiento y las condiciones de operación como principales componentes para analizar los sistemas. Para concluir que medidas deben tomarse para mejorar los consumos de energía.

Con el ánimo de identificar el estado actual del consumo energético en las instalaciones de la empresa SC RECYCLING S.A se lleva a cabo la caracterización energética que tiene como objetivo encontrar las oportunidades para optimizar el consumo energético y proponer de mejora en busca de aumentar la eficiencia en la maquinaria.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

Para evaluar cualitativamente y cuantitativamente se realizaron mediciones directas, e indirectas para comparar el consumo energético y realizar un análisis estadístico de la viabilidad de la medición de indirecta en cada una de las máquinas, luego con las mediciones directas se realizan las comparaciones de consumo energético, respecto a las características técnicas de las maquinas basadas en la máxima producción del año 2016 y lo procesado durante las mediciones realizadas con el analizador de redes, para calcular la eficiencia energética y capacidad operativa en cada una de las máquinas: la peletizadora doble husillo, la peletizadora mono husillo, la centrifuga de lavado, la aglutinadora y la extrusora de perfilería.

1.2 Objetivos:

General

Caracterizar y medir la eficiencia energética en peletizadora mono husillo, peletizadora doble husillo, extrusora de perfilería plástica, aglutinadora y centrifuga de lavado de materias primas de la empresa S.C. RECYCLING en el 2016.

Específicos:

- Levantar la información de las características técnicas y consumo energético de las máquinas a analizar: peletizadora mono husillo, peletizadora doble husillo, extrusora de perfilería, aglutinadora y centrifuga de lavado.
- Analizar el consumo de energía con la producción de las máquinas peletizadora mono husillo, peletizadora doble husillo, extrusora de perfilería, aglutinadora y centrifuga de lavado.
- Proponer acciones para mejorar la relación entre la energía consumida y la producción obtenida.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

2. MARCO TEÓRICO

La eficiencia energética es una práctica que tiene como objeto reducir el consumo de energía específico, optimizando los procesos productivos para producir más bienes y servicios.

Según el informe del proveedor global de inteligencia de mercado IDC (Portafolio, 2013), las ciudades emplean en la actualidad más de dos tercios de la energía mundial, albergan al 50% de la población y representan el 70 % de las emisiones globales de dióxido de carbono (CO₂).


Cristina Gamboa (Portafolio, 2013), directora Ejecutiva del Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS), afirma que en Colombia, “según estudios realizados por la Unidad de Planeación Minero Energética (Upme 2013), se consume alrededor 60.000 Gigavatios hora (GWh) en energía eléctrica al año. De esta cantidad, Bogotá participa con cerca del 22%, Medellín con el 7% y Barranquilla con 4%”.

De acuerdo a las Leyes 142 y 143 de 1994, para las empresas del sector eléctrico, tienen la obligación de promover el uso racional de la electricidad, por esto las empresas deben buscar estrategias que les permita tener una correcta utilización del uso eficiente de la energía.

El ahorro de la energía, así como su conservación y uso eficiente, es uno de los objetivos prioritarios en el desarrollo de las actividades del sector eléctrico, por esto se hace mención de estas leyes las cuales rigen a las industrias porque es deber de las empresas prestadoras de servicios públicos realizar entrega de la energía de modo eficiente y así mismo su control por medio de los consumos en las empresas.

La eficiencia energética se puede medir a través de un indicador llamado consumo de energía específica, que se define como la relación entre la energía utilizada y la cantidad producida.

Tanaka (Tanaka, 2008) hace un estudio en el campo de las tecnologías de eficiencia energética, el primer objetivo de su trabajo es reducir la energía y el consumo de recursos en la producción, el segundo objetivo es contribuir a la identificación y comprensión de las características de las empresas. Tanaka, define la intensidad de energía que valora el consumo de energía sobre un valor físico de salida (kWh/kg). Esto se toma como base para el trabajo de investigación en el cual va a ser enfocado para evaluar las máquinas.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |


Con la implementación de sistemas de gestión energética, auditorías energéticas o programas de uso racional de la energía en empresas del sector de plásticos, se hace necesario cuantificar los consumos energéticos asociados a la transformación de los materiales plásticos (Kent, 2008). Algunos valores típicos de consumo de energía específicos promedio para el proceso de inyección se encuentran entre 2.9 a 3.1 kWh/kg, y para el proceso de extrusión de 1.5 kWh/kg aproximadamente.

Por lo tanto, el procedimiento que se va a realizar es registrar la salida de fábrica (en kg) y registrar el consumo de energía (en kWh) para el mismo período. En fábricas de moldeo por inyección. Luego realiza la gráfica del uso de la energía (en kWh) frente producción (en kg) en un gráfico de dispersión. Luego se realiza un trazado de los puntos y define la ecuación que mejor se ajuste a la muestra.

La empresa IPSOM (IPSOM, 2012) realizó una auditoría energética integral en una empresa de producción de piezas de plástico por inyección para multitud de sectores (automoción, alimentación, sanidad) en 5 inyectoras de plástico y su consumo energético era 330 MWh anuales y más de 36.000 €.

IPSOM realizó un aislamiento térmico en los husillos de la maquinaria de inyección e instalaron variadores de frecuencia en los motores de las máquinas. Y los resultados fueron una reducción en el consumo de unos 102 MWh anuales y 11.300 €. Casi dos terceras partes de este ahorro se deben a la acción de los variadores de frecuencia. Las inversiones se amortizan en menos de 3 años además de la reducción del gasto eléctrico, las mejoras implantadas conllevan las siguientes ventajas:

- Aislamiento de los husillos: aumento de la seguridad laboral por reducción del riesgo de quemaduras, prolongación de la vida de las resistencias, reducción del tiempo de puesta en marcha.
- Variadores de frecuencia: extensión de la vida de los motores al tener un arranque tipo soft.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

3. METODOLOGÍA

3.1 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS.

El plástico es moldeado a través de máquinas térmicas como extrusión, aglutinado, peletizado, haciendo del polímero un material con la capacidad de pasar de un estado sólido a un estado visco-elástico debido a que es un fluido no newtoniano.

Se presentan los siguientes procesos de transformación de los polímeros:

3.1.1 Extrusión:

Es el proceso más importante de obtención de formas plásticas, en volumen de producción. Es un proceso continuo, en el que la resina es fundida por la acción de temperatura y fricción, es forzada a pasar por un dado que le proporciona una forma definida, y enfriada finalmente para evitar deformaciones permanentes. Se fabrican por este proceso: tubos, perfiles, películas, manguera, láminas, filamentos y pellets.

3.1.2 Peletizado:

El granulado debe fundirse y pasarse a través de un cabezal para tomar la forma de espagueti al enfriarse en un baño de agua. Durante la transformación, la resina alimentada es reblandecida por acción de la temperatura que proviene generalmente de resistencias eléctricas y por la fricción de un elemento giratorio denominado husillo.

La peletizadora de doble husillo, proporcionan un empuje mucho mayor que el de un solo husillo, aceleraciones de material mucho mayor, esfuerzos cortantes relativamente altos, mezclado intensivo y mayor desgasificación.

3.1.3 Aglutinado:

Es utilizado para dar densidad o granular los empaques flexibles como es la bolsa plástica, está diseñada para procesar polipropileno y polietileno de alta o baja densidad.

3.1.4 Secado:

Posterior al ciclo de lavado sigue un proceso de secado el cual debe eliminar el remanente de humedad del material, para que pueda ser comercializado y posteriormente procesado. Pueden usarse secadores centrifugados, es decir tambores especialmente

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

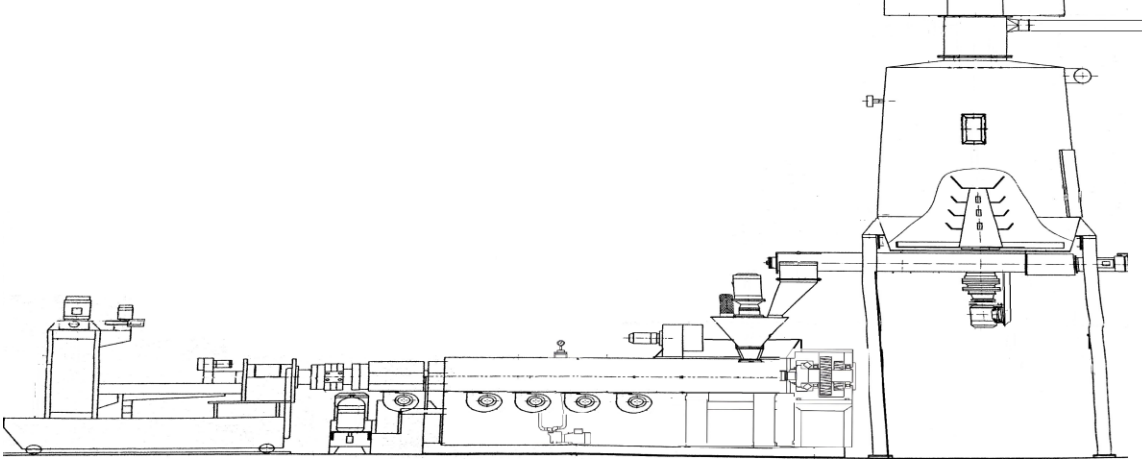
diseñados para extraer la humedad por las paredes externas del equipo. En los casos que se requiera extrema sequedad pueden usarse secaderos térmicos de doble lecho fluido con aire atemperado a 120°C hasta 180°C.

3.2 Levantamiento de información de equipos de mayor impacto en consumo energético dentro de la compañía.

Se presentan las fichas técnicas de las máquinas en las cuales se realizó la medición de consumo energético en relación con la producción, para realizar sus respectivos análisis energéticos.

FICHA TÉCNICA DE LAS MÁQUINAS:

3.2.1 FICHA TÉCNICA PELETIZADORA MONO HUSILLO

| PELETIZADORA MONO HUSILLO | |
|--|--------------------------|
| MODELO : NENODI | |
| ESPECIFICACIONES | |
| Numero de matricula | 9083 |
| MARCA | AMUT |
| PRODUCCION DE PE Y PP | 200 A 300 Kg / h |
|  | |
| EXTRUSOR | |
| CILINDRO Y TORNILLOS EN ACERO | 38CrAlMo |
| TORNILLO DIÁMETRO | 100mm |
| LONGITUD L/D | 35 |
| TIPO | VM100 -35 -006 Tipo JT04 |
| VELOCIDAD MIN – MÁX. N/1 | 1000 |

| | | | |
|--|--|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

| | |
|------------------------|----------|
| REDUCTOR | 1:12,7 |
| CAPACIDAD | 1630000N |
| POTENCIA CALENTAMIENTO | 39,350KW |
| ZONAS DE CALENTAMIENTO | 7 |
| CAMPO DE VELOCIDAD | 01:10 |

| PELETIZADORA MONOHUSILLO | | | | | | | |
|---------------------------------|-----|---------|------|--------|------|-------|--------|
| DESCRIPCION | V | SISTEMA | HP | FACTOR | fp | n | KW |
| CENTRIFUGA ELEVADORA | 220 | 3φ | 4 | 0,746 | 0,8 | 0,82 | 2,98 |
| TURBINA SOPLADOR | 220 | 3φ | 1,2 | 0,746 | 0,56 | 0,68 | 0,90 |
| EXTRACTOR HUMEDAD | 220 | 3φ | 0,5 | 0,746 | 0,56 | 0,68 | 0,37 |
| BOMBA DE RECIRCULACION | 220 | 3φ | 7,5 | 0,746 | 0,87 | 0,774 | 5,60 |
| CORTADOR | 220 | 3φ | 3,3 | 0,746 | 0,87 | 0,89 | 2,46 |
| VENTILADOR ZONA 2 | 220 | 3φ | 0,75 | 0,746 | 0,48 | 0,64 | 0,56 |
| VENTILADOR ZONA 3 | 220 | 3φ | 0,75 | 0,746 | 0,48 | 0,64 | 0,56 |
| VENTILADOR ZONA 4 | 220 | 3φ | 0,75 | 0,746 | 0,48 | 0,64 | 0,56 |
| VENTILADOR ZONA 5 | 220 | 3φ | 0,75 | 0,746 | 0,48 | 0,64 | 0,56 |
| VENTILADOR EXTRUSORA | 220 | 3φ | 5 | 0,746 | 0,83 | 0,82 | 3,73 |
| EXTRUSOR MOTOR PRINCIPAL DC | 220 | 3φ | 270 | 0,746 | 1 | 1 | 201,42 |
| MOTOR DESGASIFICADOR | 220 | 3φ | 5 | 0,746 | 0,88 | 0,89 | 3,73 |
| TORNILLO TIPO CRAMMER | 220 | 3φ | 10 | 0,746 | 0,84 | 0,81 | 7,46 |
| AGITADOR SILO | 220 | 3φ | 3 | 0,746 | 0,82 | 0,82 | 2,24 |
| TORNILLO ALIMENTADOR | 220 | 3φ | 2 | 0,746 | 0,8 | 0,82 | 1,49 |
| Total | | | | | | | 234,62 |

Tabla 1. Ficha técnica de peletizadora mono husillo
(<http://www.amutgroup.com/amut/en/catalogs>).

La peletizadora mono husillo está dotada de un reductor ver **figura 1** marca AMUT contruidos específicamente para transmitir elevado momento torsor. Las características principales son las siguientes: tren de engranajes en acero templado y rectificadas, perfil de diente inclinado para reducir al mínimo los ruidos y vibraciones, rodamiento con gran margen de seguridad a las condiciones de máxima velocidad y máxima carga, bomba de recirculación con filtro para lubricación de todo el tren de engranajes, además cuenta con un intercambiador de calor para el óptimo mantenimiento del lubricante.




| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

Figura 1. Caja reductora Amut (<http://pdf.directindustry.com/pdf/Amut/single-screw-extruders-ea-series/20400-361207.html>).

La máquina peletizadora mono husillo tiene un motor principal de 200 kW de corriente continua a 380 voltios esta dimensionado con alta reserva de potencia y controlado por un inversor de voltaje de alterna a directa, el sistema permite una perfecta regulación de la velocidad y su accionamiento es digital o analógico, el motor principal está acoplado directamente al reductor por medio de una junta elástica, sin empleo de poleas y correas, reduciendo notablemente espacio y ruido.

Las resistencias eléctricas poseen disipadores térmicos ver **figura 2** de alta eficiencia para incrementar el intercambio térmico que actúan por medio sofisticados con instrumentos de control de temperatura tipo PID controlando 5 ventiladores de 0.5 kW de alta capacidad que reducen la temperatura en el barril cuando sobrepasa el set-point del controlador de temperatura.

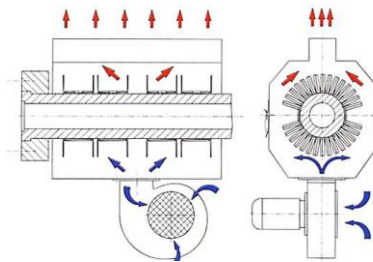


Figura 2. Disipadores térmicos (<http://pdf.directindustry.com/pdf/Amut/single-screw-extruders-ea-series/20400-361207.html>).

La peletizadora mono husillo tiene los siguientes componentes ver **tabla 1**: un silo de almacenamiento con un agitador de 4.4 kW con el fin de homogenizar el material, un tornillo alimentador de 3 kW, una bomba de recirculación de 2.5 kW, una secadora centrífuga de 3 kW un cortador 2.5 kW y extractor de humedad de 0.3 kW, un motor de alimentación tipo crammer de 7.4 kW que es supervisada por un control de amperaje del motor principal, un desgasificador de 3.7 kW que trabaja para ciertos materiales, para las mediciones con el material que se procesó no fue necesario encenderlo.

La peletizadora mono husillo ver **figura 4** consta de una zona de alimentación ranurada ver **figura 3** para obtener una capacidad lineal en función del número de revoluciones que no sea influenciada de los valores de contrapresión, además en la zona de alimentación ranurada la presión aumenta rápidamente por que las ranuras se oponen a la rotación del material con el husillo.

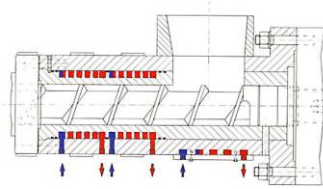


Figura 3. Alimentación ranurada Amut (<http://pdf.directindustry.com/pdf/Amut/single-screw-extruders-ea-series/20400-361207.html>).

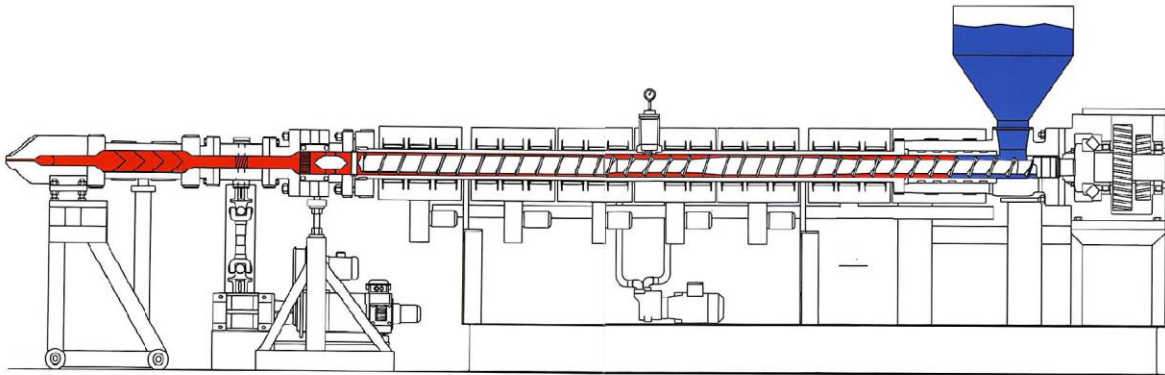
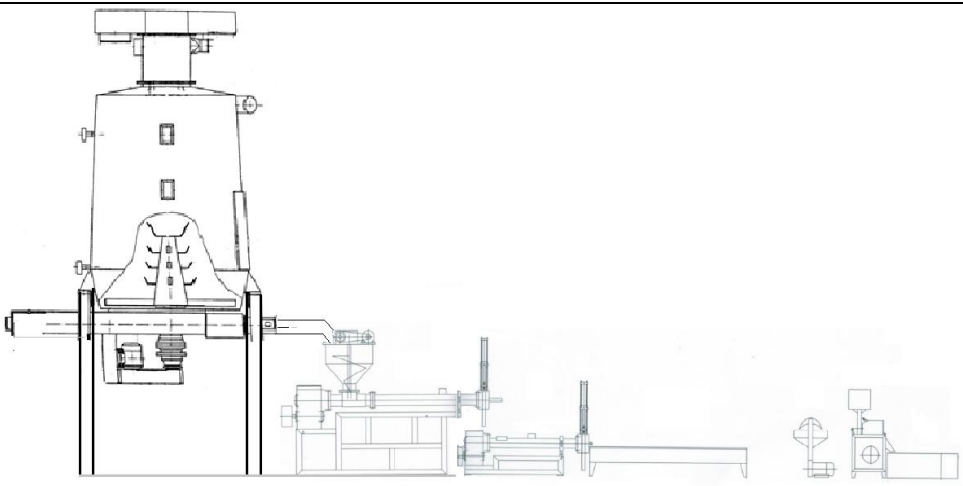


Figura 4. Peletizadora mono husillo Amut (<http://pdf.directindustry.com/pdf/Amut/single-screw-extruders-ea-series/20400-361207.html>).

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

3.2.2 FICHA TÉCNICA PELETIZADORA DOBLE HUSILLO.

| PELETIZADORA DOBLE HUSILLO | |
|--|------------------------------------|
| MODELO : VMJ180 A 160A | |
|  | |
| ESPECIFICACIONES | |
| VOLTAJE | 220 3 PH 60 HZ |
| MARCA | VERMACK |
| PRODUCCION DE PE Y PP | 400 A 500 KG / H |
| PRIMER EXTRUSOR | |
| CAJA REDUCTORA | #580 |
| DIAMETRO DEL TORNILLO | 180 MM |
| LARGO DEL TORNILLO | 3000 MM |
| CORRIENTE DE PLACA MOTOR PRINCIPAL | 274 A |
| MOTOR PRINCIPAL | 90 KW 1785 RPM CON INVERSOR ALPHA |
| ZONAS DE TEMPERATURA EN BARRIL | 10 |
| MALLA FILTRADORA TIPO | HIDRAULICA DOBLE ESTACION SIN PARO |
| MALLA DE FILTRO | 280 MM X 280 MM |
| MATERIAL DEL TORNILLO | 38CRMOALA |
| L/D DEL TORNILLO | 16:01 |
| MATERIAL DEL BARRIL | 40CR |
| SEGUNDOSUNDO EXTRUSOR | |
| DIAMETRO DEL TORNILLO | 160 mm |
| LARGO DEL TORNILLO | 1800 mm |
| TIPO VENTILADO | ESCAPE SINGULAR |
| MOTOR PRINCIPAL | 22 KW |
| ZONAS DE TEMPERATURA EN BARRIL | 5 |
| MALLA FILTRADORA TIPO | DOBLE ESTACION DE CAMBIO SIN PARO |
| MALLA DE FILTRO | 280 X280 mm |
| MOLINO (CRUSHER) | 45 HP |

| | | | |
|--|--|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |


| | |
|---------------------------------------|-----------|
| MATERIAL DEL TORNILLO | 38CRMOALA |
| MATERIAL DEL BARRIL | 40CR |
| L/D | 11:01 |
| CAJA REDUCTORA | #225 |
| CUCHILLAS DE CORTE GRANULADO | 24 |
| VENTILADORES DE REFRIGERACION | 10 |
| TINA DE ENFRIAMIENTO ACERO INOXIDABLE | 3 Metros |
| ACEITE MINERAL | 320 |
| TIPO DE ACOPLE DE MOTOR REDUCTOR | POLEAS |

| PELETIZADORA DOBLEHUSILLO | | | | | | | |
|---------------------------|-----|---------|------|--------|-------|-------|--------|
| DESCRIPCION | V | SISTEMA | HP | FACTOR | fp | n | KW |
| PRIMER EXTRUSOR | 220 | 3φ | 121 | 0,746 | 0,91 | 0,95 | 90,27 |
| SEGUNDO EXTRUSOR | 220 | 3φ | 30 | 0,746 | 0,89 | 0,926 | 22,38 |
| SECADORA DE PELLETS | 220 | 3φ | 0,9 | 0,746 | 0,76 | 0,76 | 0,67 |
| ALIMENTACION CRAMMER | 220 | 3φ | 4 | 0,746 | 0,84 | 0,85 | 2,98 |
| MOTOR PICADOR | 220 | 3φ | 7,3 | 0,746 | 0,875 | 0,88 | 5,45 |
| MOLINO | 220 | 3φ | 40 | 0,746 | 0,89 | 0,88 | 29,84 |
| MOTOR VENTILADOR ZONA 1 | 220 | 2φ | 0,18 | 0,746 | 0,6 | 0,7 | 0,13 |
| MOTOR VENTILADOR ZONA 2 | 220 | 2φ | 0,18 | 0,746 | 0,6 | 0,7 | 0,13 |
| MOTOR VENTILADOR ZONA 3 | 220 | 2φ | 0,18 | 0,746 | 0,6 | 0,7 | 0,13 |
| MOTOR VENTILADOR ZONA 4 | 220 | 2φ | 0,18 | 0,746 | 0,6 | 0,7 | 0,13 |
| MOTOR VENTILADOR ZONA 5 | 220 | 2φ | 0,18 | 0,746 | 0,6 | 0,7 | 0,13 |
| MOTOR VENTILADOR ZONA 6 | 220 | 2φ | 0,18 | 0,746 | 0,6 | 0,7 | 0,13 |
| MOTOR VENTILADOR ZONA 7 | 220 | 2φ | 0,18 | 0,746 | 0,6 | 0,7 | 0,13 |
| MOTOR VENTILADOR ZONA 8 | 220 | 2φ | 0,18 | 0,746 | 0,6 | 0,7 | 0,13 |
| MOTOR VENTILADOR ZONA 9 | 220 | 2φ | 0,18 | 0,746 | 0,6 | 0,7 | 0,13 |
| MOTOR VENTILADOR ZONA 10 | 220 | 2φ | 0,18 | 0,746 | 0,6 | 0,7 | 0,13 |
| TORNILLO ALIMENTADOR | 220 | 3φ | 3 | 0,746 | 0,85 | 0,86 | 2,24 |
| CAMBIA MALLAS | 220 | 3φ | 5 | 0,746 | 0,82 | 0,842 | 3,73 |
| COMOPRESOR CHILLER | 220 | 3φ | 5 | 0,746 | 0,85 | 0,85 | 3,73 |
| SILO | 220 | 3φ | 1 | 0,746 | 0,76 | 0,76 | 0,75 |
| Total | | | | | | | 163,37 |

Tabla 2. Ficha técnica de la peletizadora doble husillo
(<http://www.asianmachineryusa.com/catalogos>).

La peletizadora doble husillo es apropiada para el reciclado PE Y PP; ya sean en fundas (film) o rígido post industrial, permite el recuperado de materiales con mayor cantidad o concentración de contaminación, suciedad o titas de impresión la línea.

La peletizadora doble husillo consta de los siguientes componentes ver **tabla 2:** 2 motores trifásicos de 1700 rpm alimentados 220 voltios controlados por medio de variadores de velocidad, el primer motor mueve el primer husillo de 90 kW y cuando el control de amperaje sobrepasa el set-point apaga el tornillo sinfín que trasporta el material del silo de almacenamiento al tornillo crammer, el segundo motor es de 22 kW y mueve el segundo husillo, que produce largas cuerdas de resina. Las cuerdas se sumergen en un baño de agua para solidificar el material que luego se cortan para hacer los cilindros uniformes los cuales son llamados pellets.

| | | | |
|--|--|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

3.2.3 FICHA TÉCNICA CENTRIFUGA DE LAVADO.

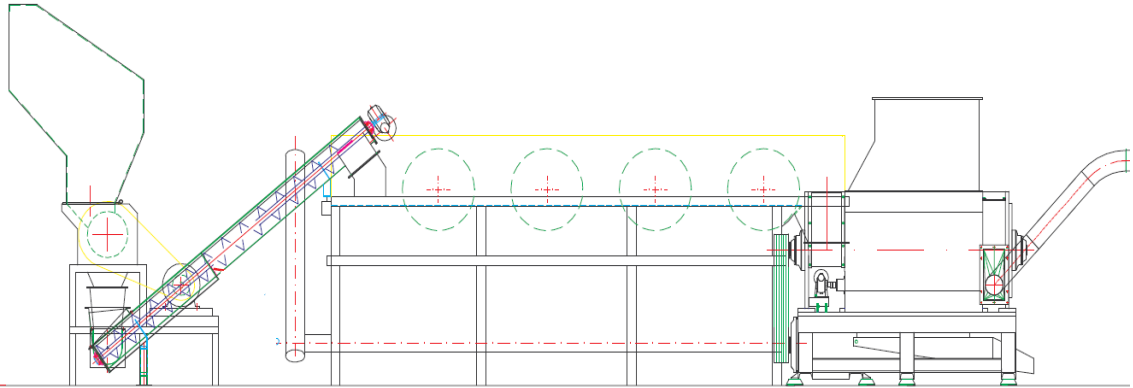
| CENTRIFUGA LAVADO | | | | | | | |
|--|-----|---------|------|-----------------|------|-------|-------|
|  | | | | | | | |
| ESPECIFICACIONES | | | | | | | |
| VOLTAJE | | | | 440V 3 PH 60 HZ | | | |
| MOTOR PRINCIPAL | | | | 86 KW | | | |
| TIPO DE ARRANQUE | | | | ESTRELLA DELTA | | | |
| RPM | | | | 1730 | | | |
| POTENCIA NOMINAL | | | | 95 kW | | | |
| CORRIENTE NOMINAL | | | | 150 A | | | |
| POSICIÓN DE MONTAJE | | | | M1 | | | |
| CENTRIFUGA DE LAVADO | | | | | | | |
| DESCRIPCION | V | SISTEMA | HP | FACTOR | fp | n | KW |
| TORNILLO DESCARGA | 440 | 3φ | 3 | 0,746 | 0,8 | 0,82 | 2,24 |
| TAMBOR 1 | 440 | 3φ | 1,3 | 0,746 | 0,79 | 0,8 | 0,97 |
| TAMBOR 2 | 440 | 3φ | 2 | 0,746 | 0,79 | 0,8 | 1,49 |
| TAMBOR 3 | 440 | 3φ | 2 | 0,746 | 0,79 | 0,8 | 1,49 |
| TAMBOR 4 | 440 | 3φ | 1,3 | 0,746 | 0,79 | 0,8 | 0,97 |
| MOTOR BOMBA LINEA DE LAVADO | 440 | 3φ | 5 | 0,746 | 0,83 | 0,82 | 3,73 |
| M. CENTRIFUGA | 440 | 3φ | 86 | 0,746 | 0,87 | 0,895 | 64,16 |
| BOMBA ACEITE | 440 | 3φ | 0,21 | 0,746 | 0,56 | 0,67 | 0,16 |
| TURBINA PULMON | 440 | 3φ | 4 | 0,746 | 0,76 | 0,8 | 2,98 |
| TURBINA PARA EL SILO | 440 | 3φ | 5,4 | 0,746 | 0,86 | 0,82 | 4,03 |
| BANDA TRANSPORTE DE LAVADO | 440 | 3φ | 1 | 0,746 | 0,6 | 0,76 | 0,75 |
| Total | | | | | | | 82,96 |

Tabla 3. Ficha técnica de la lavadora centrifuga
 ((<http://www.ovest.it/mpe/fotok2001/costarelli.htm>)).

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |



Figura 5. Centrifuga dinámica costarelli (<http://www.ovest.it/mpe/fotok2001/costarelli.htm>).

La máquina centrífuga ver **figura 5** es alimentada por el operario de la línea de lavado que suministra la materia prima por una banda de transporte 0.75 kW que alimenta al molino de 45 kW, si la corriente de este motor sobrepasa el set-point del controlador de amperaje, este apaga la banda de transporte, después que el molino ha picado el material, se tiene un tornillo de descarga de 2.5kW que transporta el material a la lavadora la cual tiene 2 tambores de 1 kW y 2 tambores de 1.5 kW, los cuales se encargan de lavar la materia prima y a su vez trasportarla a un tornillo de descarga de 2.24 kW este se encarga de suministrar la materia prima a secar en la centrifuga dinámica de 65 kW si la corriente de este motor sobrepasa el set-point del controlador de amperaje, este apaga el tornillo sinfín de descarga, los cuatro tambores de lavado y la banda que abastece el molino cuando el controlador está por debajo set-point, este enciende el tornillo sinfín de descarga y pasados 10 segundos enciende los tambores y la banda de transporte con el fin de tener un flujo constante en el tornillo de descarga, la lubricación de los rodamientos de la centrifuga se realiza por medio de una bomba de lubricación de 0.34 kW y la canastilla perforada de la centrifuga de secado giran por medio de un moto-reductor de 0.34 kW.

Con los controles de amperaje se busca controlar caudales de material constante para no obstruir las tuberías del ventilador soplador que transporta el material del secado, y disminuir paros por sobrecargas.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

3.2.4 FICHA TÉCNICA EXTRUSORA DE PERFILERÍA.

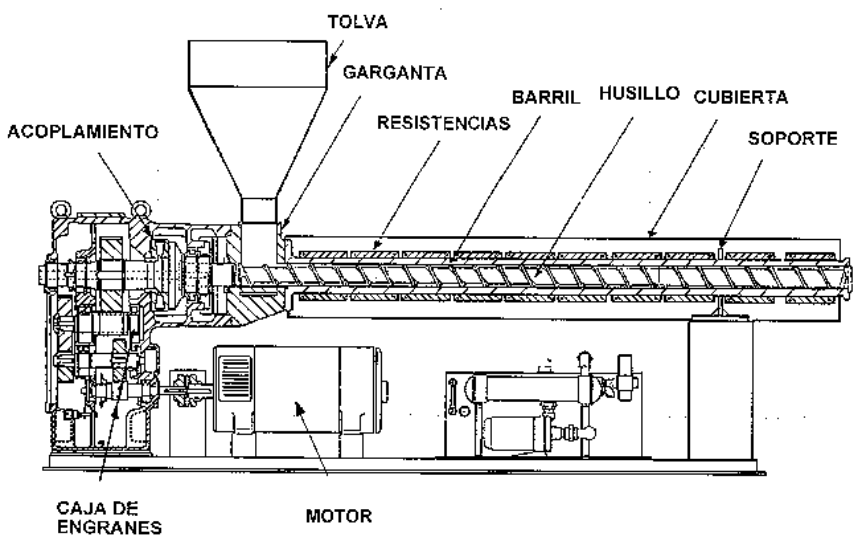
| Extrusora de Perfilera | | | | | | | |
|--|-----|---------|----|----------------------------------|------|-------|-------|
|  | | | | | | | |
| ESPECIFICACIONES | | | | | | | |
| VOLTAJE | | | | 440v 3 ph 60 Hz | | | |
| PRODUCCIÓN DE PE Y PP | | | | 200 kg / h | | | |
| PRIMER EXTRUSOR | | | | | | | |
| CORRIENTE DE PLACA MOTOR PRINCIPAL | | | | 74 a | | | |
| MOTOR PRINCIPAL | | | | 45 kW 1765 rpm | | | |
| ZONAS DE TEMPERATURA EN BARRIL | | | | 6 conectadas en delta | | | |
| TIPO DE ACEITE REDUCTOR | | | | 320 mineral | | | |
| TIPO DE REDUCTOR | | | | Cascada coaxial y ejes paralelos | | | |
| RELACIÓN DE REDUCCIÓN | | | | 76 | | | |
| TORQUE NOMINAL REDUCTOR | | | | 2082 | | | |
| TIPO DE ACOPLA MOTOR REDUCTOR MÁQUINA | | | | Piñón cadena | | | |
| TIPO DE ARRANQUE | | | | Variador | | | |
| TIPO DE ACOPLA MOTOR -REDUCTOR | | | | Acople | | | |
| EXTRUSORA DE PERFILERIA | | | | | | | |
| DESCRIPCION | V | SISTEMA | HP | FACTOR | fp | n | KW |
| MOTOR PRINCIPAL | 440 | 3φ | 60 | 0,746 | 0,85 | 0,895 | 44,76 |

Tabla 4. Ficha técnica de la extrusora de perfilera
(<http://princesa1992.blogspot.com.co/2009/07/extrusion-de-plasticos.html>).

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

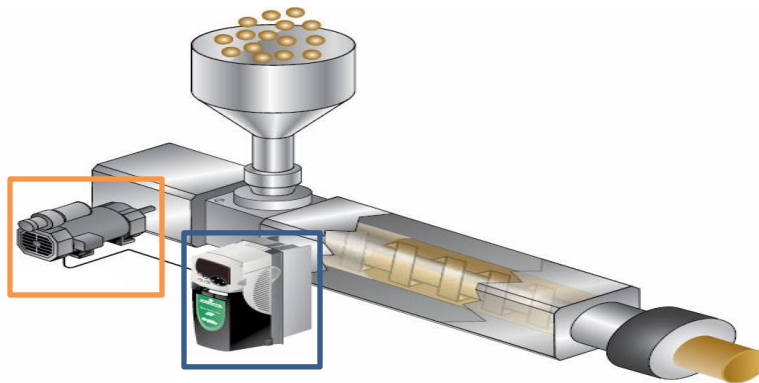


Figura 6. Extrusora de perfilaría.

(http://www.selecsacatalogo.com/images/2009/variadores_de_velocidad/galerias/extrusoras/01.jpg).

La máquina de extrusión de perfilaría ver **figura 6** consta de un motor de 45 kW (recuadro amarillo) controlado por un variador de velocidad a 440 voltios (recuadro azul) que rota un sistema de reducción de velocidad engranado a un eje metálico central con álabes helicoidales, llamado husillo o tornillo, instalado dentro de un cilindro metálico (cañón), revestido con una camisa calefactora de 5 zonas de resistencias eléctricas.

En un extremo del cilindro se encuentra un orificio de entrada para la materia prima donde se encuentra una tolva de forma cónica para la alimentación de la materia prima el operario debe estar verificando su nivel para que pueda hacer un buen lleno del molde, en el extremo barril del tornillo se ubica la salida del material además se hace el llenado de los perfiles con polímeros por medio de un sistema de bifurcación, en este proceso se ha extruido la mezcla PEBD, PEAD y PIGMENTOS, una vez finalizado el proceso de extrusión, el molde de perfilaría es depositado en un tanque de enfriamiento por agua y por último es desmoldado.

| | | | |
|--|--|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

3.2.5 FICHA TÉCNICA AGLUTINADORA.

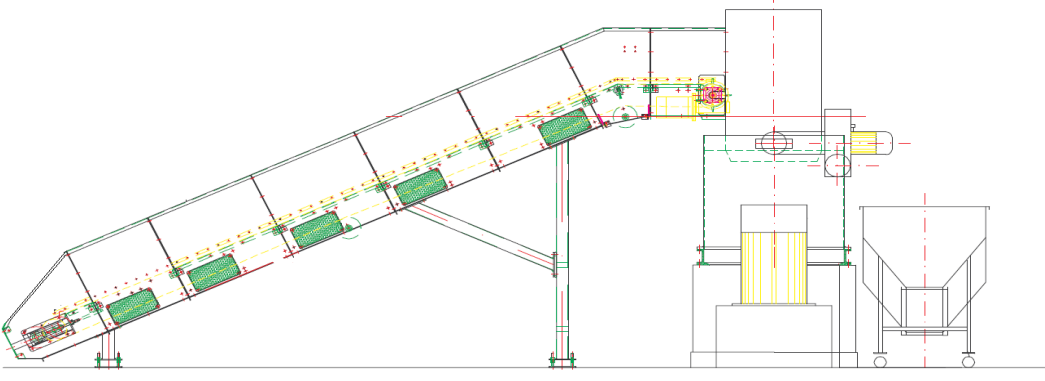
| AGLUTINADORA | | | | | | | |
|--|-----------------|---------|------|--------|------|-------|--------|
|  | | | | | | | |
| ESPECIFICACIONES | | | | | | | |
| VOLTAJE | 440v 3 PH 60 HZ | | | | | | |
| CORRIENTE DE PLACA MOTOR PRINCIPAL | 234A | | | | | | |
| MOTOR PRINCIPAL | 200HP | | | | | | |
| PRODUCCIÓN | 400-500Kg | | | | | | |
| RPM | 1787 | | | | | | |
| FACTOR DE SERVICIO | 1,15 | | | | | | |
| TIPO DE MOTOR | convencional | | | | | | |
| POSICIÓN DE MONTAJE | m4 | | | | | | |
| TIPO DE FIJACIÓN | Flanche | | | | | | |
| TIPO DE ARRANQUE | estrella delta | | | | | | |
| RELACION DE TRANSMISION ENTRE POLEA CONDUCTORA Y CONDUCTIDA | 1:1 | | | | | | |
| AGLUTINADORA | | | | | | | |
| DESCRIPCION | V | SISTEMA | HP | FACTOR | fp | n | KW |
| BANDA PULMON | 440 | 3φ | 0,9 | 0,746 | 0,57 | 0,75 | 0,67 |
| BANDA DE CARGA | 440 | 3φ | 1,3 | 0,746 | 0,64 | 0,75 | 0,97 |
| PISTON DESCARGA | 440 | 3φ | 0,9 | 0,746 | 0,57 | 0,75 | 0,67 |
| ASPIRADORA VAPOR | 440 | 3φ | 1,5 | 0,746 | 0,8 | 0,695 | 1,12 |
| BOMBA ACEITE | 440 | 3φ | 0,21 | 0,746 | 0,45 | 0,6 | 0,16 |
| AGLUTINADORA | 440 | 3φ | 200 | 0,746 | 0,88 | 0,95 | 149,20 |
| TORNILLO DESCARGA AGLUTINADO | 440 | 3φ | 1,2 | 0,746 | 0,74 | 0,8 | 0,90 |
| Total | | | | | | | 153,68 |

Tabla 5. Ficha técnica de la Aglutinadora (I03[1].006.000001 Layout impianto Model).

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

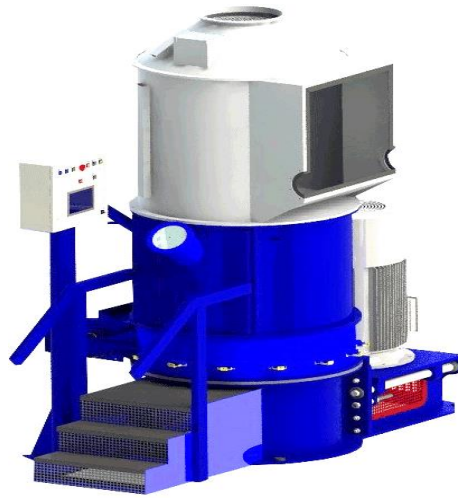



Figura 7. Aglutinadora (<http://www.costarelli.com/es/home-2/>).

La Aglutinadora es una máquina rotativa ver **figura 7** que posee un sistema de 6 cuchillas fijas y 2 móviles que rotan arrastrando la película plástica formando una masa reduciendo su volumen, por la fricción que generan las cuchillas con la pared de la máquina, esta calienta el plástico volviéndose viscoso exigiendo más fuerza al motor cuyo amperaje aumenta considerablemente, a su vez sube la temperatura de todo el sistema, el ciclo de calentamiento-enfriamiento es continuo para cada lote de plástico a aglutinar, para reducir la temperatura en el material y el amperaje en el motor principal se utiliza un control de amperaje que activa una electroválvula la cual adiciona agua. Después de un tiempo, el plástico se convierte en bolitas semejantes a una crispeta de maíz.

La máquina aglutinadora consta de los siguientes componentes ver **tabla 5**: motor trifásico a 440 voltios principal de 150 kW tiene una transmisión por poleas al eje del porta cuchillas, que se energiza por medio un arranque estrella delta, una Bomba de aceite de 0.16 kW la cual se encarga de lubricar los rodamientos del eje porta cuchillas, un motor de 0.97 kW banda de transporte el cual alimenta la aglutinadora, un motor de 0.7 kW para evacuar el material procesado por medio de un pistón de descarga, un aspirador de vapor de 1.5 kW el cual se encarga de extraer los vapores en el proceso de aglutinado y un motor de 1 kW que por medio de un tornillo separa el tamaño del aglutinado.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

3.3 MEDICIONES ENERGÉTICAS.

3.3.1 Mediciones Directas:



Figura 8. Analizador de la energía Fluke 435 Serie II

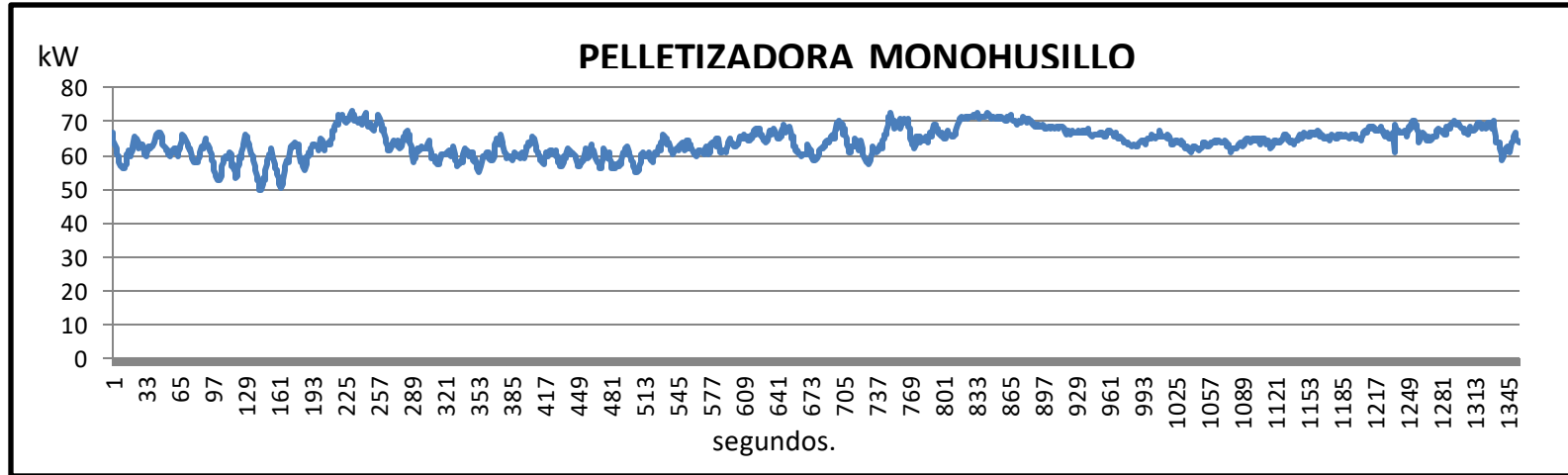
(<http://www.fluke.com/fluke/es/es/medidores-de-calidad-de-la-energia-electrica/registradores-de-calidad-electrica/fluke-435-series-ii.htm?pid=73939>).

En la empresa SC RECYCLING S.A; Las mediciones realizadas de forma directa consistieron en medir el consumo energético de las máquinas con el analizador de la energía Fluke 435 Serie II ver **figura 8** está equipado con avanzadas funciones de calidad eléctrica. Se midió consumo energético durante 30 minutos aproximadamente y se realizaron gráficas de consumo energético en cada máquina donde se evidencian algunas gráficas con picos altos, picos bajos y mediciones constantes en el tiempo, más adelante se tomaron estas mediciones para dar la explicación de cada una de las gráficas de acuerdo a su comportamiento de consumo energético, la producción y las fichas técnicas.

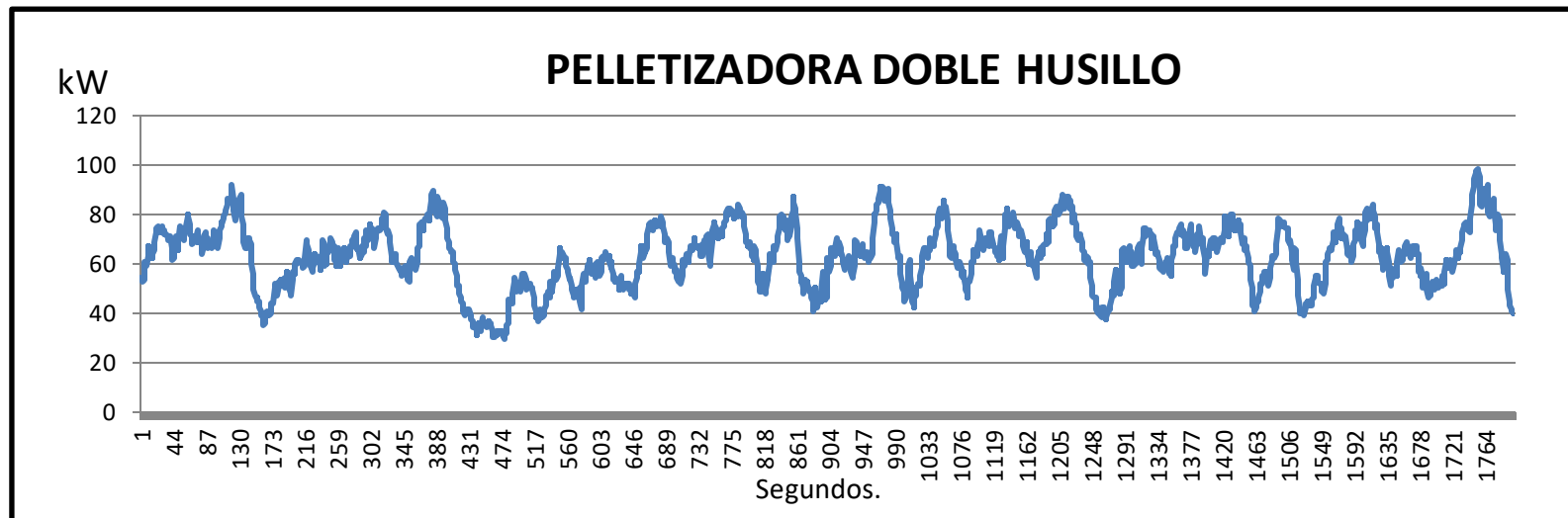
El consumo de energía de las máquinas en el tiempo se observa en las gráficas en la parte inferior del conteo de tiempo en segundos (eje x) respecto al consumo energético (eje y).

A continuación, se presentan 5 gráficas de las 5 máquinas a realizar las mediciones, en orden descendente:

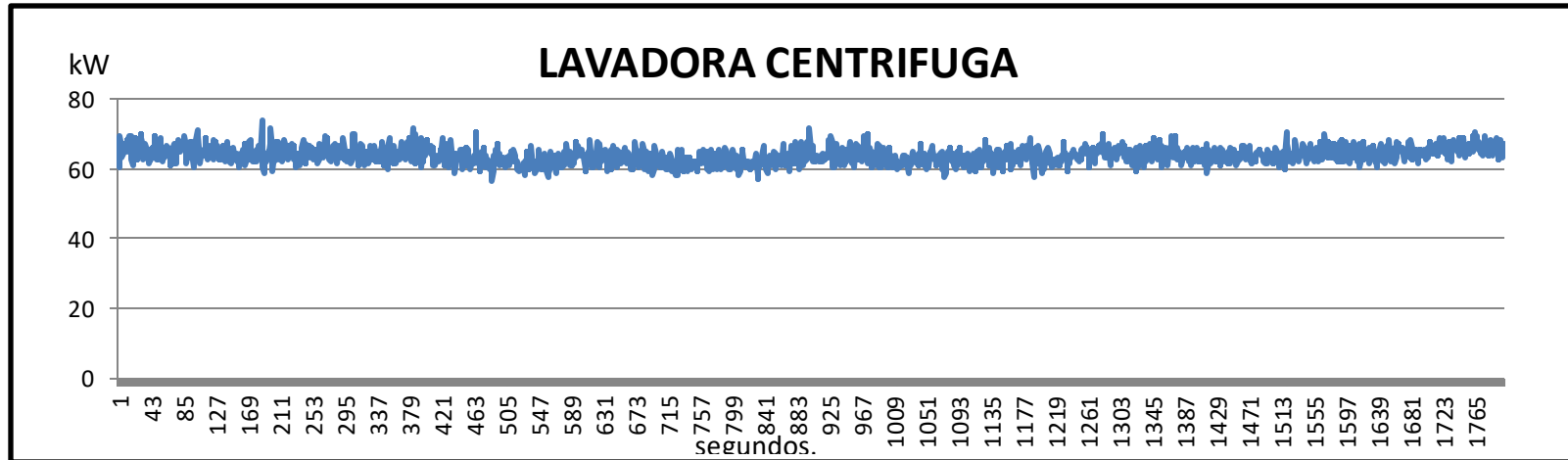
- Peletizadora Mono husillo.
- Peletizadora Doble husillo.
- Centrifuga de Lavado.
- Extrusora de Perfilería.
- Aglutinadora.



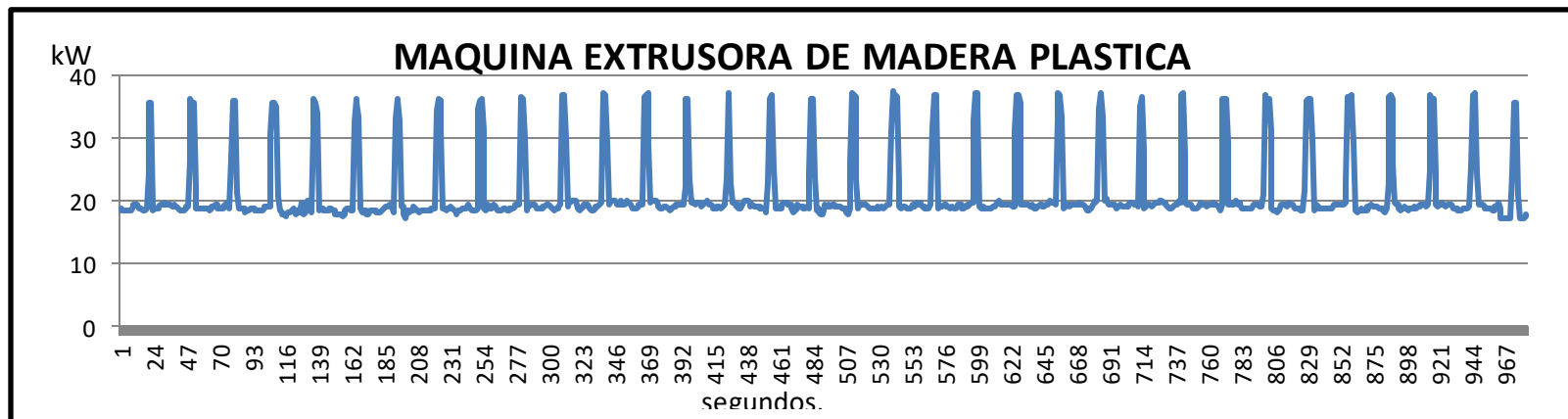
Gráfica 1. Medición directa peletizadora mono husillo con analizador de redes.




Gráfica 2. Medición directa peletizadora doble husillo con analizador de redes.

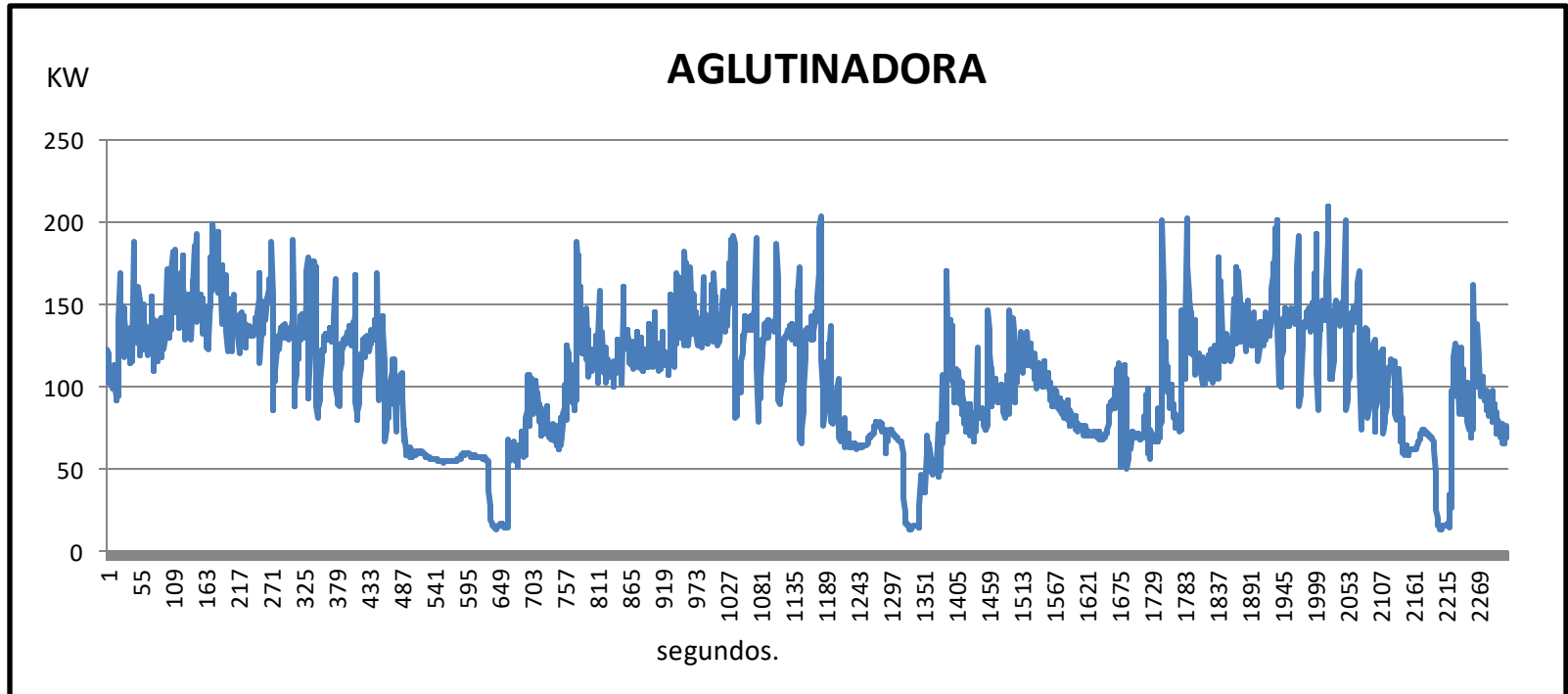


Gráfica 3. Medición directa Lavadora Centrifuga con analizador de redes.




Gráfica 4. Medición directa Extrusora de Perfilería con analizador de redes.

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-27 |



Gráfica 5. Medición directa aglutinadora con analizador de redes.

| | | | |
|---|--------------------------------------|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-27 |

3.3.2 MEDICIONES INDIRECTAS:



Figura 9. Pinzas amperimétricas Fluke (<http://www.viditec.com.ar/fluke-302-em-esp.html>).

En la empresa SC RECYCLING SA, Las mediciones realizadas de forma indirecta consistieron en medir el consumo energético de las máquinas con la pinza amperimétrica fluke 322 digital la cual mide la corriente eléctrica AC.DC y 400 A ver **figura 9**.

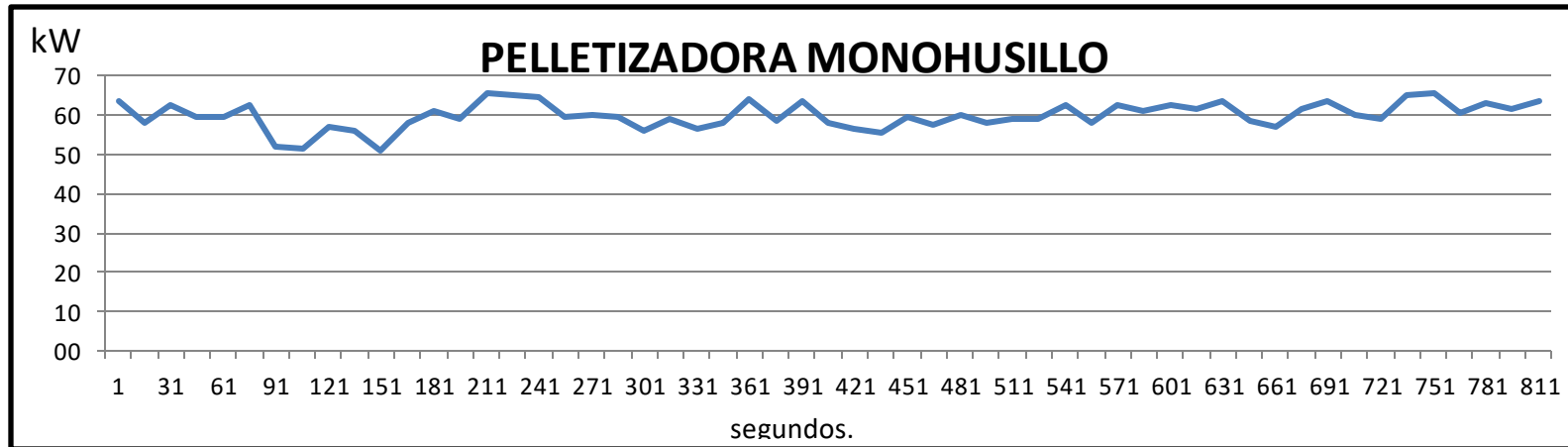
Las mediciones de corriente eléctrica fueron realizadas durante 15 minutos aproximadamente en intervalos de cada 15 segundos. El voltaje medido para las peletizadoras fue de 220 voltios y 440 voltios, para la centrifuga de lavado, extrusora de perfilera, y la aglutinadora.

Para calcular y graficar la potencia aparente se utilizó el $\cos \Phi$ registrado por el analizador de redes ya que no se contaba con otro instrumento de medición.

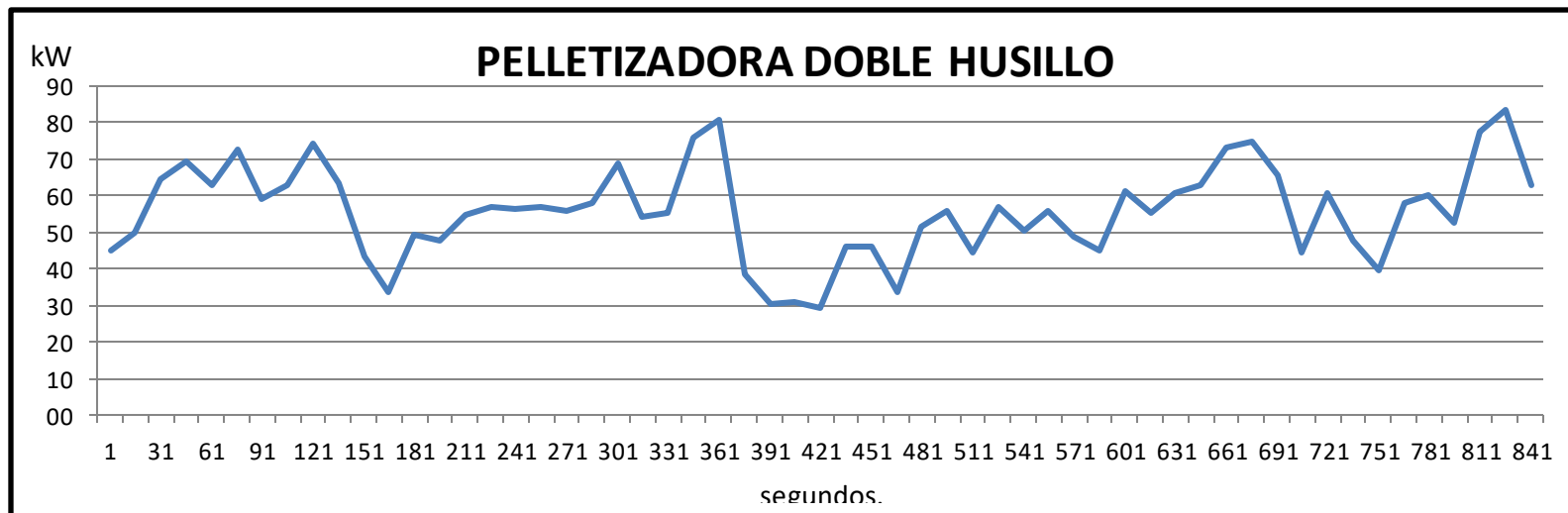
La fórmula de potencia aparente trifásica es:

$$p = \sqrt{3} * V * I * \cos\Phi \text{ (analizador de redes)}$$

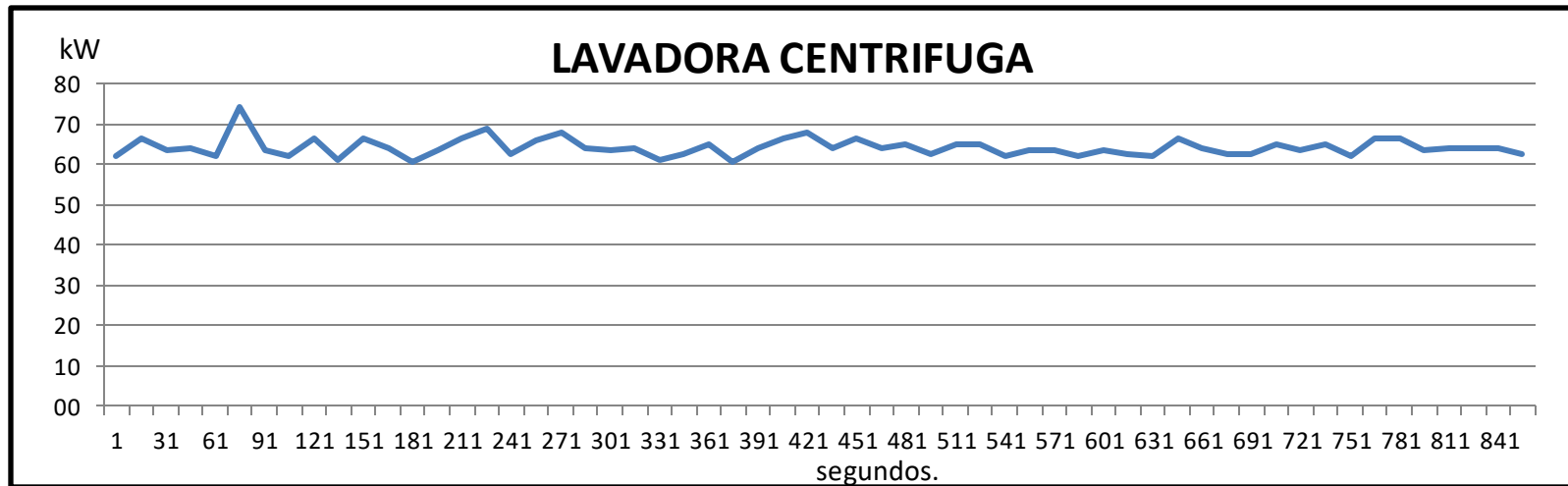
La potencia aparente o consumo de energía en el tiempo se observa en la parte inferior de las gráficas el conteo de tiempo en segundos (eje x) respecto al consumo energético (eje y).



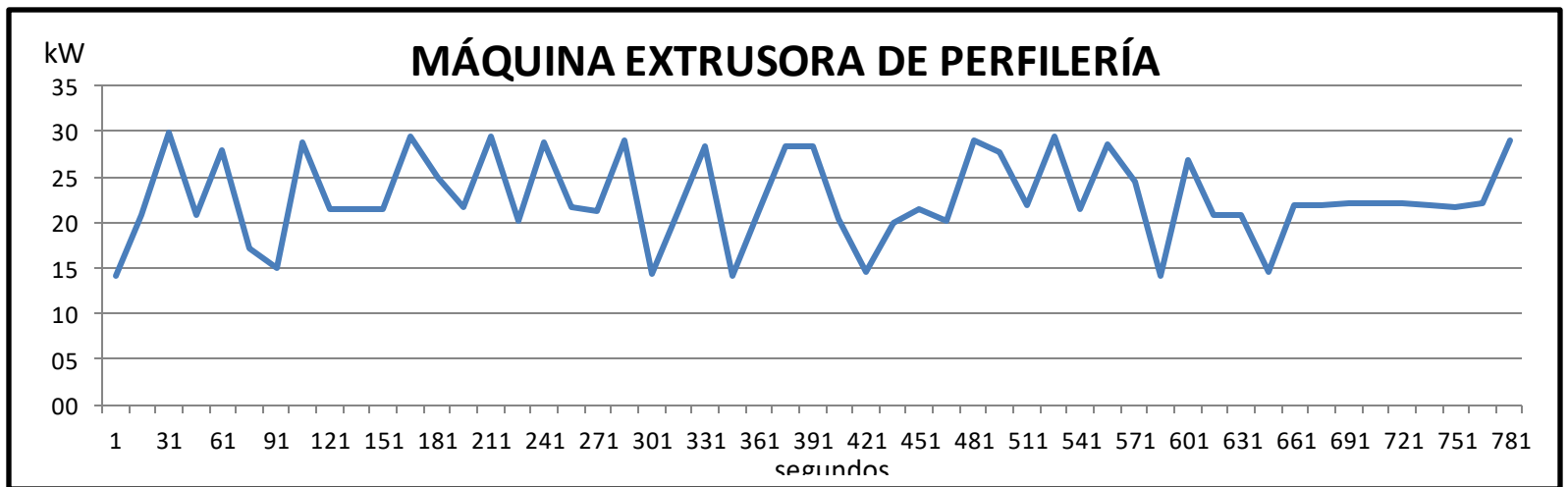
Gráfica 6. Medición indirecta peletizadora mono husillo con pinzas



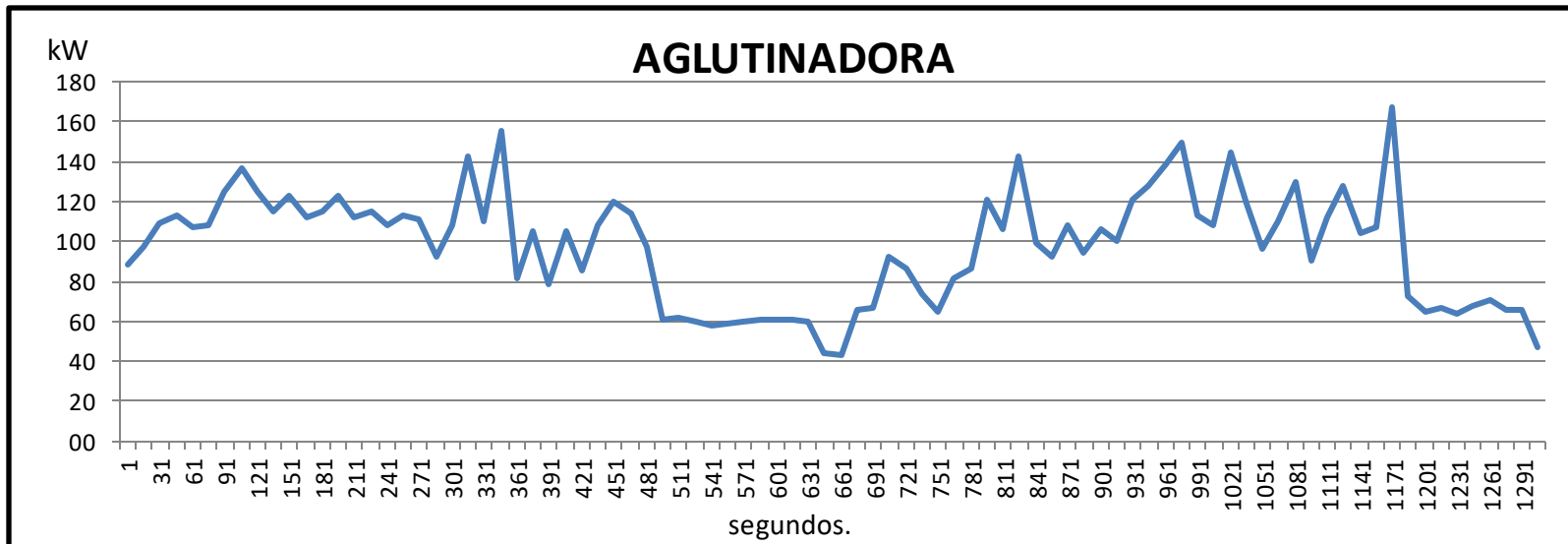
Gráfica 7. Medición indirecta peletizadora doble husillo con pinzas




Gráfica 8. Medición indirecta lavadora centrifuga con pinzas



Gráfica 9. Medición indirecta Extrusora de Perfilería con pinzas



Gráfica 10. Medición indirecta Aglutinadora con pinza

| | | | |
|---|--------------------------------------|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-27 |

3.4 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.

3.4.1 RELACIÓN DE MEDIDAS DIRECTAS VS INDIRECTAS

Se realizaron comparaciones donde se observan las gráficas realizadas por el analizador de redes Fluke (directas) durante 15 minutos continuas, y las gráficas de las mediciones realizadas por las pinzas (indirectas) fueron en intervalos de cada 15 segundos durante 15 minutos, Los picos generados en las gráficas no van a estar en el mismo tiempo porque las mediciones en las pinzas son datos registrados visualmente mientras los datos registrados por el analizador siempre van a ser constantes. A las gráficas (directas e indirectas) se les realizó la desviación estándar, el promedio, el cálculo de límites máximos y mínimos, así mismo realizar un análisis estadístico de cada una de las mediciones (directas e indirectas) con el fin de compararlas.

Se realizó el análisis de variación Anova que consiste en una técnica estadística diseñada para comparar la varianza de dos mediciones con el fin de ver si tienen similitudes.

Se obtuvo un resultado de viabilidad para medir con la pinza amperimétrica a cada máquina, teniendo como patrón de medición el analizador de redes para realizar trabajos futuros de acuerdo a la **tabla 6** condiciones Anova.

| |
|---|
| Si valor Probabilidad < alfa <u>rechazo</u> Ho |
| Si valor Probabilidad > alfa <u>acepto</u> Ho |
| Ho= $\mu A = \mu B$ |
| Si "F" calculada < F tabulada no hay diferencia estadística significativa. (Acepto) |
| Si "F" calculada > F si hay diferencia estadística significativa. (Rechazo) |
| F" tabulada" (valor crítico para F). |

Tabla 6. Condiciones Anova

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

3.4.1.1 Relación de medidas directas vs indirectas peletizadora mono husillo.

ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN FACTOR EN LA PELETIZADORA MONO HUSILLO:

RESUMEN

| Grupos | Cuenta | Suma | Promedio | Varianza | Desviación stand. | Min. | Max. |
|---------------------------------------|--------|----------|----------|----------|-------------------|-------|-------|
| POTENCIA CALCULADA Kw (pinzas) | 55 | 3298,66 | 59,98 | 11,14 | 3,34 | 56,64 | 63,31 |
| POTENCIA MEDIDA (analizador) | 819 | 50999,85 | 62,27 | 16,95 | 4,12 | 58,15 | 66,39 |

ANÁLISIS DE VARIANZA

| Origen de las variaciones | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Promedio de los cuadrados | F | Probabilidad | Valor crítico para F |
|---------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|-------------|--------------|----------------------|
| Entre grupos | 271,51 | 1 | 271,51 | 16,36609644 | 5,684E-05 | 3,85214495 |
| Dentro de los grupos | 14466,46 | 872 | 16,59 | | | |
| Total | 14737,98 | 873 | | | | |


| | |
|--|---|
| F (calculada) 0.00005684 < F (tabulada) 0.05 | rechazada para la medición con las pinzas amperimétricas de acuerdo tabla 6 |
|--|---|

Tabla 7. Análisis de varianza peletizadora mono husillo

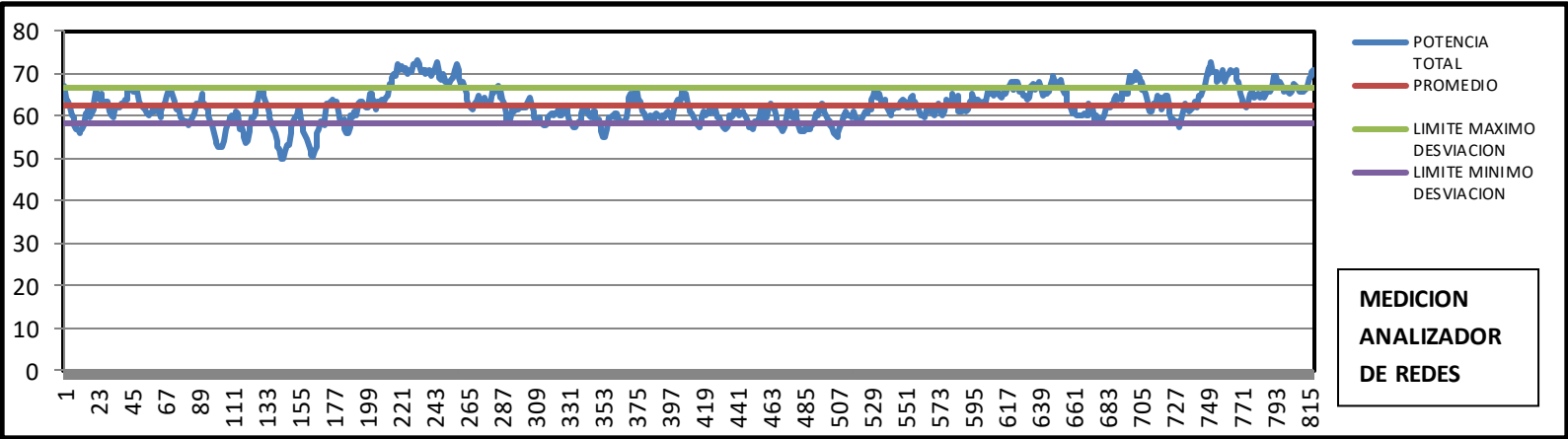
Analizando la **tabla 7** de variabilidad Anova se puede observar que no cumple con las condiciones para medir el consumo energético en la peletizadora mono husillo con las pinzas amperimétricas de acuerdo a la **tabla 6** de condiciones de varianza

Para la máquina peletizadora mono husillo se observa en la **gráfica 11 y 12** que la medición realizada con el analizador de redes el tiempo fue de 1275 segundos y con las pinzas fueron realizadas durante 811 segundos.

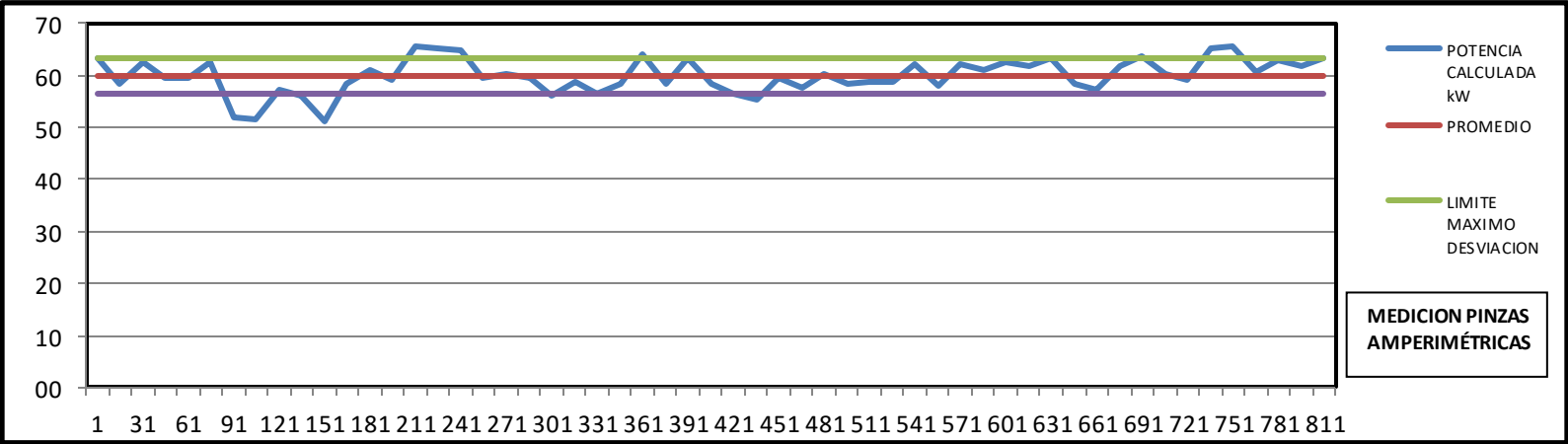
El promedio de consumo energético durante la medición registrada por el medidor es de 62 kW y las pinzas es 60 kW la diferencia de consumo energético es de 2kW.

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-27 |


GRÁFICAS DE CONSUMO ENERGETICO PELETIZADORA MONO HUSILLO:



Gráfica 11. Medición directa peletizadora mono husillo con analizador de redes, desviación estándar y promedio.



Gráfica 12. Medición indirecta peletizadora mono husillo con pinzas, desviación estándar y promedio.

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-27 |

3.4.1.2 Relación de medidas directas vs indirectas peletizadora doble husillo.

ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN FACTOR PELETIZADORA DOBLE HUSILLO:

RESUMEN

| Grupos | Cuenta | Suma | Promedio | Varianza | Desv. stand. | Min. | Max. |
|--------------------------------|--------|----------|----------|----------|--------------|-------|-------|
| POTENCIA CALCULADA kW (pinzas) | 57 | 3176,72 | 55,73 | 162,56 | 12,75 | 42,98 | 68,48 |
| POTENCIA MEDIDA (analizador) | 849 | 52097,43 | 61,36 | 174,30 | 13,20 | 48,16 | 74,57 |

ANÁLISIS DE VARIANZA

| Origen de las variaciones | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Promedio de los cuadrados | F | Probabilidad | Valor crítico para F |
|--|-------------------|--------------------|---------------------------|---|--------------|----------------------|
| Entre grupos | 1693,91 | 1 | 1693,91 | 9,759339 | 0,001841 | 3,851765928 |
| Dentro de los grupos | 156905,93 | 904 | 173,57 | | | |
| Total | 158599,84 | 905 | | | | |
| F (calculada) 0.001841 < F (tabulada) 0.05 | | | | rechazada para la medición con las pinzas amperimétricas de acuerdo tabla 6 | | |

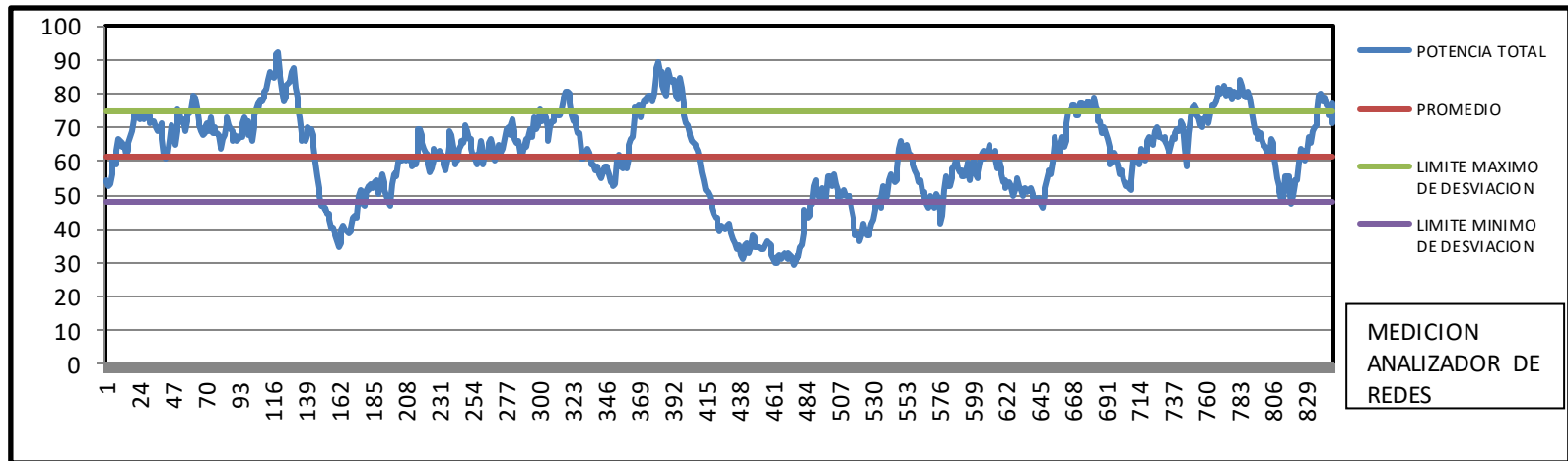
Tabla 8. Análisis de varianza peletizadora doble husillo

Analizando la **tabla 8** de variabilidad Anova se puede observar que no cumple con las condiciones para medir el consumo energético en la peletizadora doble husillo con las pinzas amperimétricas acuerdo a la **tabla 6** de condiciones de varianza.

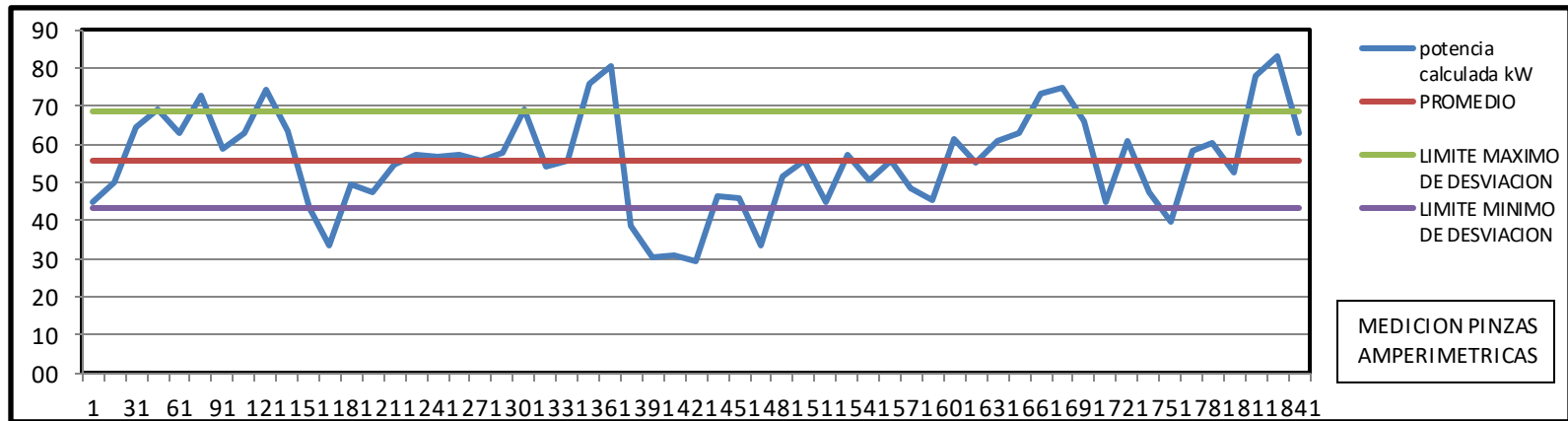
Para la máquina peletizadora doble husillo se observa en la **gráfica 13 y 14** que la medición realizada con el analizador de redes el tiempo fue de a 829 segundos y con las pinzas fueron realizadas durante a 841 segundos, para el analizador.

El promedio de consumo energético durante la medición registrada por el medidor es de 61 kW y las pinzas es 56 kW la diferencia de consumo energético es de 5kW.


GRÁFICAS DE CONSUMO ENERGETICO PELETIZADORA DOBLE HUSILLO:



Gráfica 13. Medición directa peletizadora doble husillo con analizador de redes, desviación estándar y promedio.



Gráfica 14. Medición indirecta peletizadora doble husillo con pinzas, desviación estándar y promedio.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-27 |

3.4.1.1 Relación de medidas directas vs indirectas centrifuga de lavado.

ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN FACTOR CENTRIFUGA DE LAVADO:

RESUMEN

| Grupos | Cuenta | Suma | Promedio | Varianza | Desv. Stand. | Min. | Max. |
|-----------------------------------|--------|---------|----------|----------|--------------|-------|-------|
| POTENCIA CALCULADA Kw (pinzas) | 58 | 3720,96 | 64,15 | 5,27 | 2,30 | 61,86 | 66,45 |
| POTENCIA MEDIDA (analizador) | 859 | 54681,4 | 63,66 | 6,40 | 2,53 | 61,13 | 66,19 |

ANÁLISIS DE VARIANZA

| Origen de las variaciones | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Promedio de los cuadrados | F | Probabilidad | Valor crítico para F |
|---------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|------------|--------------|----------------------|
| Entre grupos | 13,45 | 1 | 13,45 | 2,12531477 | 0,14522614 | 3,851641774 |
| Dentro de los grupos | 5788,91 | 915 | 6,33 | | | |
| Total | 5802,35 | 916 | | | | |

| | |
|--|--|
| F (calculada) 0.14 > F (tabulada) 0.05 | aprobada para la medición con las pinzas amperimétricas de acuerdo tabla 6 |
|--|--|

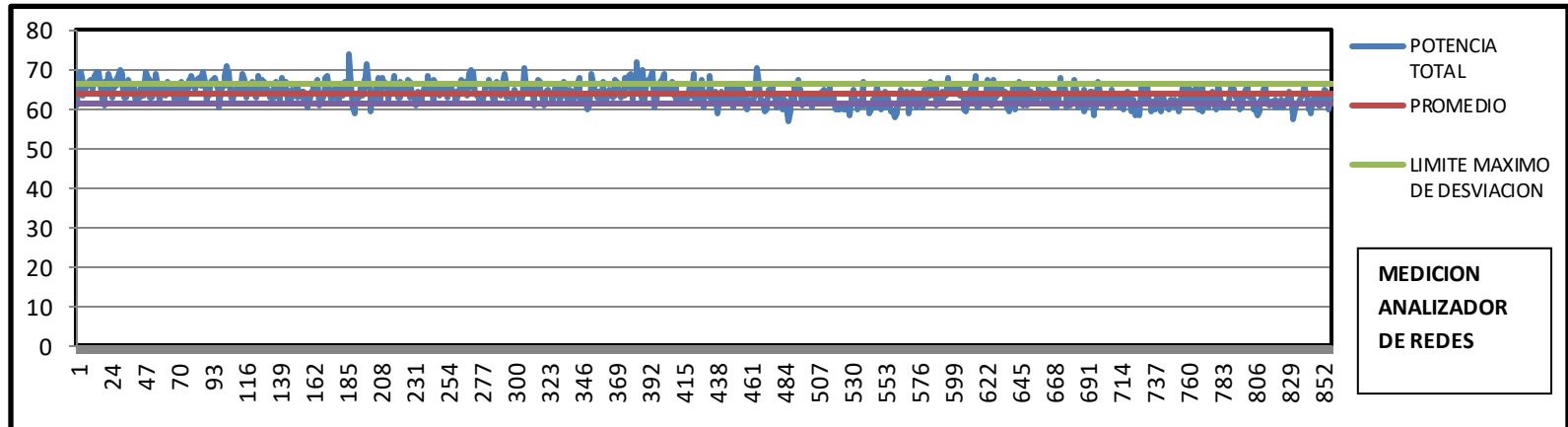
Tabla 9. Análisis de varianza de centrifuga de lavado

Analizando la **tabla 9** de variabilidad Anova se puede observar que cumple con las condiciones para medir el consumo energético en la centrifuga de lavado con las pinzas amperimétricas de acuerdo a la **tabla 6** de condiciones de varianza.

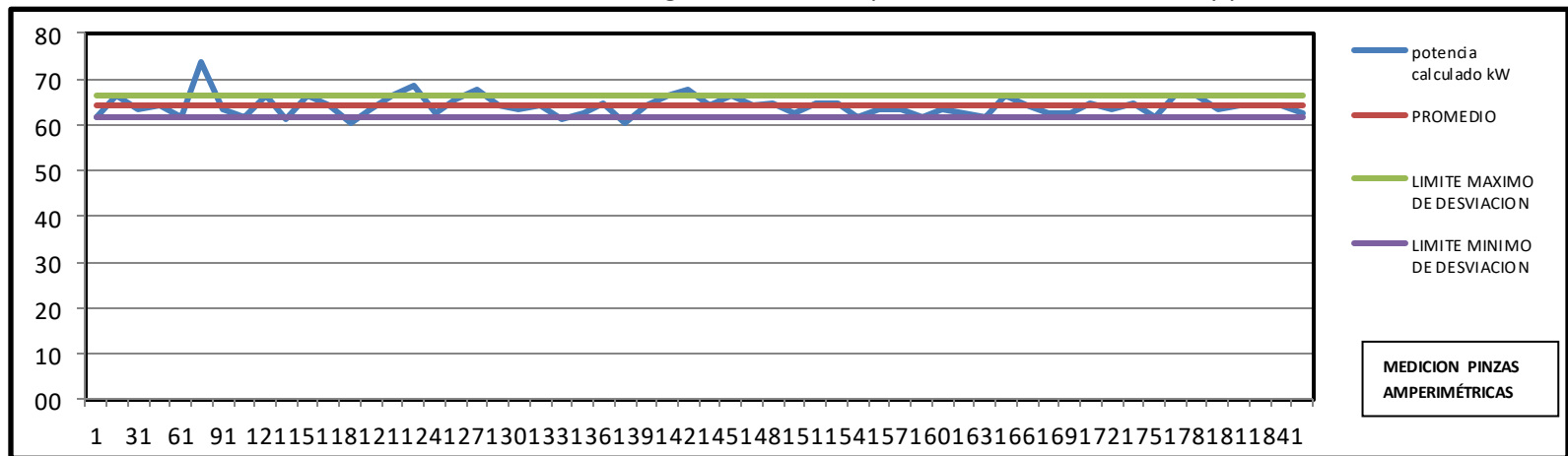
Para la máquina centrifuga de lavado se observa en la **gráfica 15 y 16** que la medición realizada con el analizador de redes los tiempos fueron constantes con pocas variaciones, la del analizador fue continua cada segundo.

El promedio de consumo energético durante la medición registrada por el medidor es de 64 kW y las pinzas es 63 kW la diferencia de consumo energético es de 1kW.


GRÁFICAS DE CONSUMO ENERGETICO MÁQUINA CENTRIFUGA DE LAVADO:



Gráfica 15. Medición directa centrifuga de lavado con pinzas, desviación estándar y promedio.



Gráfica 16. Medición indirecta centrifuga de lavado con analizador de redes, desviación estándar y promedio.

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-27 |

3.4.1.2 Relación de medidas directas vs indirectas extrusora de perfilería.

ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN FACTOR EXTRUSORA DE PERFILERÍA:

RESUMEN

| Grupos | Cuenta | Suma | Promedio | Varianza | Desv. Stand. | min | max |
|--------------------------------|--------|---------|----------|----------|--------------|-------|-------|
| POTENCIA CALCULADA kW (pinzas) | 53 | 1202,52 | 22,69 | 22,24 | 4,72 | 17,97 | 27,41 |
| POTENCIA MEDIDA (analizador) | 784 | 16631,6 | 21,21 | 29,05 | 5,39 | 15,82 | 26,60 |

ANÁLISIS DE VARIANZA

| Origen de las variaciones | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Promedio de los cuadrados | F | Probabilidad | Valor crítico para F |
|---|-------------------|--------------------|---------------------------|--|--------------|----------------------|
| Entre grupos | 108,04 | 1 | 108,04 | 3,77471168 | 0,052368678 | 3,852619487 |
| Dentro de los grupos | 23900,20 | 835 | 28,62 | | | |
| Total | 24008,24 | 836 | | | | |
| F (calculada) 0.05236 > F (tabulada) 0.05 | | | | aprobada para la medición con las pinzas amperimétricas de acuerdo tabla 6 | | |

Tabla 10. Análisis de varianza de Extrusora de Perfilería.

Analizando la **tabla 10** de variabilidad Anova se puede observar que cumple con las condiciones para medir el consumo energético en la extrusora de perfilería con las pinzas amperimétricas acuerdo a la **tabla 6** de condiciones de varianza.

Para la máquina extrusora de perfilería se observa en la **gráfica 17 y 18** que la medición realizada con el analizador de redes el tiempo fue de a 771 segundos y con las pinzas fueron realizadas durante 781 segundos, para el analizador.

El promedio de consumo energético durante la medición registrada por el medidor es de 21 kW y las pinzas es 23 kW la diferencia de consumo energético es de 2kW.

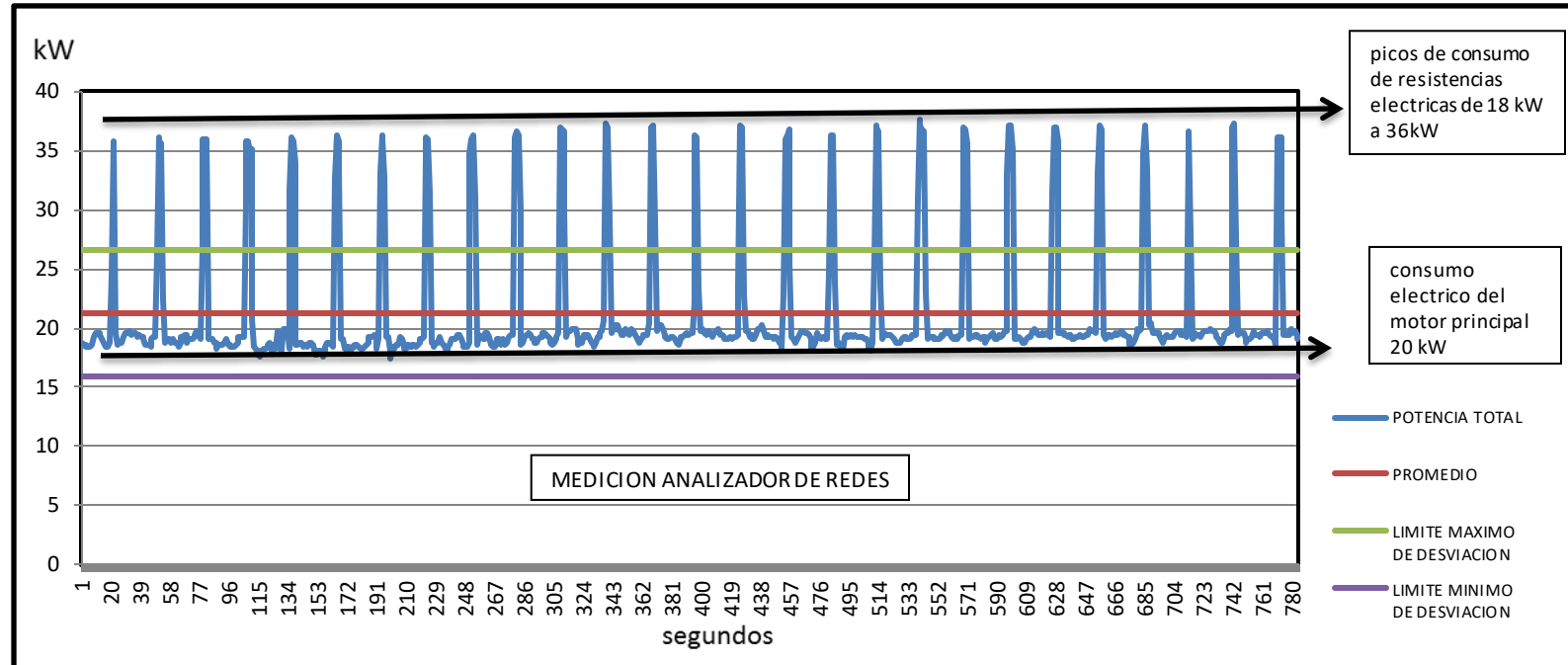
La máquina extrusora de perfilería costa de 6 zonas de resistencias que son controlados por 6 controles de temperatura análogo/digital los set-point de cada controlador es análogo mientras que las pantallas son digitales, la diferencia de los controles digitales/digitales es que son más precisos y además tiene parámetros de programación que van más allá de sobrepasar un valor de medida un ejemplo sería que la resistencia

| | | | |
|---|--------------------------------------|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-22 |

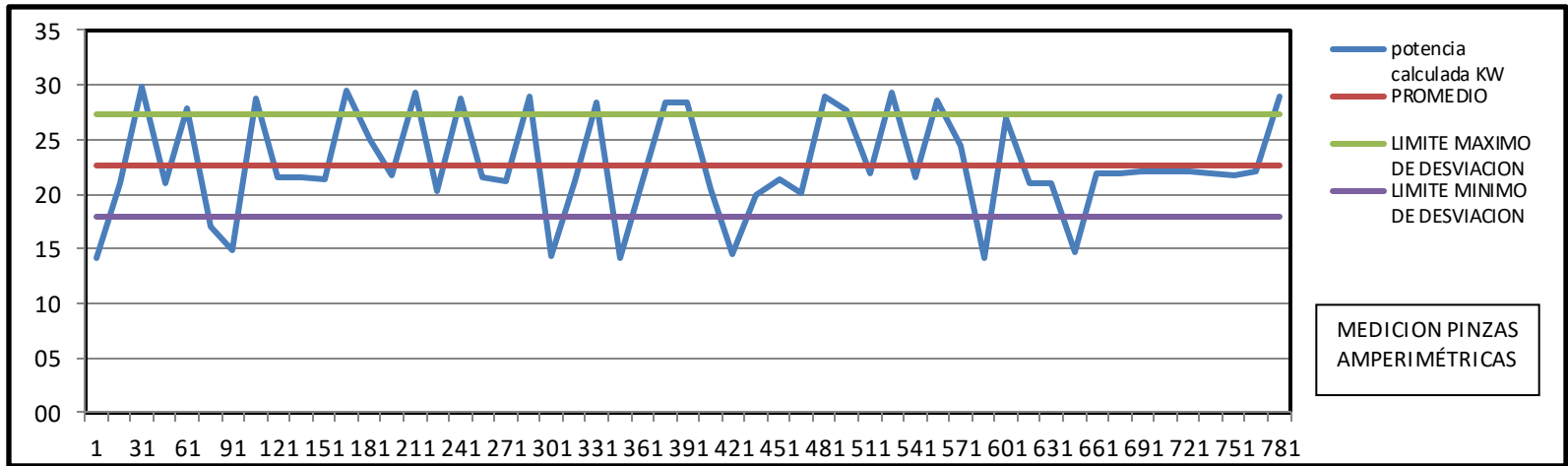
sobrepasa al set-point y esta no vuelve ser energizada hasta que disminuya 10°C por debajo del valor establecido en el controlador.

El consumo energético en cargas resistiva no varían en tiempo por esto se evidenció en la **gráfica 17** del analizador de redes el valor de 18 kW constante que es el consumo del motor principal, y cuando el controlador energiza un carga resistiva aumenta proporcionalmente el consumo energético hasta llegar alrededor de 36 kW. Durante la medición se evidencia que solo entra una zona de calentamiento por que las demás habían alcanzado el set-point en el controlador de temperatura.


GRÁFICA CONSUMO ENERGÉTICO EXTRUSORA DE PERFILERÍA:



Gráfica 17. Medición directa Extrusora de perfilería con analizador de redes, desviación estándar y promedio.



Gráfica 18. Medición indirecta Extrusora de Perfilería con pinzas, desviación estándar y promedio.

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-27 |

3.4.1.3 Relación de medidas directas vs indirectas aglutinadora.

ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN FACTOR AGLUTINADORA:

RESUMEN

| Grupos | Cuenta | Suma | Promedio | Varianza | Desv. Stand. | Min. | Max. |
|--------------------------------|--------|-----------|----------|----------|--------------|-------|--------|
| POTENCIA CALCULADA Kw (pinzas) | 88 | 8593,68 | 97,66 | 774,06 | 27,82 | 69,83 | 125,48 |
| POTENCIA MEDIDA (analizador) | 1309 | 145839,78 | 111,41 | 1418,87 | 37,67 | 73,75 | 149,08 |

ANÁLISIS DE VARIANZA

| Origen de las variaciones | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Promedio de los cuadrados | F | Probabilidad | Valor crítico para F |
|---------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|-----------|--------------|----------------------|
| Entre grupos | 15606,82 | 1 | 15606,82 | 11,320291 | 0,000787456 | 3,848133451 |
| Dentro de los grupos | 1923229,71 | 1395 | 1378,66 | | | |
| Total | 1938836,53 | 1396 | | | | |

F (calculada) 0.00078748564 > F (tabulada) 0.05 **rechazada** para la medición con las pinzas amperimétricas de acuerdo **tabla 6**

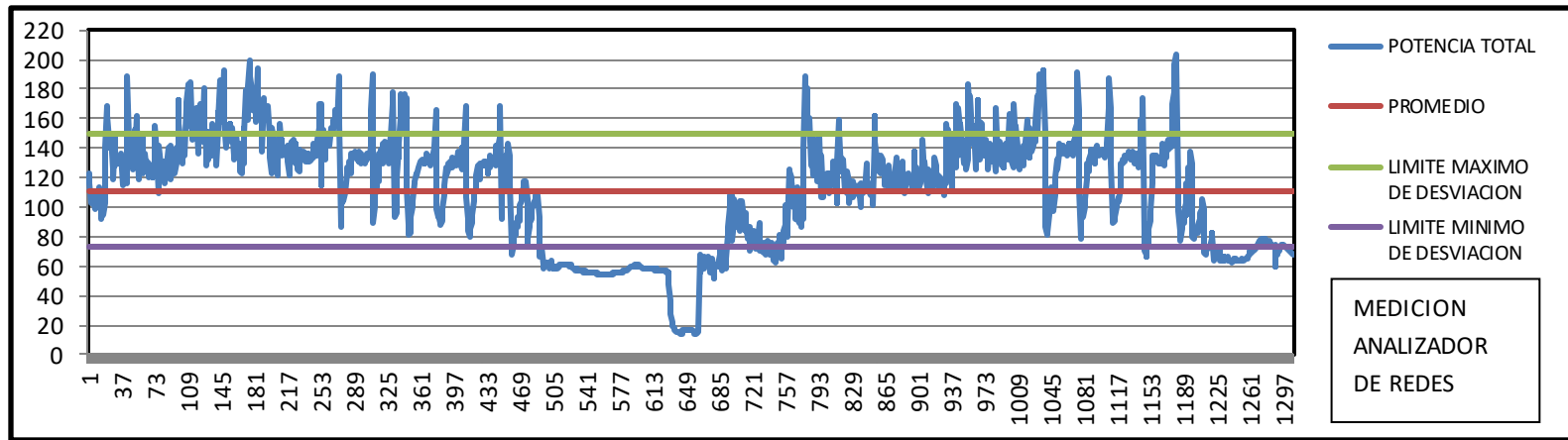
Tabla 11 Análisis de varianza de Aglutinadora.

Analizando la **tabla 11** de variabilidad Anova se puede observar que no cumple con las condiciones para medir el consumo energético en la aglutinadora con las pinzas amperimétricas acuerdo a la **tabla 6** de condiciones de varianza.

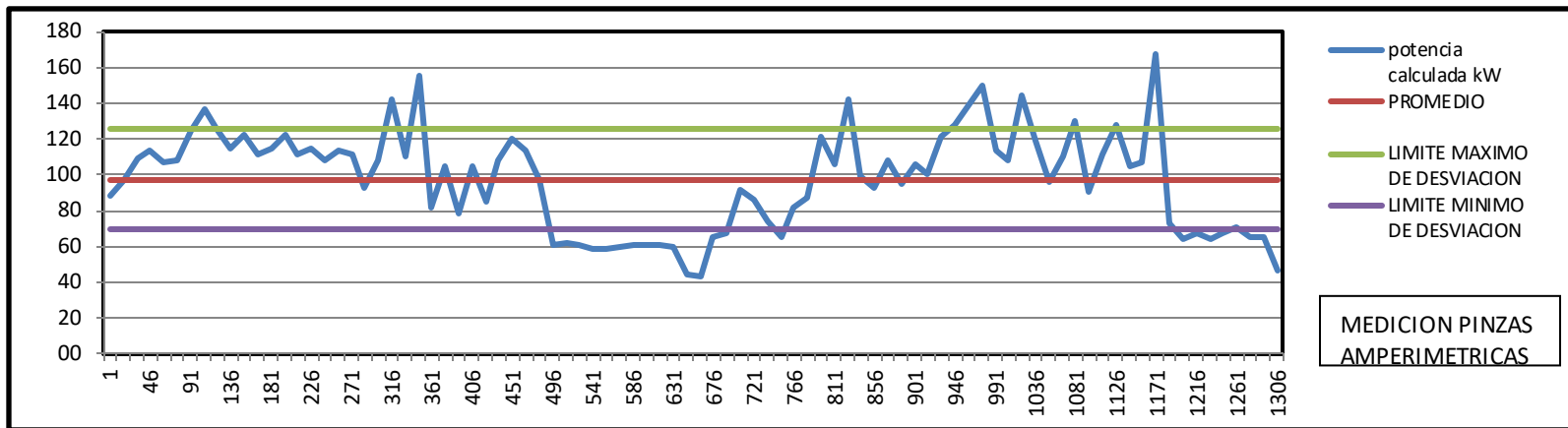
Para la máquina aglutinadora se observa en la **gráficas 19 y 20** que la medición realizada con el analizador de redes el tiempo fue de a 1297 segundos y con las pinzas fueron realizadas durante 1306 segundos, para el analizador.

El promedio de consumo energético durante la medición registrada por el medidor es de 111 kW y las pinzas es 98 kW la diferencia de consumo energético es de 14kW.

GRÁFICA DE CONSUMO ENERGÉTICO AGLUTINADORA:



Gráfica 19. Medición directa Aglutinadora con analizador de redes, desviación estándar y promedio



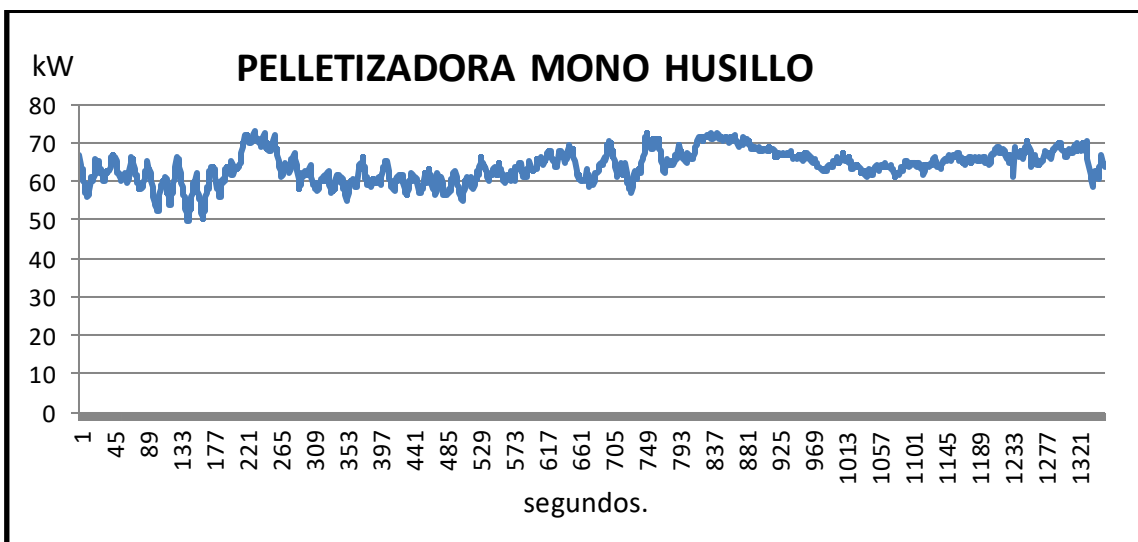
Gráfica 20. Medición indirecta Aglutinadora con pinzas, desviación estándar y promedio.

3.4.2 RELACIÓN DE CONSUMO ENERGÉTICO CON LA PRODUCCIÓN.

Las gráficas de consumo energético realizadas con el analizador de redes fluke se comparan con la cantidad de material procesado durante la medición, y a su vez comparan estas con la máxima producción del día en el año 2016 en cada una de las máquinas; la peletizadora mono husillo, la peletizadora doble husillo, la extrusora de perfilería, la aglutinadora, y la centrifuga de lavado.

Con toda la anterior información se busca calcular la eficiencia energética y la capacidad operativa en cada una de la maquinas antes mencionadas.


3.4.2.1 Relación de consumo energético vs producción peletizadora mono husillo.



Gráfica 21. Medición directa de la peletizadora mono husillo.

| MEDICION DE PRODUCCION: | | |
|---|--------------|-----------------|
| Mezcla de Polietileno de baja 60% y polipropileno 40% | | |
| ITEM | Tiempo (min) | PESO (Kg) |
| 1 | 15 | 48 |
| 2 | 15 | 62 |
| 3 | 15 | 58 |
| 4 | 15 | 53 |
| Total producido | | 221 kg/h |

Tabla 12. Medición de Producción peletizadora mono husillo.

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-27 |

| AGLUTINADORA | | PELETIZADORA MONOHUSILLO | | PELETIZADORA DOBLEHUSILLO | | EXTRUSORA DE PERFILERÍA | |
|--------------|---------------|--------------------------|---------------|---------------------------|---------------|-------------------------|-------------|
| Día | Aglutinado Kg | Día | Peletizado Kg | Día | Aglutinado Kg | Día | Extruido Kg |
| 1 | 3425 | 1 | 1825 | 1 | 2800 | 1 | 0 |
| 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 |
| 3 | 0 | 3 | 0 | 3 | 0 | 3 | 0 |
| 4 | 0 | 4 | 0 | 4 | 0 | 4 | 0 |
| 5 | 1200 | 5 | 500 | 5 | 600 | 5 | 0 |
| 6 | 6250 | 6 | 5575 | 6 | 4900 | 6 | 355 |
| 7 | 7175 | 7 | 3725 | 7 | 3125 | 7 | 472,5 |
| 8 | 8000 | 8 | 3650 | 8 | 1300 | 8 | 365 |
| 9 | 6625 | 9 | 3675 | 9 | 2950 | 9 | 300 |
| 10 | 7675 | 10 | 4875 | 10 | 4750 | 10 | 355 |
| 11 | 4375 | 11 | 2775 | 11 | 2425 | 11 | 287,5 |
| 12 | 0 | 12 | 0 | 12 | 350 | 12 | 0 |
| 13 | 1825 | 13 | 0 | 13 | 5450 | 13 | 0 |
| 14 | 7800 | 14 | 1875 | 14 | 3100 | 14 | 169,1 |
| 15 | 6750 | 15 | 3950 | 15 | 2850 | 15 | 456,4 |
| 16 | 7150 | 16 | 3700 | 16 | 5425 | 16 | 531,6 |
| 17 | 6150 | 17 | 4550 | 17 | 3200 | 17 | 242 |
| 18 | 3350 | 18 | 1175 | 18 | 2050 | 18 | 175 |
| 19 | 1500 | 19 | 0 | 19 | 700 | 19 | 0 |
| 20 | 5925 | 20 | 0 | 20 | 1400 | 20 | 334,8 |
| 21 | 6875 | 21 | 3075 | 21 | 0 | 21 | 372,5 |
| 22 | 4150 | 22 | 2100 | 22 | 4325 | 22 | 218,8 |
| 23 | 5050 | 23 | 3725 | 23 | 4425 | 23 | 446,6 |
| 24 | 0 | 24 | 4800 | 24 | 4425 | 24 | 316,3 |
| 25 | 0 | 25 | 2500 | 25 | 1900 | 25 | 311,1 |
| 26 | 0 | 26 | 1175 | 26 | 1075 | 26 | 0 |
| 27 | 800 | 27 | 4400 | 27 | 2850 | 27 | 486,2 |
| 28 | 7825 | 28 | 3675 | 28 | 2275 | 28 | 355 |
| 29 | 8025 | 29 | 3700 | 29 | 3650 | 29 | 451,2 |
| 30 | 12575 | 30 | 7200 | 30 | 5650 | 30 | 227,1 |
| 109875 | | 67300 | | 68650 | | 6550,4 | |
| TOTAL | | TOTAL | | TOTAL | | TOTAL | |

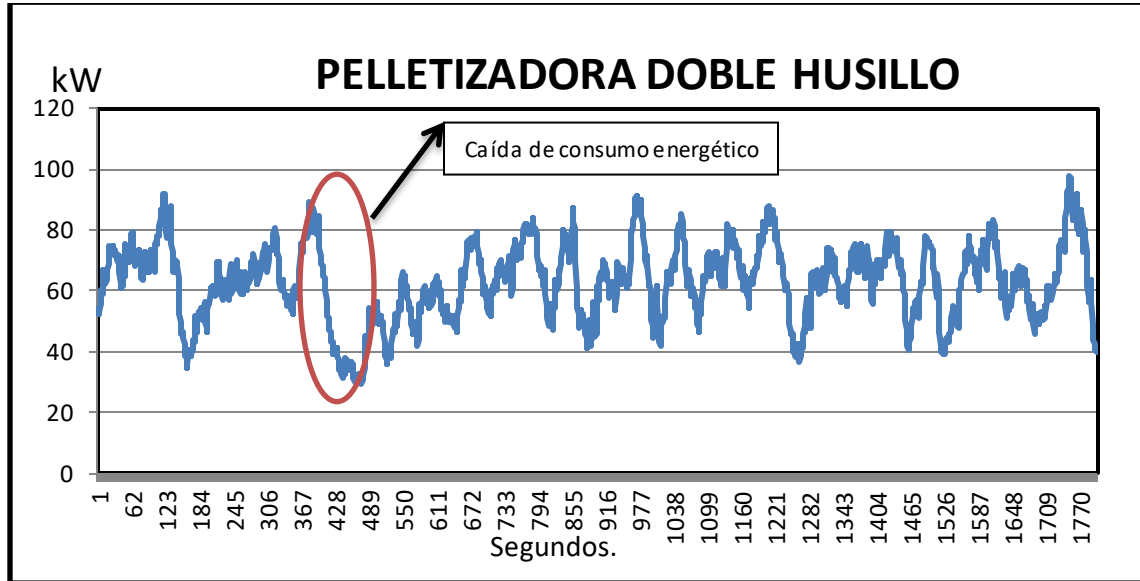
| |
|---------------------------------------|
| TOTAL PRODUCTO TERMINADO MES DE ABRIL |
| 252375 |

Tabla 13. Tabla producción mes de abril.

Durante la medición del analizador de redes en la Peletizadora mono husillo se registraron 4 mediciones de producción en intervalos de 15 minutos, esta procesó 221 kg/h de Polietileno de baja 60% y Polipropileno 40%, se puede visualizar en la **tabla 13**; de acuerdo a la ficha técnica esta máquina tiene la capacidad de producir 300 kg/h ver **tabla 1**; se calcula que la máquina está en una capacidad operativa del 73%.

Haciendo la comparación de la ficha técnica 300 kg/h ver **tabla 1**, con el máximo rendimiento diario de la máquina 5575 kg/día o 232 kg/h registrado en la **tabla 14**; se evidencia una máxima operatividad del 77 %.


3.4.2.2 Relación de consumo energético vs producción peletizadora doble husillo.



Gráfica 22. Medición directa peletizadora doble husillo.

| MEDICION DE PRODUCCION: | | |
|---|---------------|-----------|
| Mezcla de Polietileno de baja policolor (guantelete) 65% y Polietileno de baja 25% y stretch sucio 10 % | | |
| ITEM | Tiempo (min.) | PESO (Kg) |
| 1 | 15 | 65 |
| 2 | 15 | 80 |
| 3 | 15 | 52.5 |
| 4 | 15 | 72.5 |
| Total producido 270 kg/h | | |


Tabla 14. Medición de Producción peletizadora doble husillo.

|  RENDIMIENTO DIARIO DE MAQUINAS FEBRERO | | | | | | | |
|---|---------------|--------------------------|---------------|----------------------------|---------------|------------------------|-------------|
| AGLUTINADORA | | PELETIZADORA MONOHUSILLO | | PELETIZADORA DOBLE HUSILLO | | EXTRUSORA DE PERFLERÍA | |
| Día | Aglutinado Kg | Día | Peletizado Kg | Día | Peletizado Kg | Día | Extruido Kg |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 2 | 7200 | 2 | 975 | 2 | 2350 | 2 | 0 |
| 3 | 6150 | 3 | 3775 | 3 | 0 | 3 | 266,8 |
| 4 | 7675 | 4 | 3800 | 4 | 1675 | 4 | 269,2 |
| 5 | 7350 | 5 | 2200 | 5 | 3575 | 5 | 313,2 |
| 6 | 7125 | 6 | 2400 | 6 | 0 | 6 | 235,6 |
| 7 | 2300 | 7 | 2325 | 7 | 0 | 7 | 149,4 |
| 8 | 0 | 8 | 700 | 8 | 1775 | 8 | 0 |
| 9 | 75 | 9 | 4175 | 9 | 2875 | 9 | 231,2 |
| 10 | 0 | 10 | 5150 | 10 | 9900 | 10 | 343,8 |
| 11 | 2925 | 11 | 3300 | 11 | 2950 | 11 | 281,6 |
| 12 | 7900 | 12 | 4475 | 12 | 1650 | 12 | 327,8 |
| 13 | 5600 | 13 | 4200 | 13 | 5825 | 13 | 0 |
| 14 | 2375 | 14 | 250 | 14 | 5450 | 14 | 184,6 |
| 15 | 7725 | 15 | 50 | 15 | 2250 | 15 | 0 |
| 16 | 7550 | 16 | 0 | 16 | 5700 | 16 | 184,8 |
| 17 | 8125 | 17 | 2900 | 17 | 1600 | 17 | 110 |
| 18 | 6775 | 18 | 4150 | 18 | 1850 | 18 | 315,5 |
| 19 | 7025 | 19 | 3925 | 19 | 2025 | 19 | 243,1 |
| 20 | 6650 | 20 | 3550 | 20 | 12575 | 20 | 265,2 |
| 21 | 4375 | 21 | 2225 | 21 | 2925 | 21 | 317,9 |
| 22 | 6425 | 22 | 375 | 22 | 2200 | 22 | 0 |
| 23 | 6775 | 23 | 175 | 23 | 575 | 23 | 265,2 |
| 24 | 6475 | 24 | 4250 | 24 | 2275 | 24 | 261,8 |
| 25 | 7525 | 25 | 4275 | 25 | 3425 | 25 | 288 |
| 26 | 8725 | 26 | 4575 | 26 | 5375 | 26 | 369 |
| 27 | 6650 | 27 | 4100 | 27 | 3425 | 27 | 192 |
| 28 | 5575 | 28 | 4050 | 28 | 9475 | 28 | 166,4 |
| 153050 | | 76325 | | 94600 | | 5582,1 | |
| TOTAL | | TOTAL | | TOTAL | | TOTAL | |

| |
|--|
| TOTAL (Kg) PRODUCTO TERMINADO MES DE FEBRERO 329557 |
|--|

Tabla 15. Tabla producción mes de febrero

Durante la medición del analizador de redes en la Peletizadora doble husillo se registraron 4 mediciones de producción en intervalos de 15 minutos, esta procesó 270 kg/h del material. Polietileno de baja policolor “guantelete” 65% y Polietileno de baja 25% y stretch sucio 10 % registrados en la **tabla 14**; de acuerdo a la ficha técnica esta máquina tiene la capacidad de producir 500 kg/h ver **tabla 2**; se calcula que la máquina está en una capacidad operativa del 54%.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-27 |

Haciendo la comparación de la ficha técnica 500 kg/h ver **tabla 2**, con el máximo rendimiento diario de la máquina 12575 kg/día o 523 kg/h registrado en la **tabla 15**; se evidencia una máxima operatividad del 104 %.

La lavadora y centrifuga son los encargados de suministrar la materia prima lavada y secada al silo agitador que alimenta la peletizadora doble husillo. Este silo consta de tres niveles alto, medio y bajo, como se indica en la **Figura 10**, al momento de la medición se encontraba en el nivel bajo, esto significa que hay un bache donde se encuentra el tornillo alimentador y por esto el flujo de alimentación no es constante en el tiempo para el tornillo alimentador crammer que abastece al husillo y esto es lo que repercute en los picos de consumo energético.

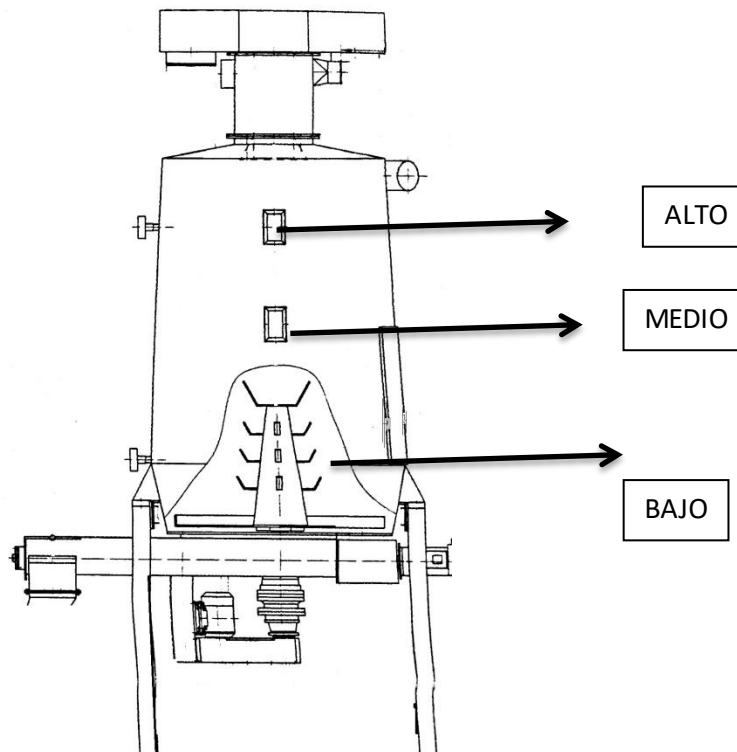
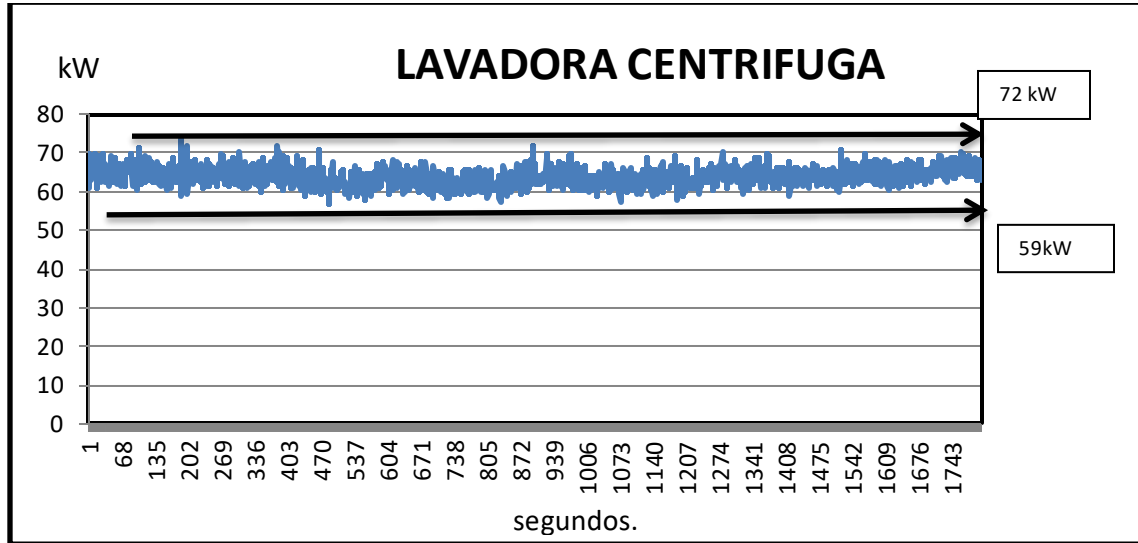


Figura 10. Silo agitador (planos de la maquina).

En el periodo transcurrido entre el segundo 367 hasta el 460 **gráfica 22** (círculo rojo) el silo de almacenamiento estaba totalmente vacío y el operario decide apagar el tornillo alimentador y evacuar el material para cambio de malla en el sistema de filtración y vuelve a iniciar el proceso en el segundos 460 para dar continuidad al proceso a partir de este tiempo el silo no está lleno en su totalidad por lo que se pueden observar varias caídas de consumo energético.

3.4.2.3 Relación de consumo energético vs producción centrifuga de lavado.



Gráfica 23. Medición directa de la lavadora centrífuga.

La centrífuga horizontal es una máquina que logra un alto rendimiento en términos de calidad de la limpieza y secado de plástico. La acción del secado es a través de la fuerza centrífuga desarrollada por un rotor con cuchillas dentro de una cesta perforada, el rotor con cuchillas da golpes al material contra las paredes de la cesta esto permite la eliminación de agua y de las últimas impurezas restantes, al mismo tiempo permite el avance horizontal de la materia prima.

Una característica técnica importante de la cesta perforada es su forma octogonal, que permite un mayor aleteo del material que está siendo procesado y por lo tanto una mejor limpieza; esto, combinado con una alta superficie de trabajo y la acción de la fuerza centrífuga, garantiza un rendimiento excepcional y un bajo consumo de energía.

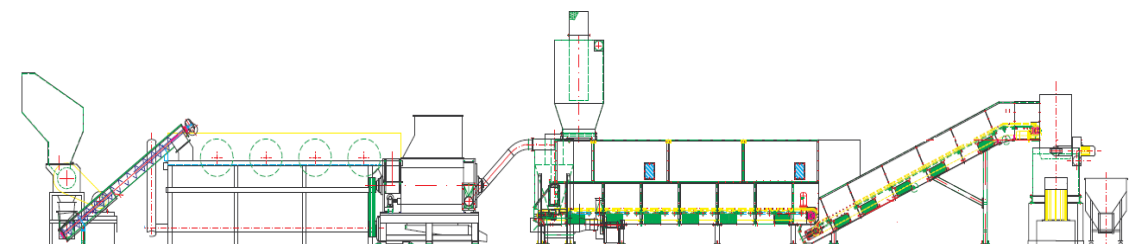



Figura 11. Línea de lavado y centrifugado abasteciendo a la aglutinadora ((<http://www.ovest.it/mpe/fotok2001/costarelli.htm>)).

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-27 |

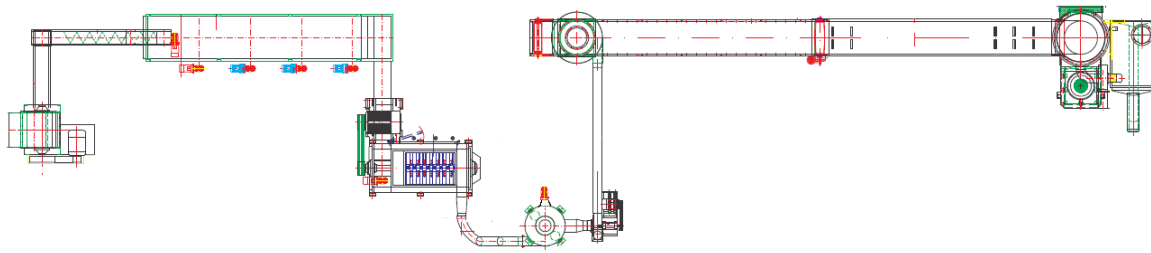
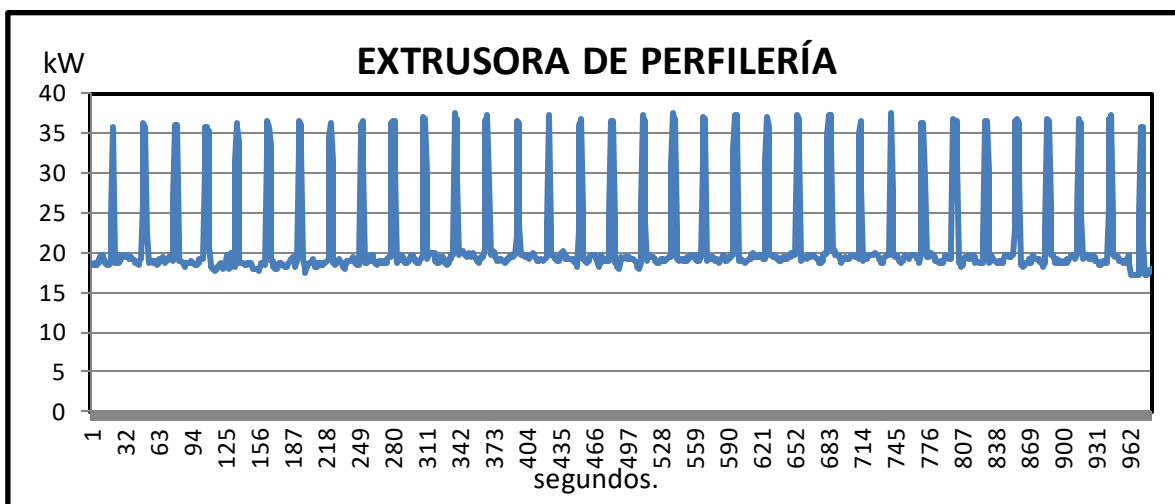



Figura 12. Línea de lavado y centrifugado abasteciendo a la aglutinadora ((<http://www.ovest.it/mpe/fotok2001/costarelli.htm>)).

La línea de lavado consiste en la molienda, lavado, centrifugado y secado de los polímeros, la centrifuga de lavado se encarga de abastecer a las peletizadoras mono husillo, doble husillo y la aglutinadora ver **figura 11 y 12**. Al momento de la medición energética la centrifuga abastece al silo de almacenamiento de la máquina doble husillo.

3.4.2.4 Relación de consumo energético vs producción extrusora de perfilería.




Gráfica 24. Medición directa de la Extrusora de Perfilería.

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-27 |


| MEDICION DE PRODUCCION: mezcla polietileno baja 49% , polietileno de alta 49% y 2% de pigmento | | |
|--|--------------|-----------|
| ITEM | Tiempo (Min) | PESO (Kg) |
| 1 | 10 | 30 |
| 2 | 10 | 31 |
| 3 | 10 | 31 |
| 4 | 10 | 30 |
| 5 | 10 | 30 |
| 6 | 10 | 29 |
| Total producido 181 kg/h | | |

Tabla 16. Medición de Producción extrusora de perfilería.

|  RENDIMIENTO DIARIO DE MAQUINAS AGOSTO | | | | | | | |
|--|---------------|--------------------------|---------------|---------------------------|---------------|-------------------------|-------------|
| AGLUTINADORA | | PELETIZADORA MONOHUSILLO | | PELETIZADORA DOBLEHUSILLO | | EXTRUSORA DE PERFILERIA | |
| Dia | Aglutinado Kg | Dia | Peletizado Kg | Dia | Peletizado Kg | Dia | Extruido Kg |
| 1 | 5100 | 1 | 1900 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 2 | 2125 | 2 | 1125 | 2 | 0 | 2 | 420 |
| 3 | 6900 | 3 | 150 | 3 | 3650 | 3 | 1099 |
| 4 | 7050 | 4 | 0 | 4 | 3850 | 4 | 980 |
| 5 | 5625 | 5 | 100 | 5 | 2575 | 5 | 1302 |
| 6 | 4350 | 6 | 425 | 6 | 1825 | 6 | 609 |
| 7 | 0 | 7 | 0 | 7 | 0 | 7 | 0 |
| 8 | 0 | 8 | 0 | 8 | 0 | 8 | 0 |
| 9 | 3150 | 9 | 925 | 9 | 925 | 9 | 406 |
| 10 | 9325 | 10 | 2250 | 10 | 2650 | 10 | 1568 |
| 11 | 4525 | 11 | 3600 | 11 | 5550 | 11 | 1120 |
| 12 | 0 | 12 | 4425 | 12 | 6175 | 12 | 1227,5 |
| 13 | 5175 | 13 | 3375 | 13 | 4925 | 13 | 1176 |
| 14 | 9125 | 14 | 4425 | 14 | 5225 | 14 | 952 |
| 15 | 6525 | 15 | 1000 | 15 | 4875 | 15 | 1263 |
| 16 | 6000 | 16 | 0 | 16 | 5800 | 16 | 819 |
| 17 | 6550 | 17 | 1000 | 17 | 2175 | 17 | 0 |
| 18 | 6800 | 18 | 3375 | 18 | 2475 | 18 | 1148 |
| 19 | 7625 | 19 | 3475 | 19 | 4275 | 19 | 525 |
| 20 | 8600 | 20 | 4325 | 20 | 3100 | 20 | 798 |
| 21 | 8675 | 21 | 3525 | 21 | 4600 | 21 | 987 |
| 22 | 3975 | 22 | 0 | 22 | 2250 | 22 | 413 |
| 23 | 2050 | 23 | 0 | 23 | 675 | 23 | 0 |
| 24 | 6225 | 24 | 1000 | 24 | 4575 | 24 | 980 |
| 25 | 7075 | 25 | 4050 | 25 | 2600 | 25 | 1015 |
| 26 | 7450 | 26 | 2250 | 26 | 1825 | 26 | 1071 |
| 27 | 7500 | 27 | 3075 | 27 | 4725 | 27 | 1036 |
| 28 | 7150 | 28 | 2250 | 28 | 4900 | 28 | 1057 |
| 29 | 4625 | 29 | 2650 | 29 | 2150 | 29 | 917 |
| 30 | 2175 | 30 | 0 | 30 | 1950 | 30 | 0 |
| 31 | 7800 | 31 | 4800 | 31 | 3550 | 31 | 647 |
| 154650 | | 52025 | | 86200 | | 21971,5 | |
| TOTAL | | TOTAL | | TOTAL | | TOTAL | |

| |
|---|
| TOTAL (Kg) PRODUCTO TERMINADO MES DE AGOSTO 314847 |
|---|

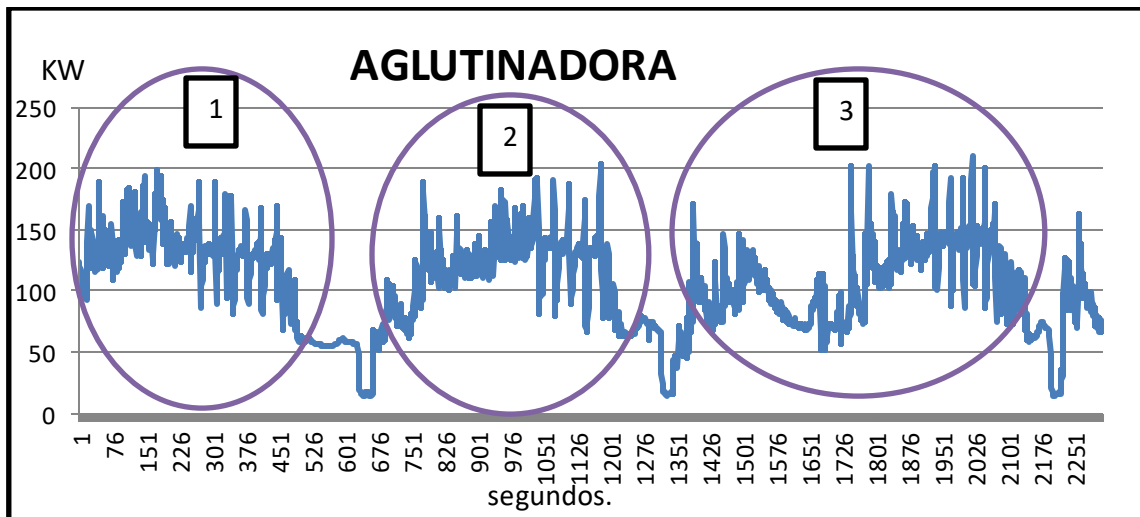
Tabla 17. Tabla producción mes de agosto

| | | | |
|---|--------------------------------------|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-27 |


Durante la medición del analizador de redes en la extrusora de perfilaría se registraron 6 mediciones de producción en intervalos de 10 minutos en lo que demora llenar el molde, esta procesó 181 kg/h de mezcla polietileno baja 49%, polietileno de alta 49% y 2% de pigmento se puede visualizar en la **tabla 16**; de acuerdo a la ficha técnica esta máquina tiene la capacidad de producir 200 kg/h ver **tabla 5**; se calcula que la máquina está en una capacidad operativa del 90%.

Haciendo la comparación de la ficha técnica 300 kg/h ver **tabla 5**, con el máximo rendimiento diario de la máquina 1568 kg/8 horas o 196kg/h registrado en la **tabla 17**; se evidencia una máxima operatividad del 98 %.

3.4.2.5 Relación de consumo energético vs producción aglutinadora.



Gráfica 25. Medición directa de la Aglutinadora.

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-27 |

| MEDICION DE PRODUCCION: 70/30 aglutinado | | | |
|--|----------------|-----------|--------|
| ITEM | Tiempo (Min,.) | PESO (Kg) | Kg/min |
| 1 | 11 | 83 | 7.54 |
| 2 | 12 | 83,3 | 7.57 |
| 3 | 15 | 89 | 5.93 |
| 4 | 11 | 83 | 7.54 |
| 5 | 11 | 83 | 7.54 |
| Total producido 421 kg/h | | | |

Tabla 18. Medición de Producción Aglutinadora.



|  RECYCLING S.A. | | RENDIMIENTO DIARIO DE MAQUINAS NOVIEMBRE | | | | | | | |
|---|---------------|---|---------------|---------------------------|---------------|------------------------|-------------|--|--|
| AGLUTINADORA | | PELETIZADORA MONOHUSILLO | | PELETIZADORA DOBLEHUSILLO | | EXTRUSORA DE PERFLERÍA | | | |
| Día | Aglutinado Kg | Día | Peletizado Kg | Día | Peletizado Kg | Día | Extruido Kg | | |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | | |
| 2 | 2200 | 2 | 600 | 2 | 0 | 2 | 0 | | |
| 3 | 8050 | 3 | 3225 | 3 | 0 | 3 | 0 | | |
| 4 | 7025 | 4 | 1875 | 4 | 750 | 4 | 245,6 | | |
| 5 | 6500 | 5 | 200 | 5 | 3675 | 5 | 161,7 | | |
| 6 | 5125 | 6 | 0 | 6 | 4850 | 6 | 262,6 | | |
| 7 | 5450 | 7 | 1025 | 7 | 4225 | 7 | 0 | | |
| 8 | 6525 | 8 | 1950 | 8 | 5450 | 8 | 0 | | |
| 9 | 3850 | 9 | 2850 | 9 | 5975 | 9 | 377,5 | | |
| 10 | 0 | 10 | 1875 | 10 | 3425 | 10 | 332,5 | | |
| 11 | 5280 | 11 | 1650 | 11 | 4050 | 11 | 325 | | |
| 12 | 9125 | 12 | 2650 | 12 | 4925 | 12 | 307,5 | | |
| 13 | 7175 | 13 | 2125 | 13 | 5775 | 13 | 502 | | |
| 14 | 3750 | 14 | 2000 | 14 | 3650 | 14 | 360 | | |
| 15 | 0 | 15 | 0 | 15 | 0 | 15 | 500 | | |
| 16 | 2325 | 16 | 0 | 16 | 1700 | 16 | 490 | | |
| 17 | 6975 | 17 | 2675 | 17 | 5675 | 17 | 307,5 | | |
| 18 | 7775 | 18 | 2425 | 18 | 2900 | 18 | 0 | | |
| 19 | 7050 | 19 | 2675 | 19 | 2650 | 19 | 500 | | |
| 20 | 6925 | 20 | 2525 | 20 | 4675 | 20 | 487,5 | | |
| 21 | 6800 | 21 | 2125 | 21 | 6050 | 21 | 385 | | |
| 22 | 5950 | 22 | 0 | 22 | 3550 | 22 | 0 | | |
| 23 | 7250 | 23 | 2025 | 23 | 2450 | 23 | 365 | | |
| 24 | 6875 | 24 | 2525 | 24 | 4300 | 24 | 265 | | |
| 25 | 7100 | 25 | 2600 | 25 | 3375 | 25 | 0 | | |
| 26 | 3500 | 26 | 2250 | 26 | 4725 | 26 | 0 | | |
| 27 | 2325 | 27 | 1725 | 27 | 4975 | 27 | 0 | | |
| 28 | 5800 | 28 | 2225 | 28 | 4775 | 28 | 0 | | |
| 29 | 4975 | 29 | 0 | 29 | 2975 | 29 | 0 | | |
| 30 | 7875 | 30 | 1750 | 30 | 5150 | 30 | 0 | | |
| 146725 | | 47800 | | 98550 | | 6174,4 | | | |
| TOTAL | | TOTAL | | TOTAL | | TOTAL | | | |
| TOTAL PRODUCTO TERMINADO MES DE NOVIEMBRE | | | | | | | | | |
| 299249 | | | | | | | | | |

Tabla 19. Tabla producción mes de Noviembre.

| | | | |
|---|--------------------------------------|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-27 |


La aglutinadora se le realizaron 5 mediciones de producción lo que tardó en procesar cada barcada de 11, 12, 15, 11, y 11 minutos, registrados en la tabla 20 donde se puede visualizar las barcadas procesadas.

Las primeras 3 mediciones de la **tabla 18** se evidencian en la **gráfica 25**, donde los círculos indica cada barcada de material, la carga y descarga, la carga es cuando cae de la banda de transporte el material a las cuchillas produciendo los picos de potencia altos, y el proceso de descarga del material es cuando la máquina queda en vacío.

Durante la medición del analizador de redes la aglutinadora procesó 421.3kg/h del material 70/30 aglutinado registrados en la **tabla 18**; de acuerdo a la ficha técnica, ver tabla 6, esta máquina tiene la capacidad de producir 500 kg/h se hace una comparación con los 421.3kg/h de lo procesado durante la medición, se calcula que la máquina está en una capacidad operativa del 84%.

Haciendo la comparación de la ficha técnica 500 kg/h ver **tabla 5**, con el máximo rendimiento diario de la máquina 9125 kg/día o 380 kg/h registrado en la **tabla 19**; se evidencia una máxima operatividad del 76 %.

Se evidencia en el proceso de aglutinado con mayor carga fue el de mayor pico de consumo energético, se visualizan en la **gráfica 25, tabla 18, ítem 3**. Este ítem tuvo el pico de corriente más alto pero su eficiencia de producción fue menor a los anteriores lotes, se notó visualmente que, en el primer lote, el operario suministra a la máquina el material más disperso que puede ser causal del esfuerzo de la máquina para procesar el material.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | <p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p> | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-27 |

3.5 PROPONER ACCIONES PARA MEJORAR LA RELACIÓN ENTRE LA ENERGÍA CONSUMIDA Y LA PRODUCCIÓN OBTENIDA.

3.5.1 Acciones de mejora en la peletizadora mono husillo.

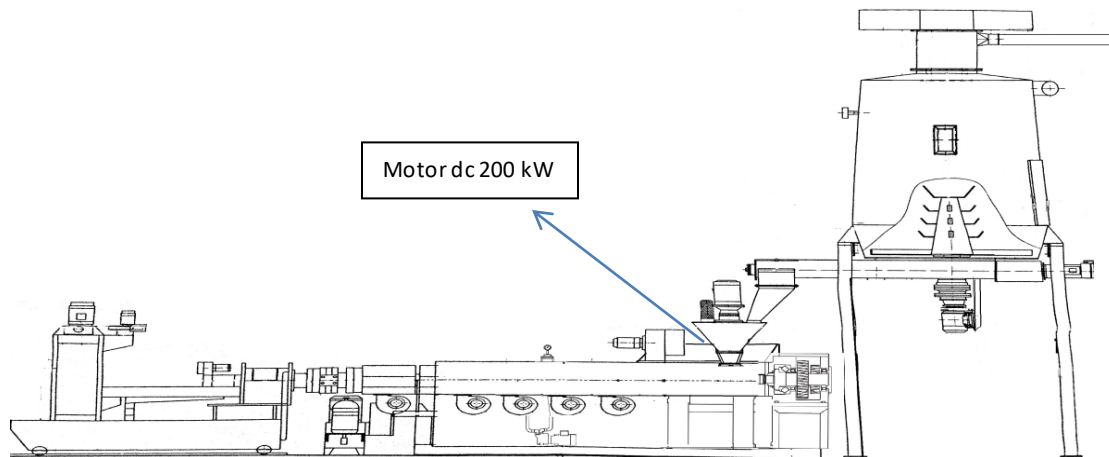



Figura 13. Peletizadora mono husillo (plano de la maquina).

- El total de potencia nominal de los motores en esta máquina es de 235 kW y el motor principal es de 200 kW tal como se evidencia en la **tabla 1**, Por ficha técnica, la máquina tiene la capacidad de producir 300kg/h el consumo registrado por el analizador de redes con un promedio de 62kWh **gráfica 10**, una producción de 221 kg/h tal como se registra en la **tabla 13**, con esto se puede evidenciar que la máquina con respecto a la ficha técnica de motores está en una eficiencia del 26.38%, la máquina está trabajando en 1/4 de su capacidad. Se tiene un 63% para aumentar la eficiencia de la máquina teniendo en cuenta que los motores periféricos son cuota importante en el aumento de la capacidad.
- Capacitar al área de mantenimiento y producción para aumentar la eficiencia y su desempeño, y mantenerlos actualizados en aspectos relacionados con la correcta operación de los equipos, e Implementar un programa de mantenimiento preventivo y predictivo, en las máquinas con el fin de disminuir paros en la producción.
- Durante la medición del analizador de redes la peletizadora mono husillo procesó 221 kg/h del material Polietileno de baja 60% y polipropileno 40% registrados en

| | | | |
|---|--------------------------------------|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-27 |

la **Tabla 13**; de acuerdo a la ficha técnica ver **tabla1**, esta máquina tiene la capacidad de producir 300 kg/h se hace una comparación con los 221kg//h de lo procesado durante la medición, se calcula que la máquina está en una capacidad operativa del 73% y haciendo la comparación de la ficha técnica con el máximo rendimiento diario de la máquina 5575 kg/día o 232 kg/h registrado en la **tabla 14** se evidencia una máxima operatividad hasta del 77 %.

- Se recomienda hacer una estandarización de los procedimientos en los diferentes procesos productivos para tener una documentación de la descripción de las formas de proceder y operar cuando un trabajador va a producir en un área determinada. Para que el proceso productivo se ejecute de manera correcta y segura, descartando cualquier posibilidad de error, pérdida de tiempo o accidentes.

3.5.2 Acciones de mejora en la peletizadora doble husillo.

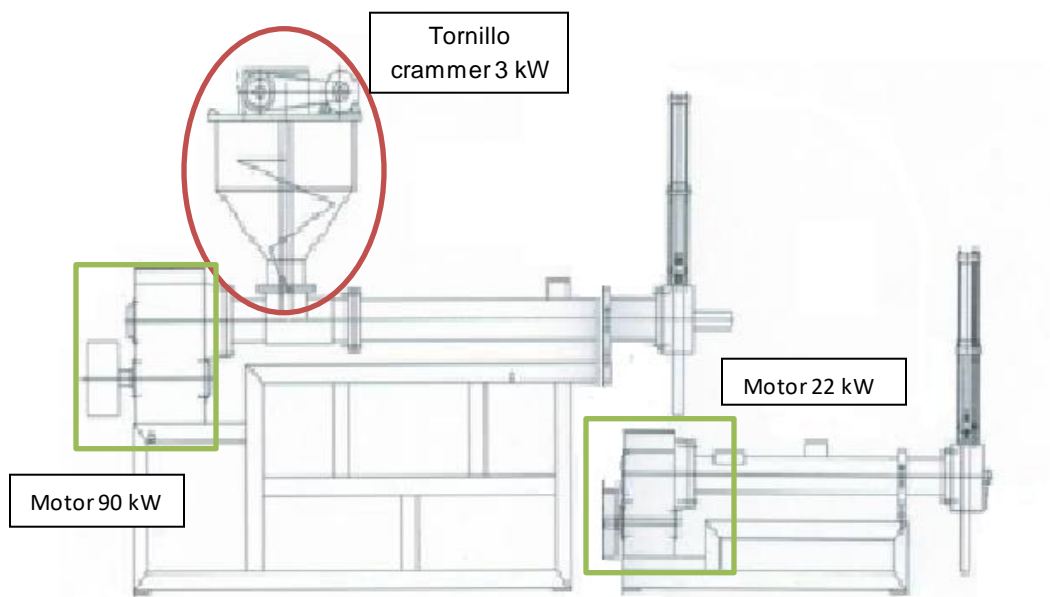




Figura 14. Peletizadora doble husillo

(<http://www.asianmachineryusa.com/images/Catalogos/catlogo%20general%202012.pdf>).

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-27 |

- El total de potencia nominal de los motores principales en esta máquina es de 112 kW, Por ficha técnica la máquina tiene la capacidad de producir 500kg/h el consumo registrado por el analizador de redes con un promedio de 61kWh **gráfica 13**, una producción de 270 kg/h tal como se evidencia en la **tabla 15**, con esto se puede evidenciar que la máquina con respecto a la ficha técnica ver **tabla 2** de los motores está en una eficiencia del 54.46% la máquina está trabajando en la mitad de su capacidad. Se tiene un 45% para aumentar la eficiencia de la máquina teniendo en cuenta que los periféricos son cuota importante en el aumento de la capacidad.
- Se observó durante el análisis que el motor de 22kW estaba trabajando sobre la corriente nominal mientras que el motor de 90kW estaba trabajando a un 60% de su corriente nominal y el motor del tornillo crammer 3 kW constantemente trabaja sobre la corriente nominal lo que incurre en paros constantes en el proceso. Se recomienda cambiar el motor de 3kW que tiene un variador de velocidad de 5.5kW, por un motor de 5.2kW tipo flanche eje 28mm con diseño de ajuste a la caja cicloidal. Con este se aumentaría la capacidad del motor en un 73% y así evitar paros en el proceso.
- Realizar una medición energética a profundidad de la máquina peletizadora doble husillo para conocer si la peletizadora doble husillo es susceptible de mejoras en términos de consumo de energía y productividad. Dicha medición pretende establecer el consumo y la eficiencia energética de la máquina. Se necesitan dos analizadores de redes para observar su consumo energético individual y no el total, la medición va acompañada de un análisis térmico para observar fugas de calor en el proceso, por último la medición va en conjunto de un análisis másico para establecer si la producción es adecuada.
- Se deben registrar las condiciones de operación y la productividad de la máquina cada hora, así como los eventos cotidianos y excepcionales (paros, arranques, desviaciones, etc.).

| | | | |
|---|--------------------------------------|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-27 |

3.5.3 Acciones de mejora en la centrifuga de lavado.

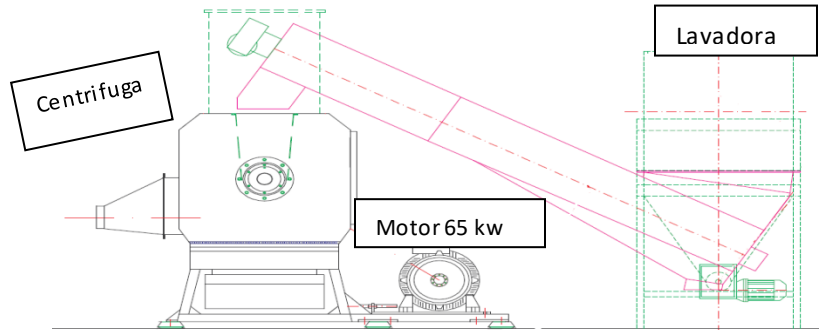


Figura 15. Centrifuga de lavado (I03[1].006.000001 Layout impianto Model).

- Reparar el sistema de regadera interna auto-lavado de la centrifuga con el fin de mantenerla limpia.
- Ajustar los controles de amperaje de acuerdo a una caracterización de los materiales a procesar con el fin estandarizar parámetros para ser más eficientes y poder aumentar la producción.
- Cambiar el sistema de arranque estrella delta por un variador de velocidad con el fin de tener un arranque tipo soft.
- Al momento de la medición energética la centrifuga abastece al silo de almacenamiento de la máquina doble husillo que estaba trabajando con (PEBD POLICOLOR GUANTELETE 65% + PEBD POLICOLOR SUCIO 25% + STRETCH SUCIO 10%) estos materiales el stretch es el material que más absorbe agua durante el proceso de lavado y la combinación de los anteriores materiales más el agua, generan golpes a las paredes de la cesta en la centrifuga; al stretch se propone realizar mediciones de porcentaje de humedad para cada tipo de material o mezcla y así ajustar los parámetros de secado en el quemador industrial.
- Realizar mediciones de caudal para determinar cuánto material está procesando el lavado y el secado para hacer análisis de su eficiencia para luego compararlos con la capacidad de las peletizadoras y la aglutinadora.
- El sistema de secado en la centrifuga y el quemador industrial se les puede instalar un ciclón para mejorar el secado antes de llegar al silo de almacenamiento, o adicionar otro quemador ver **figura 16 y 17**, para esto se debe realizar un análisis

de porcentaje de humedad para cual sistema es más viable. Ya que presenta problemas de humedad en todos los procesos de peletizado y aglutinado.

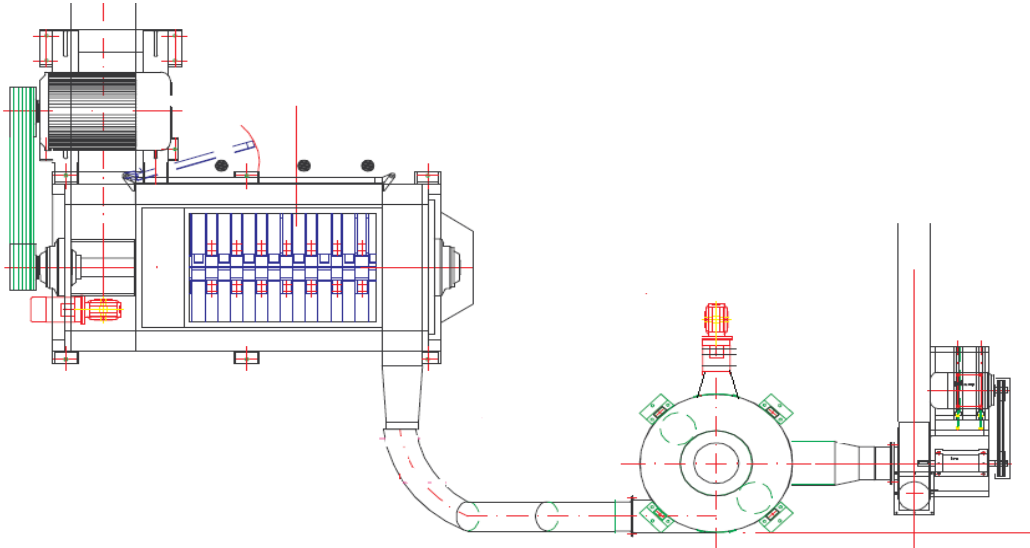


Figura 16. Centrifuga de lavado proceso de secado actual.
 (<http://www.ovest.it/mpe/fotok2001/costarelli.htm>)

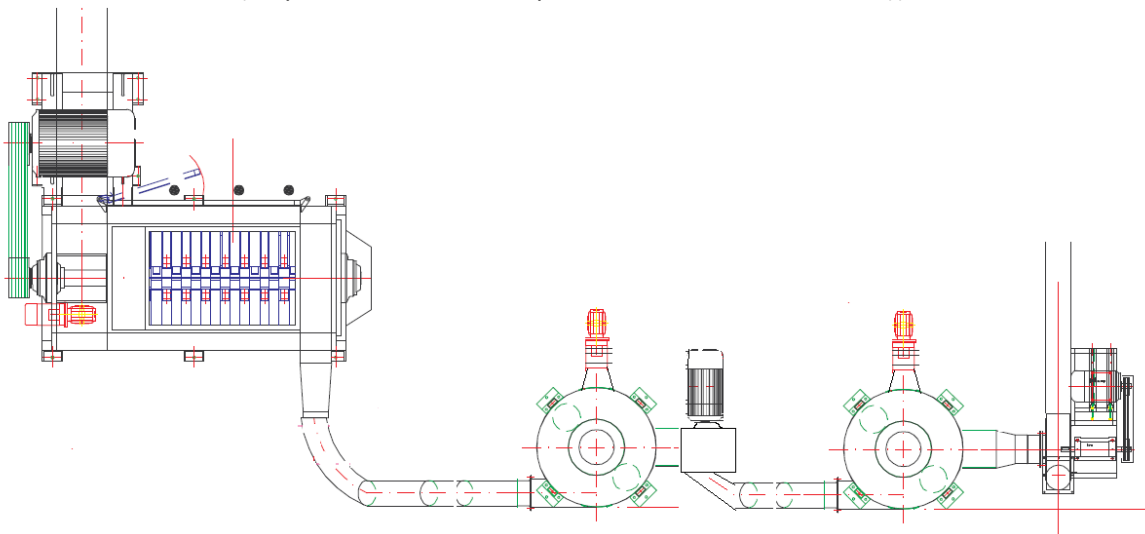



Figura 17. Propuesta de mejora a centrifuga de lavado en el secado
 (<http://www.ovest.it/mpe/fotok2001/costarelli.htm>)

| | | | |
|---|--------------------------------------|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-27 |

3.5.4 Acciones de mejora en la extrusora de perfilería.

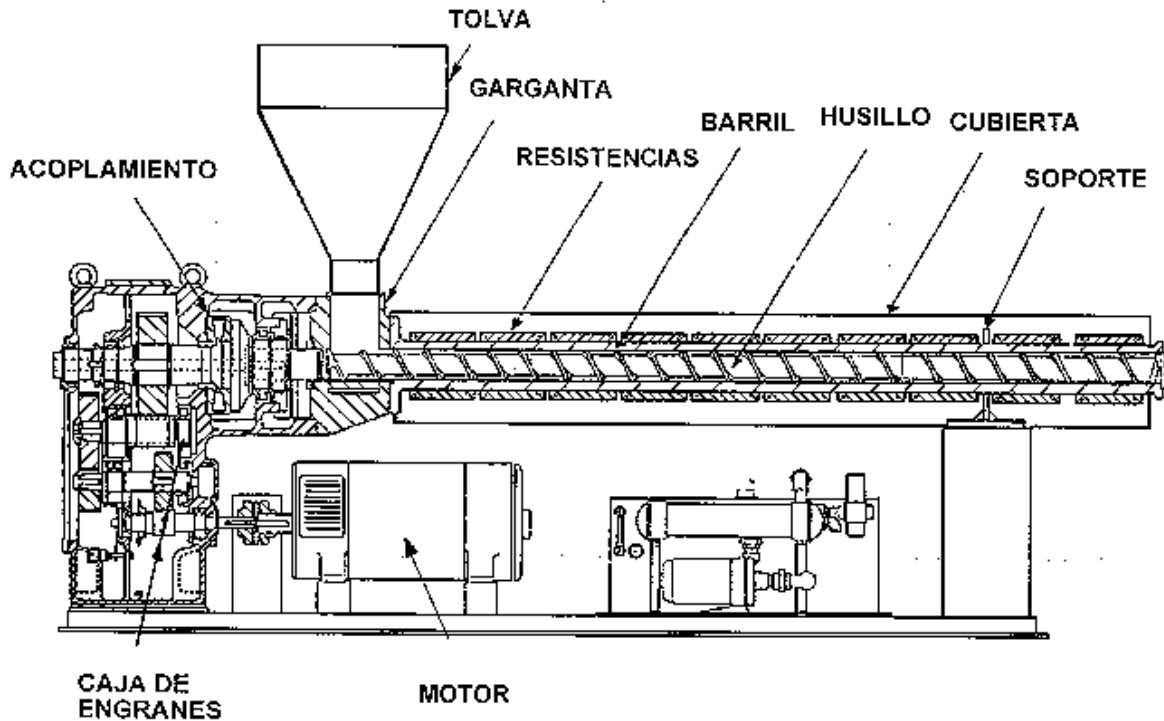



Figura 18. Extrusora de perfilería. (<http://princesa1992.blogspot.com.co/2009/07/extrusion-de-plasticos.html>)


- Determinar si la extrusora de perfilería de la empresa SC RECYCLING SA puede ser susceptible de mejoras en términos de consumo de energía y productividad, o si debe ser reemplazada por nueva tecnología para satisfacer la creciente demanda y optimizar los recursos energéticos.
- Para determinar el estado del husillo es necesario desmontar y realizar un despiece de la máquina extrusora (husillo y barril) para establecer las variables dimensionales y de distribución del conjunto husillo y barril. Se hace una comparación con las características de fábrica y con el estado del arte para esta clase de tecnología. Se analiza el desgaste actual de la máquina en sus componentes mecánicos y térmicos.

| | | | |
|---|--------------------------------------|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-27 |

- Para evitar el desmoldeo manual se propone instalar un actuador neumático o hidráulico para que sea más eficiente la producción, y adicional una pistola neumática para hacer más eficiente el proceso en el manejo de materiales de un solo operario y no de dos como está actualmente.
- Cambiar los controles de temperatura análogos /digitales por controles digitales/digitales ya que este tipo instrumentos poseen control tipo PID además se debe mejorar el sistema de calefacción del cambia vía que tarda más en calentar el husillo.
- De acuerdo a la medición del analizador se evidencia que el consumo energético del motor está en un promedio de 21 kW de la **gráfica17** a un 48% de su potencia nominal con respecto a la ficha técnica **tabla 4** de 45 kW se puede aumentar parte de un 52% de la capacidad del motor siempre y cuando el husillo-barril estén en óptimas condiciones, que hayan suficientes moldes para desmoldar y se encuentre el silo abastecido.
- Instalar un sistema de auto-abastecimiento tal cual se observa en la figura 21 de materia prima para la tolva o “tova gravimétrica” así se evitará el abastecimiento de manera manual. Tener flujo constante de producto extruido, además tener en el proceso la constancia en lograr un producto final con las mismas características en peso y dimensiones.



Figura 19. Propuesta Extrusora de perfilaría con tolva de autoabastecimiento.
http://www.andexport.com/espanol/prod_extrustub_mag_monohusillo.php#.

| | | | |
|---|--------------------------------------|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-27 |

3.5.5 Acciones de mejora en la aglutinadora.

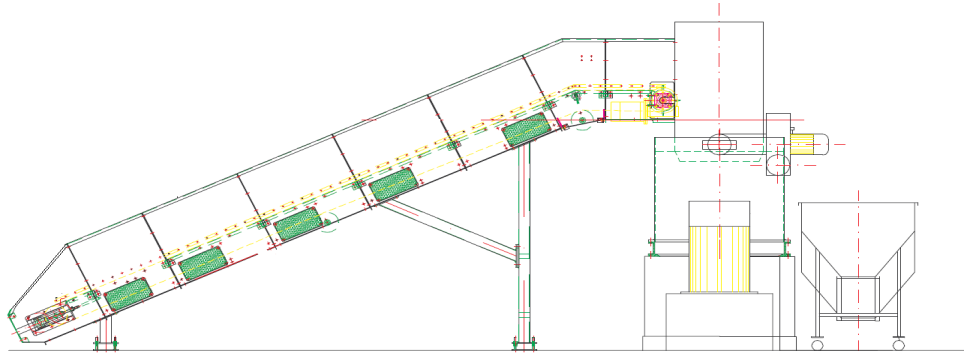




Figura 20. Aglutinadora(<http://www.ovest.it/mpe/fotok2001/costarelli.htm>).

- El total de potencia nominal de los motores en esta máquina es de 153 kW y el motor principal es de 150 kW tal como se evidencia en la **tabla 5**, Por ficha técnica, la máquina tiene la capacidad de producir 500kg/h el consumo registrado por el analizador de redes con un promedio de 111kWh **gráfica 19**, una producción de 421 kg/h tal como se registra en la **tabla 18**, con esto se puede evidenciar que la máquina con respecto a la ficha técnica de motores está en una eficiencia del 72%, la máquina está trabajando en 3/4 de su capacidad. Se tiene un 28% para aumentar la eficiencia de la máquina.
- Durante la medición del analizador de redes la aglutinadora procesó 421.3kg/h del material 70/30 aglutinado registrados en la **Tabla 18**; de acuerdo A la ficha técnica ver **tabla 5**, esta máquina tiene la capacidad de producir 500 kg/h se hace una comparación con los 421.3kg//h de lo procesado durante la medición, se calcula que la máquina está en una capacidad operativa del 84% y se hace la comparación de la ficha técnica con el máximo rendimiento diario de la máquina 9125 kg/día o 380 kg/h registrado en la **tabla 19**, se evidencia una máxima operatividad del 76%.
- La máquina en el momento de aglutinar tiene pico de consumos mayores a la potencia nominal del motor 150kw es indispensable un buen uso de los controles de amperaje los cuales se encargan de aplicar agua para disminuir temperatura y

| | | | |
|---|--------------------------------------|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-27 |

corriente además es indispensable un buen afilado de cuchillas tanto las fijas como las móviles.

- Cuando el ángulo de corte de la cuchilla y el filo de esta, se pierda por desgaste, se rectifica la cuchilla, para no bajar la producción y disminuir la corriente en el motor principal. Se recomienda realizar un estudio para determinar el comportamiento de las cuchillas instaladas en la aglutinadora, ya que los polímeros son materiales muy abrasivos y hacen perder el filo a las cuchillas muy rápido de acuerdo a la referencia soldaduras aplicadas y el tipo de material utilizado, con esto se pretende prologar la vida de las cuchillas, ser más eficientes en el proceso y disminuir tiempos muertos.
- El material de las cuchillas de la aglutinadora es un acero chromit Dureza rockwell 39-40 hrc y la soldadura que actualmente se le aplica a las cuchillas para el afilado es Citodur 600 Dureza rockwell 52 55 hrc y se propone cambiarla por Gridur 18 Dureza rockwell 58-62 hrc porque tiene propiedades de dureza más altas ver apéndices 1, y 3.
- La materia prima de producción es suministrado a la banda de transporte que alimenta la aglutinadora, cuando está muy compacto originan los picos altos de consumo de energía, en la descarga del material el motor queda en vacío y su consumo energético aproximadamente 20kW.
- Por su alto consumo energético la máquina aglutinadora se debe analizar con un estudio si debe ser reemplazada, o si puede optimizarse en términos de producción y eficiencia energética, para esto es necesario hacer un cambio tecnológico o implementar medidas en mejora de su consumo energético y productividad.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | <p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p> | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-27 |


4.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La caracterización energética es un procedimiento de análisis cuantitativo y cualitativo; los procedimientos de análisis cualitativo se usa como herramienta para considerar las características técnicas de las máquinas, el análisis cuantitativo se utiliza para conocer los niveles de eficiencia en los procesos y equipos que participan en estos, así como también las pérdidas y los lugares donde se produce, para realizar la caracterización y la medición energética en la empresa SC RECYCLING S.A se plantearon los siguientes objetivos:

- Levantar la información energética y relacionar el consumo de energía con la producción de las máquinas a analizar: peletizadora mono husillo, peletizadora doble husillo, extrusora de perfilería, aglutinadora y centrifuga de lavado
- Análisis de datos o de las informaciones obtenidas para proponer acciones de mejora entre la energía consumida y la producción obtenida.

Para poder cumplir con los objetivos se realiza un análisis cuantitativo y cualitativo de la empresa en sus procesos productivos. Se miden los consumos de energía por medio de un analizador de redes, se registra los kilogramos producidos en la medición y se compara con la máxima producción del día por máquina durante el año, con la información obtenida de consumo y producción se debe establecer una correlación con el fin de determinar cómo se encuentran las máquinas respecto a cada una de sus fichas técnica y con los hallazgos proponer acciones de mejora.

El método aplicado para hallar la eficiencia energética y operativa de la maquinaria es tener indicadores de referencia en cuanto al consumo energético (kWh) y la producción (kg/h), se necesitan como referente de consumo la sumatoria de la potencia nominal de los motores y la capacidad de producción de cada máquina por ficha técnica, para esto se debe realizar una medición con un analizador de redes se debe tener en cuenta el tipo de máquina, ya que las peletizadoras doble husillo requieren dos analizadores para una caracterización más completa en su sistema, esto se debe realizar durante 24 horas donde se registre el consumo energético calculando el promedio del consumo (kWh) y así poder

| | | | |
|---|--------------------------------------|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-27 |

calcular la eficiencia energética y su capacidad de producción con respecto a las fichas técnicas y proponer las acciones de mejora en la máquina.


Durante la medición de consumo energético se debe registrar el tipo de material o las mezclas procesadas y la cantidad de kg/h total procesados en el día.

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y

TRABAJO FUTURO

CONCLUSIONES:

- Se caracteriza y se mide la eficiencia energética en la peletizadora mono husillo, la peletizadora doble husillo, la extrusora de perfilería, la aglutinadora y la centrifuga de lavado en la empresa S.C. RECYCLING durante el 2016 se levanta la información energética con ayuda de una analizador de redes fluke 432 serie2, los datos obtenidos se relacionan con el consumo de energía y la producción de las máquinas para proponer acciones en pro de mejorar la relación de la energía consumida y la producción obtenida.
- La máquina peletizadora mono husillo está trabajando en un cuarto de su capacidad, durante la medición con el analizador de redes se observó que tiene un 63% para aumentar la eficiencia de la máquina teniendo en cuenta que los motores periféricos son cuota importante en el aumento de la capacidad.
- Se debe realizar un análisis energético de consumo individual para los motores de 90kW y 22 kW para determinar si la máquina peletizadora doble husillo es susceptible de mejoras en términos de consumo de energía y productividad, además es indispensable cambiar el motor de la alimentación crammer porque está trabajando sobre la potencia nominal y constantemente genera paros en el proceso.
- La peletizadora mono husillo tiene el sistema de alamas desconectado es indispensable conectarlo para que las alarmas sean verificadas por un sistema apropiado que visualiza los datos sobre un panel digital y a través de un severo


| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-27 |

procedimiento de control impide peligrosos errores de maniobra mediante la parada automática de la línea.

- La máquina extrusora de perfilería se debe realizar un despiece de husillo y barril para establecer las variables dimensionales y de distribución del conjunto para aumentar la producción, y disminuir el consumo energético.
- La máquina aglutinadora se debe cambiar la soldadura aplicada en las cuchillas para el afilado para alargar la vida de ángulo de corte para disminuir el consumo energético en el proceso y aumentar la producción además se propone un variador de velocidad al motor principal de la aglutinadora para disminuir el consumo energético en el arranque.

RECOMENDACIONES:

- Al realizar una caracterización con la pinza amperimétrica y luego compararlas con el analizador de redes se debe tener en cuenta que los tiempos de cada lectura de las pinzas amperimétricas deben ser más cortos a 15 segundos, para que las varianzas puedan concordar ya que el analizador toma registro por segundo se deben tomar los registros durante 24 horas.
- Para la medición de la peletizadora doble husillo se debe medir con un analizador de redes para cada motor de los husillos de manera independiente.
- Realizar un trabajo mancomunado con el semillero de métodos y tiempos a la empresa SC RECYCLING SA para implementar el mantenimiento productivo total (TPM); la filosofía de mantenimiento que transforma entornos, mejora procesos y optimiza recursos en compañía.
El TPM se puede ver como una estrategia de mejora que involucra no solo a la alta dirección sino también a todos los empleados y que utiliza herramientas como el liderazgo, la perseverancia y la disciplina como pilares.
- Durante la medición se observaron en los gabinetes eléctricos de la aglutinadora y, centrifuga de lavado arranques estrella-delta en los motores de mayor consumo, si se instalan variadores de velocidad se puede disminuir los picos de arranques de


| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-27 |

acuerdo al análisis obtenido por la empresa de consultoría IMPSON que se presentó en el estado de arte


- Instalar medidores de consumo de energía para tener un balance de lo producido, respecto a las materias primas procesadas y así tener un balance de costos de energía en producción de acuerdo a cada materia prima, esto en compañía de la implementación de un semillero de herramientas para la productividad.

TRABAJO FUTURO

- Debido a la humedad proveniente de la línea de lavado se debe realizar un análisis del porcentaje de humedad en la salida del secado antes de abastecer las peletizadoras y aglutinadora, ya que las maquinas deben realizar un precalentamiento para evaporar o desgasificar el material, por eso debe evaluar el sistema de secado en la centrifuga dinámica revisando las paletas y la criba, se debe revisar el quemador industrial disminuir la cantidad de humedad del material. en caso de no encontrar ningún problema de desgaste se propone instalar un ciclón para mejorar el secado antes de llegar al silo de almacenamiento o adicionar otro quemador dependiendo.
- Se debe hacer una consultoría energética para realizar un análisis más profundo sobre el funcionamiento de cada máquina con los materiales más difíciles de procesar, donde se analice el consumo energético de la máquina en el arranque, su factor de potencia, la eficiencia de los motores, la operación con diferentes operarios y los tiempos muertos. con el fin de conocer el comportamiento en el tiempo y el material procesado para poder tomar decisiones respecto a la eficiencia del sistema que compone a cada máquina respecto a la producción y así poder cumplir las metas que se establecen cada año en la empresa SC RECYCLING SAS.
- Establecer las variables de control y monitoreo en la empresa SC RECYCLING SA para identificar los eventos que tienen impacto en la variabilidad de los consumos energéticos que dependen a diferentes factores como:
 - Tipo y características de los de plásticos (por ejemplo, cada material tiene una diferente temperatura de fusión).
 - Diseño, complejidad y tamaño del producto final.
 - Cada una de las técnicas utilizadas para la elaboración del producto tiene su energía específica de consumo, en función de calefacción.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | <p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p> | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-27 |

- Cuanto mayor sea la cantidad de producción, menor será el consumo específico de energía, generalmente esto se lleva por el indicador (kWh/Ton-producto).
- El tiempo de ciclo determina el tiempo que el motor eléctrico opera durante el proceso.

| | | | |
|---|--------------------------------------|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-27 |

REFERENCIAS

Campos, J. C. (2006). *Herramientas para el análisis de caracterización de la eficiencia energética*. Recuperado de: <http://www.revistaciencias.com/publicaciones/EpZyEkkEuulBycVx Cr.php>.

García, V. (2010). *Ahorro Energético en los procesos de transformación en materias plásticas con el sistema Ecodry de Frigel*. Jornadas de eficiencia energética, Martos, España. Recuperado de: <http://andaltec.org/documentacion/pdf/1286263382.pdf>

Ipsom. (2012). Ahorro de energía en el proceso de inyección. <http://www.ipsom.com/proyectos/inyeccion/>.

Kent, R. (2008), Energy management in plastics processing - Framework for measurement, assessment and prediction, plastics rubber an

LEY 143 DE 1994 (Julio 11) Diario Oficial No. 41.434, de 12 de julio de 1994. Por la cual se establece el régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio nacional, se conceden unas autorizaciones y se dictan otras disposiciones en materia energética.


Portafolio (2013), La eficiencia energética, cada vez con más luz en Colombia <http://www.portafolio.co/negocios/empresas/eficiencia-energetica-vez-luz-colombia-82250>

RECIPE (2006). Reduccion de la energía en el procesamiento de los plásticos Recuperado de: <http://intelligent energy europe reduced energy consumption in plastics engineering 2014-07-17.pdf>

Tanaka, K. (2008). Evaluación de las medidas de rendimiento energético en la industria y su aplicación a las políticas., http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/JPRG_Info_Paper.pdf


Santa María, M., Fehr, N.-H. Von Der, Millán, J., Benavides, J., Gracia, O. & Schutt, E. (2009). El mercado de la energía eléctrica en Colombia: características, evolución e impacto sobre otros.

Villegas, J. & Naranjo, A. (2013). *Eficiencia energética, caso aplicado al proceso de inyección*. ICIPC Colloquium 2013. Medellín- Colombia.

| | | | |
|--|--------------------------------------|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-27 |

APÉNDICE

1. Soldadura Citodur 600.
2. Comparación de referencias en láminas antidesgaste.
3. Soldadura Gridur 18.

| | | | |
|--|--|---------|------------|
|  Institución Universitaria | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-27 |

Apéndice 1

SMAW

Recubrimiento Protector



CITODUR 600

Electrodo de buena resistencia a la abrasión e impacto moderado, cuyo depósito está compuesto de carburos de cromo distribuidos uniformemente. Las elevadas durezas que se consigue (52 - 55 HRC) hacen que sus depósitos no sean maquinables, pero si pueden ser forjados o templados. El CITODUR 600 se caracteriza por dejar un material depositado de buen acabado libre de porosidades y es factible obtener cordones de soldadura libres de fisuras, para lo cual, en caso sea necesario se debe precalentar el material base. Electrodo de alto rendimiento.


| Clasificación | |
|---------------------------|---------------|
| AWS A5.13 / ASME SFA-5.13 | EFe3 |
| DIN 8555 | E 6 - UM - 60 |

Análisis Químico de Metal Depositado (valores típicos) [%]

| C | Mn | Si | P | S | Mo | Ni | Cr | Cu | Otros |
|------|------|------|---------------|---------------|------|----|------|----|--------|
| 0,50 | 0,50 | 0,40 | máx. 0,020 | máx. 0,020 | 0,50 | - | 6,70 | - | 0,5% V |

Propiedades Mecánicas del Metal Depositado

| Tratamiento Térmico | Resistencia a la Tracción [MPa (psi)] | Límite de Fluencia [MPa (psi)] | Elongación en 2" [%] | Energía Absorbida ISO-V [°C (°F)] [J (Ft-Lbf)] | Dureza |
|---------------------|---------------------------------------|--------------------------------|----------------------|--|------------|
| Sin tratamiento | - | - | - | - | 52- 55 HRC |

| Conservación del Producto | Posiciones de Soldadura |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Mantener en un lugar seco y evitar humedad. No requiere almacenamiento bajo horno. Resecado de 300°C a 350°C por 2 horas. |  |

Parámetros de Soldeo Recomendados

| Para corriente alterna (AC) o continua (DC): Electrodo al polo positivo DCEP | | | | | | | |
|--|------------|------|------|------|------|------|------|
| Diámetro | [mm] | 1,60 | 2,50 | 3,25 | 4,00 | 5,00 | 6,30 |
| | [pulgadas] | 1/16 | 3/32 | 1/8 | 5/32 | 3/16 | 1/4 |
| Amperaje mínimo | - | - | - | 100 | 140 | 190 | 230 |
| Amperaje máximo | - | - | - | 135 | 5/32 | 240 | 280 |

Aplicaciones

- Su elevada dureza el confiere excelente resistencia a la fricción metal - metal, pero debe tomarse la previsión de cual será el componente de sacrificio por su elevado nivel de dureza.
- Como "soldadura preventiva" para recubrir y proteger componentes o piezas nuevas, que van a estar expuestas a agentes de desgastes combinados de abrasión severa con impactos moderados.
- Puede utilizarse para reconstruir piezas y como cama cojín de recubrimientos protectores especiales.
- Con frecuencia es aplicable en la industria minera para recuperación y protección de equipos, como: cucharas, baldes, dragas y plumas, cuchillas de bulldozers, martillos, placas y conos trituradores, bombas, impulsores, etc.
- Usado en la industria del cemento, ladrilleras, constructoras, fábricas de plásticos, vidrios, etc.
- Dentro de las variadas aplicaciones tenemos: Recuperación de piñones de cadena, engranajes, sprokets, bordes de yunques, árbol de levas, rejas de arados, parrillas de zarandas, etc.
- Ideal para proteger componentes que trabajan en movimiento de tierras y en minería aurífera.

Apéndice 2



LAMINAS DE ALTA RESISTENCIA / BAJA ALEACIÓN ANTIDESGASTE ABRAZO 400

COMPARACIÓN DE REFERENCIAS EN LAMINA ANTIDESGASTE

| Referencias | Dureza | | Composición Química | | | | | | | | | | | | |
|---------------|-----------|------------|---------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------|-------|---------------|---------------|-------|------------------|--------|---------------|
| | Brinell | Rockwell I | %C | %Si | %Mn | %Cr | %Mo | %V | %Ti | %P | %S | %Nb | %B | %Cu | %Ni |
| | HB | HRC | | | | | | | | | | | | | |
| ABRAZO 400 | 363 - 400 | 39 - 42 | 0,170 | 0,380 | 1,380 | 0,120 | 0,125 | 0,003 | 0,024 | 0,010 | - | 0,035 | 0,002 | 0,120 | 0,210 |
| DILLIDUR 400V | 360 - 440 | 39 - 45 | 0,200 | 0,500 | 1,800 | 1,500 | 0,500 | - | - | <0,025 | <0,012 | - | 0,005 | - | 0,800 |
| XAR PLUS | 410 - 490 | 42 - 48 | <0,22 | <0,80 | <1,50 | <1,30 | <0,50 | - | - | <0,025 | <0,012 | - | <0,005 | <0,030 | - |
| CHRONIT | 370 - 377 | 39 - 40 | 0,140 0,200 | 0,280 0,300 | 1,350 1,420 | 0,030 0,036 | 0,004 0,010 | 0,001 | 0,030 | 0,035 Máx. | 0,040 Máx. | 0,025 | 0,0015 0,0020 | - | - |
| FORA 400BC | 360 - 440 | 37 - 45 | 0,160 | - | 1,600 | 1,000 | 0,400 | 0,080 | - | 0,020 | 0,010 | - | 0,004 | - | - |
| FORA 450HB | 410 - 500 | 42 - 49 | 0,180 | - | 1,600 | 1,000 | 0,250 | - | - | 0,020 | 0,005 | - | 0,004 | - | - |
| TRICON 400 | 360 - 444 | 38 - 46 | 0,200 Máx. | 0,550 Máx. | 1,800 Máx. | 1,500 Máx. | 0,550 Máx. | - | - | 0,025 Máx. | 0,010 Máx. | - | 0,005 Máx. | - | 1,000 Máx. |
| 400 BRINELL | 360 - 420 | 38 - 44 | 0,210 | 0,600 | 1,700 | 0,800 | 0,400 | - | 0,200 | <0,025 | <0,012 | - | 0,007 | 0,200 | 0,300 |

Apéndice 3



GRIDUR 18

| φ (mm) | φ (pulg) | Longitud (mm) | Intensidad (Amp) |
|--------|----------|---------------|------------------|
| 3.25 | 1/8 | 350 | 100-110 |
| 4.00 | 5/32 | 350 | 130-150 |
| 5.00 | 3/16 | 350 | 170-190 |

NORMA
NO APLICA
POSICIONES: Plana y Horizontal.
CORRIENTE: Alterna o Continua Polo Positivo (+).


Composición química: C: 3.0% Cr: 32.0%
Dureza Rockwel: 58- 62 HRc.

DESCRIPION:

Electrodo rutilico de diseño especial que genera depósitos con alta concentración de carburos de cromo, de alta resistencia al desgaste abrasivo y a la corrosión aún a alta temperatura, sus depósitos conformados por cordones convexos de superficie lisa con escoria fácil de remover, tienden a autofisurarse sin detrimento de sus propiedades antiabrasivas y de adherencia. Presenta arco suave y estable de poca salpicadura con rendimiento aproximado de 140% con relación al núcleo.

OPERACION:

Mantenga el arco corto con amplitud de vaivén para generar cordón de 3 a 4 veces el diámetro del electrodo como máximo. Puede aplicarse sobre aceros en general. Se recomienda usar el electrodo GRINOX 25 o GRINOX 26 como base en aceros al manganeso.

| | | | |
|---|--|---------|------------|
|  | INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO | Código | FDE 089 |
| | | Versión | 03 |
| | | Fecha | 2015-01-27 |

FIRMA ESTUDIANTES Alexander Castaño Milla.
Andrés Felipe Ortiz Rojas.

FIRMA ASESOR José Alberto García

FECHA ENTREGA: 24-Mayo-2014

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____

RECHAZADO ___ ACEPTADO ___ ACEPTADO CON MODIFICACIONES ___

ACTA NO. _____
 FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____
 FECHA ENTREGA: _____