



UNIVERSIDAD
DE CIENFUEGOS

FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

Título: Diagnóstico Energético a la U.E.B Combinado de
Áridos de Arriete

Autor: Héctor Díaz López
Tutor: Dr.C.Percy Viego Felipe, P.T.

Año 61 de la Revolución

Cienfuegos 2019

Pensamiento



Produce una inmensa tristeza pensar que la naturaleza habla mientras el género humano no escucha”.

Víctor Hugo.

Dedicatoria



Dedico este Trabajo de Diploma a mi familia: mi mamá, mi papá, mi hermano y
mi novia.

Agradecimientos



No hubiera sido posible haber culminado esta etapa de mi vida sin el apoyo incondicional de las personas que guiaron e hicieron posible que hoy me graduara. Por ello agradezco a:

Primeramente, a mi madre por traerme a este mundo y haberme ayudado tanto en la realización de este trabajo.

A mi padre que fue el que me inspiró a seguir su camino profesional.

A mi hermano por también aportar su granito de arena.

A mi novia por darme su amor, comprensión y seguirme en todo momento.

A mi tutor por haber confiado en mí, al Dr. José P. Monteagudo Yanes y a todo el colectivo de profesores de la Facultad de Mecánica que de una forma u otra me formaron como un futuro profesional.

Resumen.

La presente investigación se realiza en la U.E.B. de Áridos de Arriete perteneciente ala Empresa de Materiales de la Construcción de Cienfuegos donde el objetivo general de la misma es realizar un diagnóstico energético basado en la Norma ISO 50001 del 2011, para luego calcular un índice de consumo teniendo en cuenta el tipo de producción que se realice. Para dar cumplimiento a esto se realizar una consulta bibliográfica donde se sintetiza la producción de áridos a nivel mundialy se explica la importancia de la aplicación de sistemas de gestión energético haciendo énfasis en la norma ISO 50001 del 2011. Posteriormente se realiza un censo de cargas en la empresa,obteniendo las áreas, locales y equipos más consumidores de energía, y se aplican las principales técnicas y medidas de un análisis energético en los años 2017 y 2018. Luego se calculan los indicadores de desempeño energético (IDEn) reales y se proponen una serie de medidas de ahorro para esta empresa.

Palabras claves:

Gestión, Energía, Áridos, Ahorro.

Abstract.

This research is carried out at “U.E.B. Áridos de Arriete” a division of Cienfuegos’ Construction Materials Enterprise where its main purpose is to carry out an energy assessment based on the ISO 50001 Standard from 2011, for later calculate the consumption rate taking into account the type of production to be made. A bibliography review was made in order to meet the requirements therein, summarizing world aggregate production and explaining the importance of applying energy management systems emphasizing on the ISO 50001 Standard from 2011. Later, a load census was carried out at the enterprise, and the heavy energy consumers by area, premises and equipment were obtained. In addition, the main techniques and measurements of an energy assessment from 2017 and 2018 were applied. Then, the actual energy performance indicators (IDEn, acronym in Spanish) and several energy saving measures are proposed to the enterprise.

Key words:

Management, energy, aggregates, energy saving, energy assessment

Índice.

Introducción.....	1
Capítulo 1. Estado del arte.	3
1.1. Introducción.	3
1.2. Producción de áridos en el mundo.	3
1.2.1. Equipos empleados para el proceso.	4
1.2.2. Sistemas de almacenamiento.	5
1.2.3. Maquinarias utilizadas en el proceso de extracción	5
1.2.4. Impacto en el Medio Ambiente.....	5
1.3. Producción de áridos en Cuba.	6
1.3.1. Producción que realiza el molino según la clasificación de las normas.	11
1.4. Caracterización general de la Empresa Materiales de Construcción de Cienfuegos (EMCC).	11
1.4.1. Estructura organizativa EMCC y sus Unidades Empresariales de Base.	12
1.4.2. Unidad Empresarial de Base Cantera Cienfuegos.	13
1.5. Establecimiento del Molino de Piedra de Arriete.	13
1.5.1. Etapas fundamentales en la producción de piedra en Arriete.	13
1.5.2. Productos obtenidos en la U.E.B. de Áridos de Arriete.....	14
1.5.3. Descripción del flujo tecnológico de Arriete.	14
1.5.4. Equipos usados en la U.E.B. de Áridos de Arriete y sus especificaciones técnicas.	15
1.6. Estructura de consumo de los principales portadores energéticos en la U.E.B. de Áridos de Arriete.	18
1.7. Eficiencia energética.	18
1.8. Análisis de las tendencias en el desarrollo de los sistemas de gestión energética.	19
1.9. Norma ISO 50001 del 2011.Generalidades.	20
1.10. Conclusiones Parciales.	23
Capítulo 2. Caracterización energética de la entidad.	24
2.1. Introducción.	24
2.2. Análisis energético de la U.E.B. de Áridos de Arriete.....	24
2.3. Análisis energético del año 2017 en la U.E.B. de Áridos de Arriete.....	26
2.3.1. Gráfico de Producción vs. Consumo en el tiempo.	26
2.3.2. Gráfico de Control.	27
2.3.3. Diagrama de Correlación de Consumo vs. Producción.	28

2.4. Análisis energético del año 2018 en la U.E.B. de Áridos de Arriete.....	29
2.4.1. Gráfico de Producción vs. Consumo en el tiempo.	29
2.4.2. Gráfico de Control.	30
2.4.3. Diagrama de Correlación de Consumo vs. Producción.	30
2.5. Gráfico de Correlación de los años 2017 y 2018.....	31
2.6. Análisis del uso de las herramientas.	32
2.7. Indicadores de Consumo.....	32
2.7.1. Diagrama de Índice de consumo energía/Producción vs Producción.	33
2.8. Metodología para el cálculo de IDEn Real para cada tipo de producción:.....	34
2.9. Conclusiones Parciales.	35
Capítulo 3. Aplicación de la metodología elaborada y propuestas de mejoras para el ahorro de energía en la U.E.B. de Áridos de Arriete.	36
3.1. Introducción.	36
3.2. Aplicación de la metodología para el cálculo de IDEn en la U.E.B. de Áridos de Arriete teniendo en cuenta su producción.	36
3.2.1. Paso 1: Recolección de datos.....	36
3.2.2. Paso 2: IDEn diario para cada tipo de producción.....	37
3.2.3. Paso 3: Determinar cuál producción es más eficiente usando herramientas de la norma ISO-50001 del 2011.....	37
3.2.4. Paso 4: Propuestas de IDEn reales atendiendo el tipo de producción.....	39
3.3. Medidas de ahorro.....	40
3.3.1. Iluminación.	40
3.3.2. Sistemas eléctricos.	41
3.3.3. Carga y transporte.....	43
3.5. Conclusiones Parciales.	45
Conclusiones Generales.	46
Recomendaciones.....	47
Referencias.	48

Introducción.

En Cuba la industria de materiales de construcción es una de las principales ramas de la economía, en la que juega un papel fundamental la explotación de estos yacimientos para la producción de áridos y materiales, que deben integrarse y compatibilizarse en dos ámbitos: la participación en los planes y programas de la Revolución y su contribución a los requerimientos de las políticas nacionales y provinciales que estén en correspondencia con el papel de cada territorio y su vinculación con el desarrollo sostenible para la prosperidad y satisfacción de las necesidades de la sociedad.

Sin embargo, según (Hernández, 2015), la industria de materiales para la construcción en el país no ha alcanzado el desarrollo tecnológico necesario ni la adecuada introducción de la dimensión ambiental en todas las etapas de la minería.

En la última década el desarrollo del sector de la construcción, el perfeccionamiento industrial, los logros técnicos, así como el crecimiento del consumo de áridos, convierten a la industria de materiales de construcción en la industria minera más importante del mundo en términos de volúmenes de producción, ya que extrae más del 69 % del total de materias primas minerales del mundo, además de que el consumo por habitante/año, consecuentemente, es superior al de toda la minería. Los áridos procedentes de rocas trituradas son los más consumidos (46,3 %), seguidos por las arenas y gravas (40,5 %) y los áridos marinos (2,2 %). En cuanto al consumo de áridos de fuentes secundarias, los áridos reciclados y reutilizados representaron el 8,3%, mientras que los artificiales alcanzaron el 2,6 % (Lucaes, 2015).

La U.E.B. de Arriete, perteneciente a la Empresa Materiales de la Construcción en Cienfuegos y ubicada en el municipio de Palmira, es de gran importancia para el desarrollo socioeconómico de la provincia debido al volumen de materia prima que extrae, lo cual lo convierte en objeto social de producción y comercialización de áridos. La calidad de la materia prima que se extrae se debe a que posee una planta de preparación mecánica que posibilita la obtención de los materiales de construcción como: macadam, piedra para hormigón, gravilla, granito y polvo.

Debido a que esta instalación no cuenta con estudios energéticos recientes, este trabajo se centra en la necesidad de profundizar en el análisis energético en la U.E.B. de Arriete, específicamente para lograr que su instalación funcione al máximo nivel, teniendo en cuenta la política trazada por el país en materia de ahorro, y dado el creciente aumento de las necesidades de los materiales de construcción para la población y de ser uno de los principales consumidores de portadores energéticos.

Problema Científico: La U.E.B. de Áridos de Arriete, no cuenta con un estudio de su índice de consumo ni otros indicadores energéticos y, por tanto, no existe un análisis de la eficiencia energética que garantice el uso eficiente de los portadores energéticos que en ella se le utilizan.

Hipótesis: Aplicando un diagnóstico de eficiencia energética usando herramientas de la Norma ISO 50001 del 2011, es posible determinar el estado actual de la empresa en el consumo de portadores energéticos y elaborar un índice de consumo eléctrico real, que permita lograr su operación eficiente.

Objetivos Generales: Realizar un diagnóstico energético basado en la Norma ISO 50001 del 2011, para luego calcular un índice de consumo para la U.E.B. de Áridos de Arriete, teniendo en cuenta el tipo de producción que realice.

Objetivos Específicos:

- 1- Analizar el estado del arte en esta esfera, para conocer los procesos tecnológicos que ocurren en estas plantas de áridos.
- 2- Realizar una caracterización energética de la U.E.B. de Arriete apoyándose en la Norma ISO 50001 del 2011 y elaborar una metodología para el cálculo del índice de consumo.
- 3- Aplicar la metodología elaborada para calcular el índice de consumo y proponer mejoras para el ahorro en la U.E.B. de Áridos de Arriete.

Capítulo 1. Estado del arte.

1.1. Introducción.

Las canteras de áridos son de vital importancia para el desarrollo de infraestructuras en cualquier país, ya que deben producir según las necesidades de éste. En Cuba la producción de áridos no solo se limita a los proyectos de construcción de infraestructuras; al estar situada en un lugar donde ocurren desastres naturales con frecuencia, nuestro país debe ser capaz de cubrir la demanda de materiales que necesite la población en estos momentos. A continuación, se realizará un breve estudio de los principios de funcionamiento de estas plantas en el mundo y en Cuba, se analizarán los equipos que se usan y se ilustrará la importancia de la implementación de la Norma ISO 50001 del 2011 en cualquier entidad.

1.2. Producción de áridos en el mundo.

La industria de los áridos se posiciona como uno de los pilares básicos de la minería mundial. Se entiende por cantera de áridos a la industria que produce arena o rocas fragmentadas. Esto se debe a que normalmente cuentan con centros de explotación cercanos a los lugares de consumo, reduciendo así los costos de transporte, ya que son materias abundantes y baratas, convirtiéndose en indispensables para la sociedad. De una forma más amplia, se pueden definir como materiales minerales, sólidos inertes, que después de adecuar su granulometría, se usan para la creación de otros subproductos más resistentes. Esto se consigue con la mezcla con materiales aglomerantes de activación hidráulica, entre los que se encuentran las cales, los cementos entre otros, o también con ligantes bituminosos (Iriando, 2018).

El transporte del material extraído desde la cantera se realiza de forma interna a través de camiones tolva que son cargados mediante una excavadora. Las distancias entre el punto de extracción y el lugar de procesamiento no son mayores a un kilómetro. Una vez en la zona de procesos de la planta, el camión vierte el material en la tolva de alimentación, en caso contrario, el material es depositado en las zonas de acopio transitorio donde posteriormente un cargador frontal carga la tolva de alimentación. El material desde la tolva es vaciado a un alimentador, el cual mediante movimientos

vibratorios regula y distribuye el paso del material integral hasta la boca de alimentación del molino primario. Durante el proceso, el alimentador realiza una preselección retirando el material sobre los 250 mm del circuito de producción y dejando pasar mediante una cinta transportadora el que se encuentra bajo los 125 mm hasta la criba clasificadora (Acevedo, 2009).

La trituración primaria es realizada por un molino de mandíbulas de simple efecto, que reduce el material a un tamaño de hasta 125 mm para posteriormente pasar mediante una cinta transportadora a una segunda clasificación en una criba o harnero, los cuales tamizarán el material mediante movimientos vibratorios de la criba provocando que el material que se encuentra entre los 125 mm y 40 mm pasa a la segunda chancadora. El material bajo este rango pasa directamente al acopio final a través de una cinta transportadora como material fino. El molino secundario corresponde a uno de cono el cual es alimentado por medio de una cinta transportadora con material proveniente de la criba clasificadora. Este molino mediante los movimientos excéntricos de su cabezal reduce el tamaño del material hasta 40 mm con un rendimiento cercano a las 200 t/h. El material molido pasa al acopio final mediante de una cinta transportadora donde es clasificado como estabilizado(Acevedo, 2009).

1.2.1. Equipos empleados para el proceso.

- Alimentadores o tolvas.
- Cintas transportadoras.
- Cribas vibratoria.
- Molinos de Mandíbula.
- Molinos de Cono.

También son muy comunes las trituradoras de impacto y el proceso de lavado de áridos que se realiza con el objetivo de limpiar la superficie exterior para la eliminación de impurezas que pueda presentar, como lodos o arcillas, que pueden rebajar la calidad de los áridos haciendo de los mismos un producto más homogéneo. Es importante conocer que este proceso se puede realizar al mismo tiempo que la clasificación y se usan diferentes equipos de lavados de lodos especiales(Acevedo, 2009).

1.2.2. Sistemas de almacenamiento.

- Acopios en el suelo: Básicamente se trata de montones de material depositados en el suelo por medio de una cinta transportadora.
- Silos: Los silos son depósitos cilíndricos, cuadrados o rectangulares de chapa de acero u hormigón armado y con cimentación.
- Tolvas: Las tolvas son depósitos abiertos por arriba y por abajo, lo que facilita la carga en camiones. Tienen una capacidad de entre 30 y 300 m³. Están fabricadas en hormigón o en chapa de acero y se pueden cubrir para proporcionar protección ambiental (Iriondo, 2018).

1.2.3. Maquinarias utilizadas en el proceso de extracción.

En el proceso de extracción y procesamiento de áridos, y como en cualquier explotación minera, la maquinaria empleada debe de tener unas características concretas, como la son la durabilidad, la robustez, dureza y resistencia, entre otros (Iriondo, 2018).

La maquinaria empleada, se puede dividir en varios grupos:

- Equipos de arranque y carga.
- Equipos de transporte.
- Equipos de tratamientos.
- Equipos de protección ambiental.

1.2.4. Impacto en el Medio Ambiente.

Las actividades que se desarrollan en las canteras de piedras siempre inciden de forma negativa en el medio ambiente, especialmente porque la materia prima principal es la roca caliza.

Los principales impactos ambientales derivados de la misma son:

- Afectaciones a los suelos por la extracción de la capa vegetal.
- Afectaciones a la flora al eliminar la vegetación existente en las zonas del yacimiento.
- Cambios significativos en el entorno, al realizar el movimiento y extracción de grandes volúmenes de mineral útil, capa vegetal y material estéril.
- Genera accidentes geográficos artificiales por la acción del movimiento de tierra y que pueden ser peligrosos para los seres humanos.

- Provoca el agotamiento de los recursos minerales.
- Emisión de polvo durante el movimiento de tierra.
- Elevados consumos de diésel y lubricantes.

El transporte de los materiales es uno de los desafíos más difíciles, ya que las bandas transportadoras, los molinos y las zarandas pueden ser las causas más importantes de degradación de la calidad del aire (Iriondo, 2018).

1.3. Producción de áridos en Cuba.

Descripción general de las operaciones que constituyen el proceso, a partir de la carga de la materia prima.

1. Cargue de la materia prima.

Esta operación de cargue es efectuada por una Grúa Frente Pala. La misma carga la roca volada, posterior a esto, vierte en el volteo de los camiones transportistas el material antes mencionado. Antes de que comience la Grúa Frente Pala a funcionar, se verificará que se encuentre en buen estado técnico. A continuación, se muestran los diferentes aspectos a cumplir, en el cargue de la materia prima:

- Que la pala se encuentre completamente limpia.
- Que se prosiga a cargar solo la roca volada que se haya ensayado y que, por supuesto, cumpla, con los parámetros establecidos.
- Que los volteos de los camiones se encuentren completamente limpios.

2. Transportación de la materia prima.

Es la operación de trasladar la roca volada en camiones de volteo. Esto se lleva a cabo desde el yacimiento hasta la tolva receptora de la planta tecnológica. Antes de dar inicio a la transportación, se comprobará que el vehículo se encuentre en buen estado técnico, también se tendrá en cuenta que no se cargue por encima de su capacidad máxima, para que así no se afecte su funcionamiento y no ocurran derrames de roca en el trayecto.

3. Alimentación y separación preliminar del desecho.

Esta operación se lleva a cabo mediante un alimentador, que en su parte superior posee barras de acero, las cuales se encuentran separadas unas de otras a una distancia de 50 mm. Al ubicarse en la tolva receptora, recibe toda

la roca volada del yacimiento; también se tendrá en cuenta, antes de poner a funcionar el mismo, que su estado técnico sea el idóneo. Esto se efectúa con el objetivo de verificar que cuando se comience a operar con él, se logre cumplir inalteradamente con los indicadores operacionales.

4. Trituración primaria.

Esta operación es llevada a cabo por un molino de quijada, el cual cumple la función de triturar la roca recibida a una dimensión de 75 mm; para tener un control adecuado de que se mantenga tal dimensión, se mide con un pie de rey la roca salida cada 30 minutos. Esto se hace con el fin de que se pueda conocer cualquier variación en la dimensión establecida. Antes de comenzar a laborar con dicho equipo tecnológico, se le verificará su estado técnico, en lo referente a que se encuentre operando eficientemente. Lo mencionado es de vital importancia para que pueda lograr sus objetivos.

5. Recuperación de roca útil.

Esta operación es efectuada por una zaranda, que posee en su parte superior un paño clasificador con una medida de 16 mm; el mismo tiene la función de clasificar el desecho que venga mezclado con restos de tamaño mediano de rocas. Esto permite la recuperación total de los restos de rocas antes mencionados y la posterior inserción en el proceso de los mismos. Para que se logre lo planteado el paño no tendrá roturas ni tampoco debe poseer una dimensión que difiera a la establecida. Antes de que comience a funcionar, se comprobará que la zaranda esté en buen estado técnico.

6. Clasificación y separación del macadam.

Esta operación es llevada a cabo por una zaranda, la cual posee en su parte superior un paño de 38 mm, el cual cumple dos funciones fundamentales. La primera es de clasificar toda la piedra que se encuentre entre las dimensiones de 0,13 a 38 mm, y la segunda es de separar la roca de macadam, la que, por ostentar una medida superior a los 38 mm, la misma corre por encima del paño hacia una canal que la conduce finalmente a la trituración secundaria. Para que se logre lo planteado el paño no tendrá roturas ni tampoco debe poseer una dimensión que difiera a la establecida. Lo aludido se logra midiendo el paño con pie de rey con el objetivo de verificar que cumpla con la medida

normada y observando que se encuentre en perfectas condiciones. También hay que tener presente, la revisión diaria de su estado técnico, lo cual tiene el fin de comprobar que cuando comience a operar, lo haga de la manera más idónea posible, con lo que se conseguirá obtener los mejores resultados.

7. Trituración secundaria.

Esta operación es llevada a cabo por un molino de martillo, el cual tiene como función, la trituración de la roca de macadam a dimensiones que oscilan entre los 0,13 y 19 mm. Para comprobar que dicho rango se esté cumpliendo, se toma un puñado de la piedra que sale ya triturada y se mide con un pie de rey cada 30 minutos. También hay que tener presente que su capacidad de trituración esté acorde a la entrada de roca de macadam. Lo referido se logra cuando se regula la capacidad de molienda del secundario, al flujo entrante de roca de macadam. Además de lo planteado, también se puede llegar a controlar su funcionalidad, observando visualmente el comportamiento que refleja el reloj del panel de control, en cuanto a que si muestra parámetros satisfactorios de desempeño o no. Antes de que se comience a laborar, se le verificará su estado técnico, en cuanto a si es el mejor, para que de esta manera se tenga la seguridad de que logrará cumplir su objetivo operacional ya antes expuesto.

8. Clasificación de la piedra.

Esta operación es llevada a cabo por una zaranda, que posee tres paños clasificadores, los cuales tienen funciones diferentes, pero persiguen un mismo objetivo, que es el de clasificar el hormigón, la gravilla, el granito y el polvo de piedra según la granulometría normada para ellos en la NC-251-2005 para árido grueso y la NC-54-264-1984 para el polvo de piedra. Para que se logre lo planteado, los paños no tendrán roturas ni tampoco deben poseer una dimensión que difiera a la establecida, para lo cual se controlará con un pie de rey sus dimensiones. También hay que tener presente, la revisión diaria de su estado técnico, lo cual tiene el fin de comprobar que cuando comience a operar, lo haga de la manera más idónea posible. Las diferentes dimensiones que tendrán los paños se muestran a continuación.

Dimensiones que poseerán los diferentes paños:

- Paño separador de la piedra para hormigón – 22 mm.
- Paño separador de la gravilla – 12 ms.
- Paño separador del polvo – 5 mm.

9. Traslado de la piedra hacia el almacén.

Esta operación es llevada a cabo por un cargador frontal y varios camiones de volteo. Para su implementación, el cargador tendrá su cubo completamente limpio de cualquier objeto o sustancia; después de esto él llena el cubo con una piedra que posee una dimensión específica. La misma la vierte en el volteo del camión hasta llenarlo a su capacidad máxima. En esta labor el cargador no tomará diferentes tipos de piedras en un mismo cargue, o sea, tomar una palada de gravilla y otra de granito, lo referido daría lugar a que el árido se contamine en su granulometría. También el volteo del camión se encontrará limpio antes de que se comience a llenársele. Esto tiene el objetivo de impedir que el producto insertado en el mismo, se mezcle con sustancias perjudiciales. Posteriormente a lo mencionado, el camión de volteo ya lleno, se dirigirá hacia el lugar establecido para el almacenamiento y volteará la piedra en el área que recibe un árido similar al transportado por él. Además de lo aludido, se verificará a diario que tanto el cargador frontal, como los camiones se encuentren todos en buen estado técnico.

10. Almacenamiento.

Es la operación que se realiza con el fin de acumular la piedra producida en un área determinada. Esto será hasta su posterior venta, y para que la misma se aplique correctamente, tendrá que cumplir con la normativa legislada (NC-54-78-1984) para almacenamiento de áridos.

11. Ensayo de la piedra clasificada.

Es la operación de verificar el estado que posee un producto en cuanto a su calidad, esta verificación se llevará a cabo cada vez que se produzca en un centro productor un artículo determinado. Para su aplicación en el campo, el ensayo de la piedra, se tendrán que seguir los pasos que se muestran a continuación:

- Se toma una muestra representativa de los diferentes tipos de piedra producidos, lo cual se realizará siguiendo las directrices estipuladas en la norma NC-671-2008.
- Se envía la muestra tomada a un laboratorio que esté avalado para efectuar ensayos de alta calidad.
- Los ensayos que se le realizarán a los áridos denominados hormigón, gravilla, granito y polvo de piedra, serán los establecidos en las normas NC-251-2005 y NC-54-264-1984.

12. Entrega del producto: polvo de piedra, granito, gravilla y piedra de hormigón.

Esta operación se describe como la entrega del producto al cliente, según su deseo. En el caso de los áridos, la entrega se efectúa siguiendo una serie de pasos, los cuales se muestran a continuación:

- Se tendrá la certeza de que el producto vendido cumple con el deseo del cliente; esto se logra mediante la obtención de los resultados de ensayos del laboratorio. Estos ensayos mostrarán las características reales que posee la piedra que se libera para el uso en obras constructivas. Para ello se le entregará al cliente un certificado de calidad que avala el producto como idóneo.
- Para que la piedra sea liberada de la entidad, el cliente tendrá que poseer una orden de entrega, la cual es el medio legal que atestigua que la empresa vendió dicho producto al cliente; pero de forma idéntica el establecimiento entregará al usuario una factura que atestigua la salida legal del producto, con la cual podrá cargar la mercancía comprada y seguidamente salir con ella sin dificultad.
- Los equipos que participan en la entrega de la piedra, los cuales son el cargador frontal y los camiones que trasladan el producto al cliente, deben tener los lugares de contacto con el árido, o sea, el cubo del cargador y el volteo de los camiones en condiciones limpias. Esto hará posible que no se contamine la piedra cuando la tal sea despachada en la entidad (Curtiellas, 2016).

1.3.1. Producción que realiza el molino según la clasificación de las normas.

Este proceso figura entre los macros de procesos claves constituyentes de la Empresa de Materiales de la Construcción. El proceso que se lleva a cabo en la producción de piedra, tiene como misión, producir las cantidades que se necesiten de piedra según lo que establece la norma legislada para dicho procedimiento (NC 251: 2005) y sin incurrir en incertidumbre en cuánto si posee un alto nivel de calidad, sino más bien garantizando que el mismo esté certificado como producto de primera línea y por ende satisfaga la demanda existente (Curtiellas, 2016).

Según la Norma (NC 251:2005) la piedra forma parte de la denominación Árido. La misma se clasifica según su dimensión en: árido grueso y árido fino.

1.4. Caracterización general de la Empresa Materiales de Construcción de Cienfuegos (EMCC).

La Empresa de Materiales de Construcción de Cienfuegos fue creada por Resolución Ministerial No. 58/81 dictada con fecha 3 de enero del 81 y modificada por la Resolución Ministerial No. 23/2002.

La Oficina Central de la EMC de Cienfuegos adscripta al GECC como Empresa y perteneciente al grupo empresarial GEICON; se encuentra ubicada en calle 63 km 3, Pueblo Grifo, Cienfuegos.

La entidad está constituida por una dirección General de la Empresa; integrada por las direcciones de Producción, Contabilidad y Finanzas, Recursos Humanos, Equipos y Mecanización, Operaciones y Desarrollo Empresarial.

Objeto Social: El objeto social de la empresa aprobado, tiene como objetivo general: Producir y comercializar áridos, así como otros materiales y productos utilizados en la construcción.

- Producción de áridos gruesos y finos.
- Mortero Cola.
- Carpintería de Madera.
- Elementos de Pared.
- Elementos de Piso.
- Elementos de Cerámica.

-Elementos de Terrazo.

Misión: Producir y comercializar artículos y materiales de la construcción para sustentar el desarrollo constructivo del país con una calidad que satisfaga las exigencias del cliente, con bajos costo y resultados económicos satisfactorios que se reviertan en el desarrollo técnico productivo de la empresa, el bienestar de sus trabajadores, preservando el medio ambiente.

Visión: Alcanzar el liderazgo en el mercado interno en la producción y comercialización de materiales dedicados a la construcción, manteniendo elevados índices de calidad y bajos costos en las producciones con la profesionalidad requerida y preservando el medio ambiente.

Política de Calidad: Demostrar nuestra capacidad de producir materiales y prestarse servicios para la construcción, que satisfagan los requisitos y expectativas del cliente, mejorándolos continuamente en el marco de un sistema de gestión de la calidad NC ISO 9001, con desempeño ambiental sostenible en un medio laboral donde se maneja la tecnología de producción y en el que prima la competencia del personal, la organización, la seguridad y la salud.

Desempeño Ambiental: La Empresa Materiales de Construcción Cienfuegos realiza las producciones cumpliendo con su Política y Estrategia Ambiental, que es el modo más eficiente de operar procesos, producir productos y proveer servicios. El enfoque ambiental de sus producciones genera y fortalece los vínculos entre la Ciencia, Tecnología y la Sociedad (Empresa de Materiales de Construcción de Cienfuegos, 2018).

1.4.1. Estructura organizativa EMCC y sus Unidades Empresariales de Base.

La EMCC en su estructura organizativa se subdivide en: Dirección General de Empresa y cinco Unidades Empresariales de Base (UEB) y Servicios que funcionan o funcionarán como pequeñas empresas, con un cierto nivel de autonomía y gestión, acorde a las necesidades actuales. La Dirección de la Empresa queda con las funciones de dirigir, supervisar y controlar el desarrollo de cada una de las Organizaciones Empresariales de Base.

-Unidad Empresarial de Base Áridos.

- Unidad Empresarial de Base Hormigón.
- Unidad Empresarial de Base Cerámica.
- Unidad Empresarial de Base Transporte y talleres.

En la empresa trabajan actualmente 617 trabajadores que se distribuyen por las diferentes Unidades Empresariales de Base, Establecimientos y Talleres(Empresa de Materiales de Construcción de Ciefuegos, 2018).

1.4.2. Unidad Empresarial de Base Cantera Cienfuegos.

La Unidad Empresarial de Base Cantera Cienfuegos surge por la reorganización de las actividades productivas y la necesidad de la reestructuración directiva en la industria en respuesta a los programas del gobierno, agrupando por objeto social los centros productivos y ubicación territorial.

La Unidad Empresarial de Base Cantera Cienfuegos tiene dos centros de producción subordinados a la dirección general de la UEB:

- Establecimiento Molino de Piedra Arriete.
- Establecimiento Molino de Piedra Los 500, Guaos.

El Molino de Piedra de Arriete, será el objeto de estudio de la presente investigación, cuyo objeto social es: Producir y comercializar gravilla, piedra de hormigón, granito, polvo de piedra y macadam que cumplan con las normas establecidas (Empresa de Materiales de Construcción de Ciefuegos, 2018).

1.5. Establecimiento del Molino de Piedra de Arriete.

Se encuentra ubicado en el municipio de Palmira. El producto se obtiene a partir de la explotación minera, trituración y clasificación de la masa de rocas. La tecnología es adecuada de acuerdo a las existentes en el país. El centro posee un total de 37 trabajadores, de ellos 6 con carácter de administrativo y el resto directos a la producción, de los cuales 31 son hombres y 5 mujeres(Empresa de Materiales de Construcción de Ciefuegos, 2018).

1.5.1.Etapas fundamentales en la producción de piedra en Arriete.

Las etapas fundamentales del proceso o flujo productivo son:

- Trituración primaria.
- Trituración secundaria

- Clasificación.
- Trituración terciaria.
- Clasificación.
- Almacenamiento
- Carga y transportación.

1.5.2. Productos obtenidos en la U.E.B. de Áridos de Arriete.

La Figura 1.1 muestra la variedad de productos obtenidos en la entidad.



GRANITO

GRAVILLA

MACADAM

Figura 1.1. Productos obtenidos en la U.E.B. de Arriete (Elaboración propia).

Es válido aclarar que en esta U.E.B. se obtienen también, derivados como la piedra para hormigón y el polvo que luego de algunos procesos tecnológicos son usados para la elaboración de otros materiales de construcción. El índice de triturabilidad es una propiedad que poseen estas rocas. En la cantera de Arriete encontramos Piedra Caliza con un índice de triturabilidad de 10,61 cuando la piedra está seca y de 13,60 cuando esta mojada. Este índice se obtuvo gracias a un estudio realizado en el Centro de Investigación y Desarrollo de la Construcción en la Habana en el año 2015.

1.5.3.Descripción del flujo tecnológico de Arriete.

El material proveniente de la cantera (rajón) es vertido por uncamión en una tolva metálica (receptora) de 30 m³ de capacidad, que tributa a un alimentador vibratorio y este a su vez tributa dos fracciones: una al molino primario de quijada (mandíbula) y la otra fracción a un transportador. Éste traslada el material a una criba vibratoria (zaranda) de desperdicio con un paño de 6 m³, la cual separa la arcilla de la piedra. Éste a su vez tributa una fracción a un transportador con el desperdicio y la otra fracción la reincorpora al proceso mediante un transportador hacia el transportador principal que va del molino

primario hacia la tolva del molino secundario de cono con una capacidad de 6m^3 . Éste a su vez descarga una fracción al transportador que va hacia una criba vibratoria (clasificadora) con 4 paños, que es la encargada de clasificar los productos según su granulometría. Dicha criba tributa sus productos que son: polvo, granito, gravilla y hormigón al patio de acopio por diferentes transportadores de igual dimensión. Por último, el material fuera de la granulometría requerida es reincorporado nuevamente al proceso inicial para ser remolido a través de un transportador que va hacia la tolva del molino terciario de cono que es el remolador con una capacidad de 6 m^3 . Este a su vez descarga el material a un transportador que se encuentra entre el primer remolador y la criba clasificadora. En el caso de producción de macadam, se deja fuera de servicio el segundo remolador y se coloca una plancha entre la tolva alimentadora y dicho remolador que funciona como *bypass*, permitiendo el paso de dicha producción al transportador de descarga al acopio (ver Figura 1.2) (Empresa de Materiales de Construcción Cienfuegos, s/f).

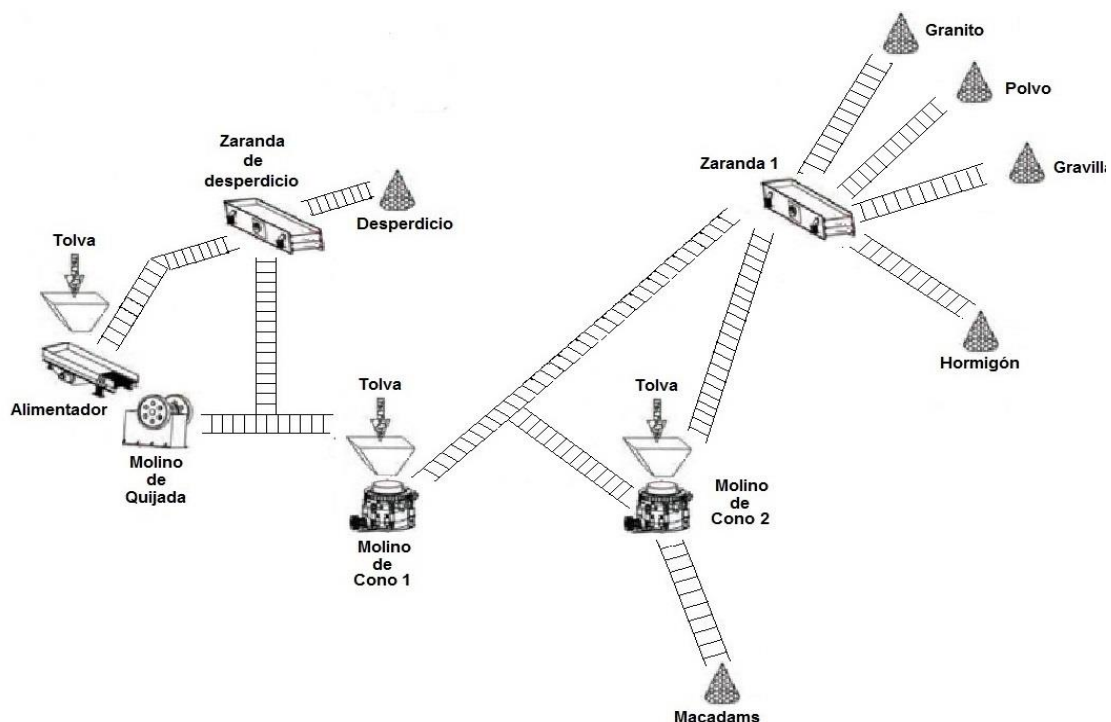


Figura 1.2.Descripción del flujo tecnológico de la planta de Arriete(Empresa de Materiales de Construcción Cienfuegos, s/f).

1.5.4.Equipos usados en la U.E.B. de Áridos de Arriete y sus especificaciones técnicas.

Alimentador vibrador.

El alimentador vibrador usado en la U.E.B. de Arriete que se muestra en la Figura 1.3 es un modelo GZD1300x4900; posee un tamaño de embudo de 1300mm x 4900mm sus dimensiones en general son de 5200x2350x1750mm. Su peso es de 5,2 toneladas y tiene una capacidad de 450-600 toneladas por horas. El motor que lo acciona es de 22 kW, 6 polos, 380 V.

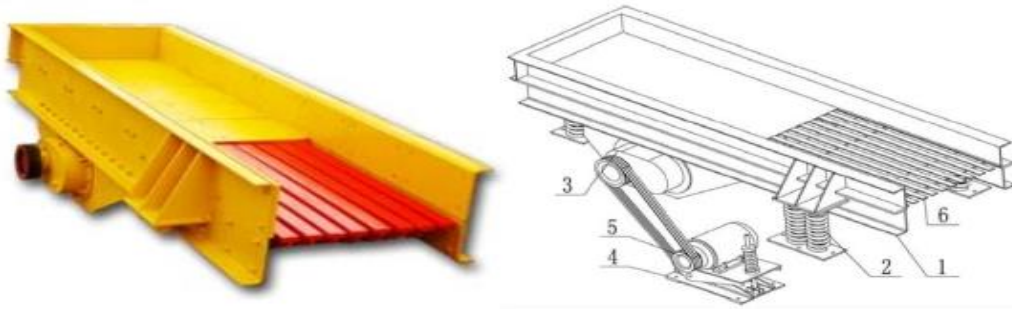


Figura 1.3. Esquema del alimentador vibrador(Empresa de Materiales de Construcción Cienfuegos, s/f).

Molino de quijada primario (PF 1210).

El molino primario que usa esta instalación es de quijada, como se muestra en la Figura 1.4, el mismo es de modelo PE600x900, tiene ajustes de configuración en valores que van desde 65mm hasta 160mm. Su dimensión general es de 2290 x 2206 x 2370 mm, pesa 17 toneladas y tiene una capacidad de 90-180 toneladas por hora. Su motor tiene una potencia de 55-75kW, 6 polos y unatensión de 380 V.

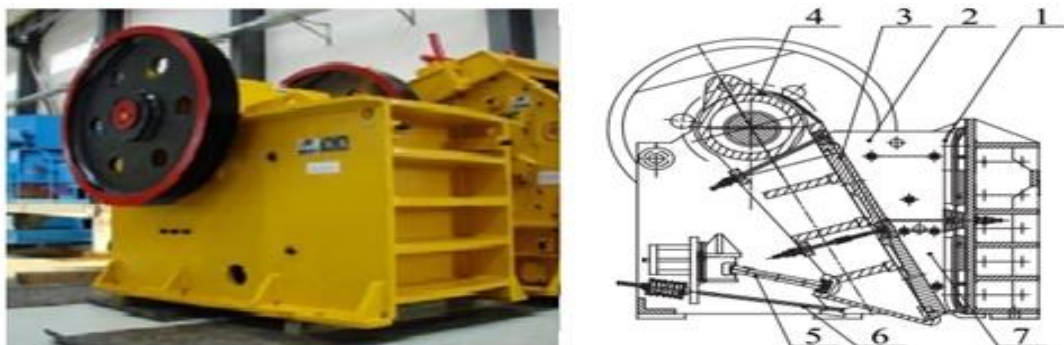


Figura 1.4. Esquema del molino primario de quijada(Empresa de Materiales de Construcción Cienfuegos, s/f).

Molino de cono secundario (Sandvik – CH430M/E).

Los molinos de cono poseen las mismas características técnicas, el tipo de cámara es EF Extra Fina, su potencia es de 90 kW y están diseñados para producir 40 toneladas por hora(ver Figura 1.5).

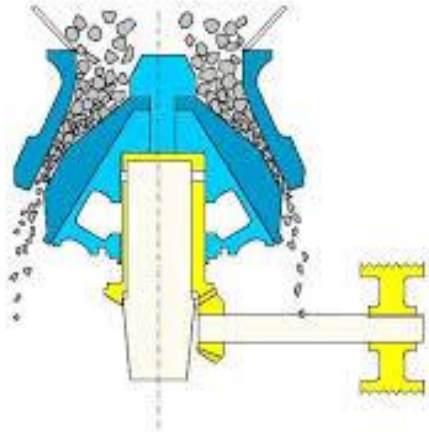


Figura 1.5. Esquema de los molinos de cono(Empresa de Materiales de Construcción Cienfuegos, s/f).

Cribas vibrantes (4Y).

Tanto la criba vibrante de movimiento circular de desperdicio como la criba de clasificación cuentan con las mismas propiedades (ver Figura 1.6). Son del modelo 3YK1548,tienen 3 capas y su tamaño de malla es de 3-100 mm, tienen un tamaño de forraje de 400mm, su vibrador tiene una frecuencia de 870 r/min,un peso de 6 toneladas, para una capacidad entre 81 hasta 720 toneladas por horas. Su motor tiene una potencia de 22-30 kW y una tensión de 380 V.

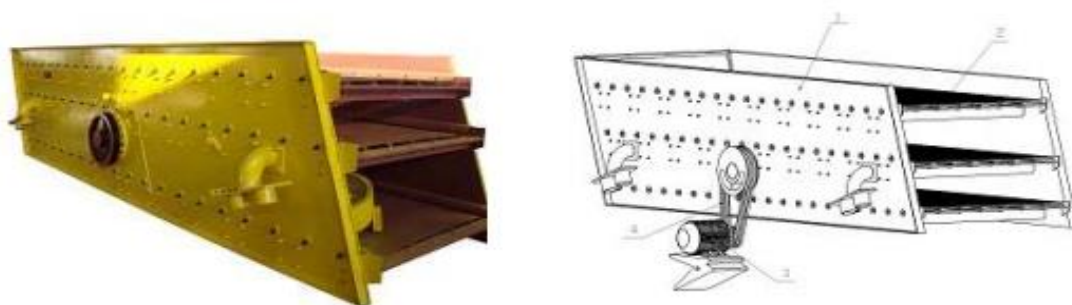


Figura 1.6. Esquema de las cribas vibrantes(Empresa de Materiales de Construcción Cienfuegos, s/f).

1.6. Estructura de consumo de los principales portadores energéticos en la U.E.B. de Áridos de Arriete.

La energía eléctrica es utilizada para el alumbrado, bombeo y para la producción, mientras que el diésel solo se usa para los vehículos de transporte. Para esto la empresa cuenta con dos camiones que traen la materia prima de la cantera hacia el molino primario (de quijada) para comenzar con el proceso, dos buldóceres para los trabajos en la cantera, dos montacargas para llenar los camiones con los áridos y un *jeep*.

El índice de consumo eléctrico es de 2,58 kWh/m³ aunque esta U.E.B. necesita otro, ya que este índice se calculó por un estudio que se realizó cuando la maquinaria actual no estaba instalada.

Para calcular un índice actual debemos tener en cuenta el tipo de producción que se elabora y saber que en los meses de lluvia el índice de triturabilidad aumenta en un 3 % aproximadamente (Elaboración propia).

1.7. Eficiencia energética.

En cualquier explotación minera, el consumo de energía constituye una partida importante de los costes de producción, siendo notable el potencial de ahorro que existe. La mejora de la eficiencia energética en las canteras se debe abordar con un enfoque sistemático, ya que todo el proceso de producción está integrado por un conjunto de operaciones que, si bien pueden parecer independientes unas de otras, están interrelacionadas entre sí. Por otro lado, los tipos de energía son diferentes en función de las características de los materiales extraídos, tipos de maquinarias utilizadas y sistemas de abastecimientos.

La eficiencia energética es la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios finales obtenidos, o bien, el incremento o la mejora de los productos y servicios generados manteniendo un nivel dado de energía. Dentro de un proceso productivo y en todos los ámbitos de la sociedad, en general, la eficiencia energética se puede mejorar mediante la implementación de diversas medidas e inversiones a nivel tecnológico, de gestión y de hábitos de consumo.

La adecuada gestión energética, a través del desarrollo de un plan de ahorro y eficiencia energética, puede proporcionar importantes ventajas tanto a las empresas que lo implementan como a la sociedad en general:

- Se reduce el consumo de energía primario fósil no renovable.
- Disminuyen los consumos de energía final y se optimiza su empleo.
- Permite la reducción de los costos energéticos de las empresas.
- Menores riesgos ambientales (fugas, accidentes, etc.) al tener una idea más completa de las fuentes de energía y las áreas de consumo de la actividad extractiva.
- Se cumple con la legislación ambiental vigente.
- Facilita la implementación de sistemas de gestión energético y ambiental.
- Favorece un uso sostenible de los recursos energéticos.
- Aumenta la competitividad, al favorecer que las actividades se puedan desarrollar de manera más efectiva y rentables (ahorro en el consumo de energía y reducción de los costos de producción).
- Mejora la imagen pública de la empresa.
- Posibilita la reducción del consumo energético del país.
- Contribuye a disminuir el calentamiento global, gracias a la disminución de la emisión de gases de efecto invernadero.
- Facilita al país el cumplimiento de los diferentes compromisos en materia energética y ambiental (Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, 2011).

1.8. Análisis de las tendencias en el desarrollo de los sistemas de gestión energética.

La Gestión Empresarial incluye todas las actividades de la función gerencial que determinan la política, los objetivos y las responsabilidades de la organización, las cuales se ponen en práctica a través de: la planificación, el control, el aseguramiento y el mejoramiento del sistema de la organización. La Gestión Energética o Administración de Energía como subsistema de la gestión empresarial abarca en particular las actividades de administración y aseguramiento de la función gerencial, que le confieren a la entidad la aptitud

para satisfacer eficientemente sus necesidades energéticas. Los sistemas de gestión energética están encaminados a la administración eficiente de la adquisición, transformación, transporte y uso final de la energía en la organización, bajo la supervisión de la gerencia, con el objetivo de reducir los costos de producción, sin que la misma desvíe la atención y los recursos de su actividad principal productiva. Se realizan mediante un proceso de reingeniería de la gestión energética, que instala en la entidad procedimientos, herramientas y capacidades para su uso continuo y se compromete con su consolidación elevando las posibilidades técnico-organizativas en la gestión por la reducción de sus costos energéticos (Sánchez, 2012).

La aplicación de un sistema de gestión energética avanzado para soportar la gestión energética de la organización, constituye una práctica novedosa. Estos precisan de la existencia de una estructura organizativa, un comité o comisión de ahorro de energía, así como de un administrador de energía capacitado y certificado, que permitan contribuir significativamente a la mejor gestión energética en las organizaciones. La ausencia de un proceso formalizado para la administración de la energía impide la evolución y el mejoramiento continuo de la misma. Ello supone, entonces, la necesaria formalización o institucionalización de la gestión energética como proceso en la organización. En el transcurso de los años han existido diversos sistemas de gestión de la energía, los cuales han tenido similitudes y diferencias. Su aplicación ha tenido ventajas y desventajas las cuales hoy se han estandarizado con la norma ISO 50001 del 2011 (Borroto N. A., 2001).

1.9. Norma ISO 50001 del 2011. Generalidades.

La ISO 50001 comenzó a gestarse en el 2008 en el seno del Comité PC 242, grupo que ha estado liderado por la organización estadounidense ANSI y la brasileña ABNT, y en el que han participado 42 países y otros 12 han sido observadores. Fue publicada el 15 de junio del 2011. Esta norma internacional ha tenido otros documentos antecesores. En el año 2007 AENOR publicó la Norma UNE 21630 Sistema de Gestión Energética y en el 2008 se publicó la norma europea EN 16001 cuyos requisitos y principios son prácticamente los mismos de la norma UNE y a la cual sustituyó.

La Norma ISO 50001 establece criterios universales para su uso en cualquier organización. En ella se conceptualiza como Sistema de Gestión de la Energía: el conjunto de elementos interrelacionados mutuamente o que interactúan para establecer una política y objetivos energéticos, y los procesos y procedimientos necesarios para alcanzar dichos objetivos.

Esta Norma Internacional especifica los requisitos de un sistema de gestión de la energía a partir del cual la organización puede desarrollar e implementar planes de acción que tengan en cuenta los requisitos legales y la información relacionada con el uso significativo de la energía. Los sistemas de gestión permiten a la organización alcanzar los compromisos derivados de su política, tomar acciones, según sea necesario, para mejorar su desempeño energético y demostrar la conformidad del sistema con los requisitos de la norma. La cual se aplica a las actividades bajo el control de la organización y su utilización puede adecuarse a los requisitos específicos de la organización, incluyendo la complejidad del sistema, el grado de documentación y los recursos (Sánchez, 2012)

Se basa en el ciclo de mejora continua Planificar – Hacer – Verificar – Actuar (PHVA) e incorpora la gestión de la energía a las prácticas habituales de la organización.

El enfoque PHVA, según (Cisneros Guancha, 2014), puede resumirse de la siguiente manera:

- Planificar: llevar a cabo la revisión energética y establecer la línea de base, los indicadores de desempeño energético, los objetivos, las metas y los planes de acción necesarios para lograr los resultados que mejorarán el desempeño energético de acuerdo con la política energética de la organización.
- Hacer: implementar los planes de acción de gestión de la energía.
- Verificar: realizar el seguimiento y la medición de los procesos y de las características clave de las operaciones que determinan el desempeño energético en relación a las políticas y objetivos energéticos e informar sobre los resultados.
- Actuar: tomar acciones para mejorar en forma continua el desempeño energético y el Sistema de Gestión Energética.

En ella no se establecen requisitos absolutos del desempeño energético, más allá de los compromisos establecidos en la política energética de la

organización y de su obligación de cumplir con los requisitos legales aplicables y otros requisitos. Por lo tanto, dos organizaciones que realicen actividades similares, pero que tengan desempeños energéticos diferentes, pueden ambas cumplir con sus requisitos.

La aplicación de esta norma puede ser adoptada a los requerimientos de una organización incluyendo la complejidad del sistema, el grado de documentación y recursos, y se aplica a las actividades controladas por la organización.

La norma ISO 50001 conlleva numerosas ventajas para las entidades:

- Reducción de costos: es una de las pocas normas que habla de eficiencia y de reducción de costos.

- Reducción de emisiones de CO₂. Además del evidente cuidado al medio ambiente, esta reducción de emisiones supone un valor añadido en la imagen de la empresa como entidad sostenible y comprometida con la sociedad.

- Más seguridad de suministro.

- Supone una ventaja competitiva: hay pocas empresas que ahora mismo estén certificadas según esta norma.

Además, a través de la normalización de la gestión energética se logrará la disminución del impacto ambiental asociado a la explotación de los diferentes tipos de energía, lo que conlleva a los siguientes beneficios:

- Mejora de la eficiencia de los procesos.

- Promoción de tecnologías menos contaminantes.

- Disminución de los costos de control

- Facilitación de la adaptación a mayores exigencias legislativas y a otros requisitos (Borroto N. A., 2006).

1.10. Conclusiones Parciales.

- La industria minera de materiales de construcciones la más importante del mundo en términos de volúmenes de producción, ya que extrae más del 69 % del total de materias primas minerales del planeta. Los áridos procedentes de rocas trituradas son los más consumidos con un (46,3 %) del total.
- Existe una gran similitud entre la producción de áridos en Cuba y el mundo, así como los equipos empleados para el proceso.
- La U.E.B. de Áridos de Arriete no tiene un indicador de consumo que satisfaga las necesidades del centro.
- La norma ISO 50001: 2011 permite establecer los sistemas y procesos necesarios para mejorar el desempeño en el uso de la energía, incluyendo la eficiencia energética, su uso, consumo e intensidad; de conjunto con un compromiso social y empresarial.

Capítulo 2. Caracterización energética de la entidad.

2.1. Introducción.

En el presente capítulo se realizará un diagnóstico energético en la U.E.B. de Áridos de Arriete utilizando herramientas de la norma ISO-50001 del 2011, y posteriormente se elaborará y recomendará una metodología para el cálculo de un índice de consumo que satisfaga las necesidades de este centro.

2.2. Análisis energético de la U.E.B. de Áridos de Arriete.

En la Figura 2.1 se puede apreciar los principales portadores de energía en esta empresa, siendo la energía eléctrica la más consumidora con un total de 269,98 toneladas equivalentes de petróleo; luego le sigue el diésel con 248,44 Tep y por último los lubricantes usados para los mantenimientos de motores, molinos, vehículos etc, con solo 0,43 Tep. Para estos valores se convirtió el total de MWh y litros de combustible y de lubricantes en toneladas equivalentes de petróleo utilizando los factores de conversión, como se aprecia en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Datos para la realización del Pareto de portadores energéticos (Elaboración propia).

Portadores	Fact.Conv	Tep	%	%Acumulado
Elect(MWh)	0,3502	269,984589	52,0347198	52,0347198
Diésel(l)	1,0534	248,438643	47,8821225	99,9168423
Lubricantes(l)	1	0,4314678	0,08315773	100
		518,854699	100	

Para la realización de la Figura 2.1 se usaron datos recolectados por la empresa de los años 2015 hasta 2018; y luego de un análisis se concluye que la electricidad es el portador con más peso sobre los demás ya que este representa un 52 % de los gastos totales de la empresa.

En la Figura 2.2 se observan los gastos en energía eléctrica de las principales áreas que conforman la U.E.B. de Áridos de Arriete en el año 2018, destacando la planta donde se producen los áridos con un total de 127070 kWh, mientras que el taller consumió 33571 kWh y las oficinas 10700 kWh. Para la realización de este gráfico nos se hace uso de la Tabla 2.2 donde se muestra que los gastos en la planta de producción representan un 74,16 % de energía con

respecto al total, mientras que el taller es un 19,59 % y las oficinas sólo un 6,24 %.

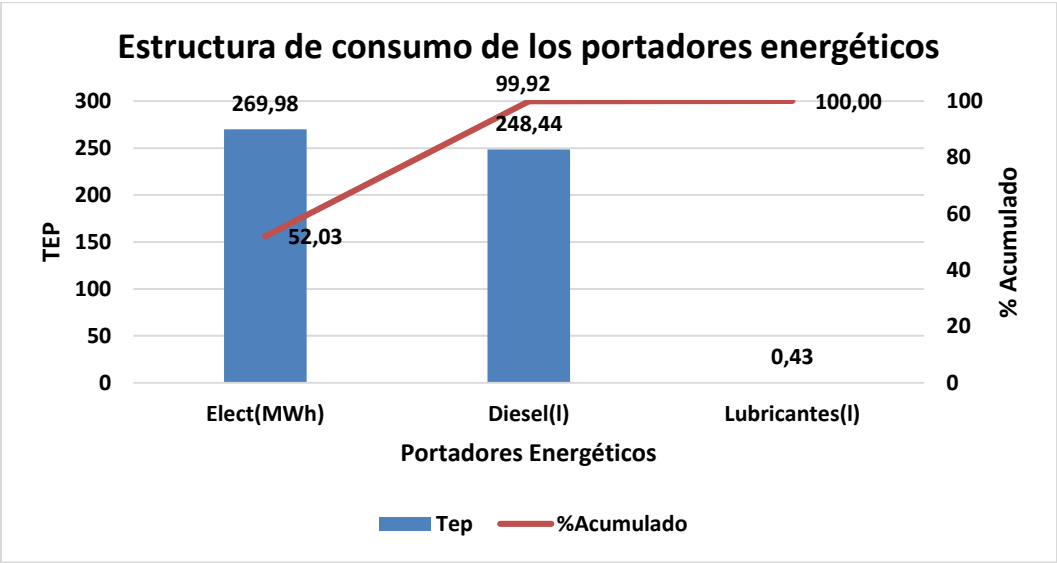


Figura 2.1. Gráfico de Pareto para portadores energéticos(Elaboración propia).
 Tabla 2.2. Datos para la realización del Pareto por áreas de consumo en la U.E.B. de Áridos de Arriete (Elaboración propia).

Áreas	kW	%	%acumulado
Planta	127070	74,1620511	74,1620511
Taller	33571	19,5930921	93,7551433
Oficinas	10700	6,24485675	100
Total	171341		

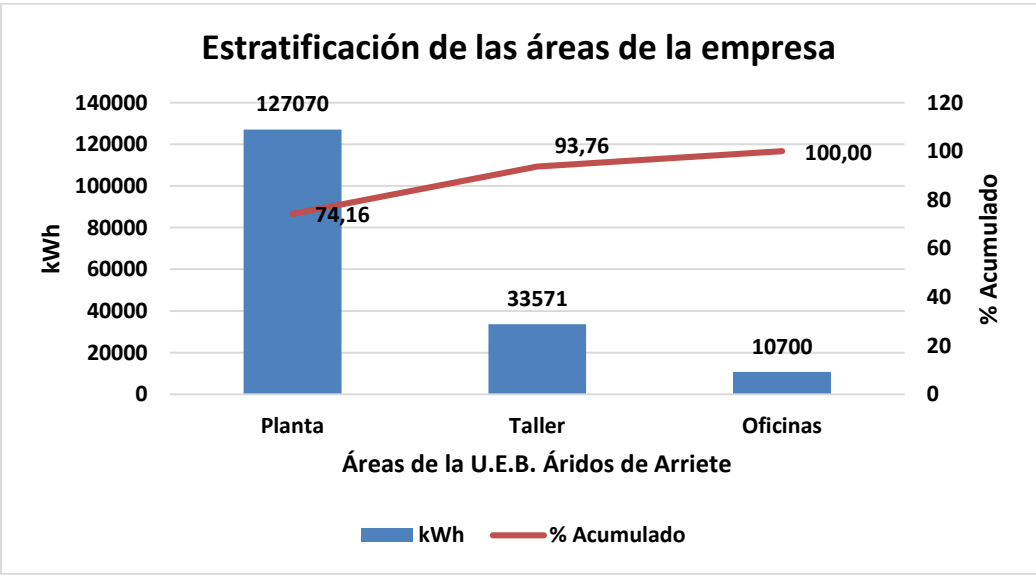


Figura 2.2. Gráfico de Pareto por áreas(Elaboración propia).

En la Figura 2.3 se observan los consumo en kWh de los equipos usados en la planta para la producción de áridos, resaltando los molinos de cono como mayores consumidores ya que representan un 29 % del total, mientras que el molino de quijada representa un 23 % y el motor que mueve las cribas vibrantes y el alimentador vibrador un 9,9% y 7,2%, respectivamente. Para la elaboración de esta figura nos apoyamos en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3. Datos para la elaboración de Pareto por equipos empleados en la entidad (Elaboración propia).

Equipos	kW	%	% Acumulado
M. Cono	90	29,8	29,8
M. Cono	90	29,8	59,6
M. Quijada	70	23,17	82,78
M. Cribas V.	30	9,93	92,71
M. Alimentador	22	7,28	100
Total	302	100	

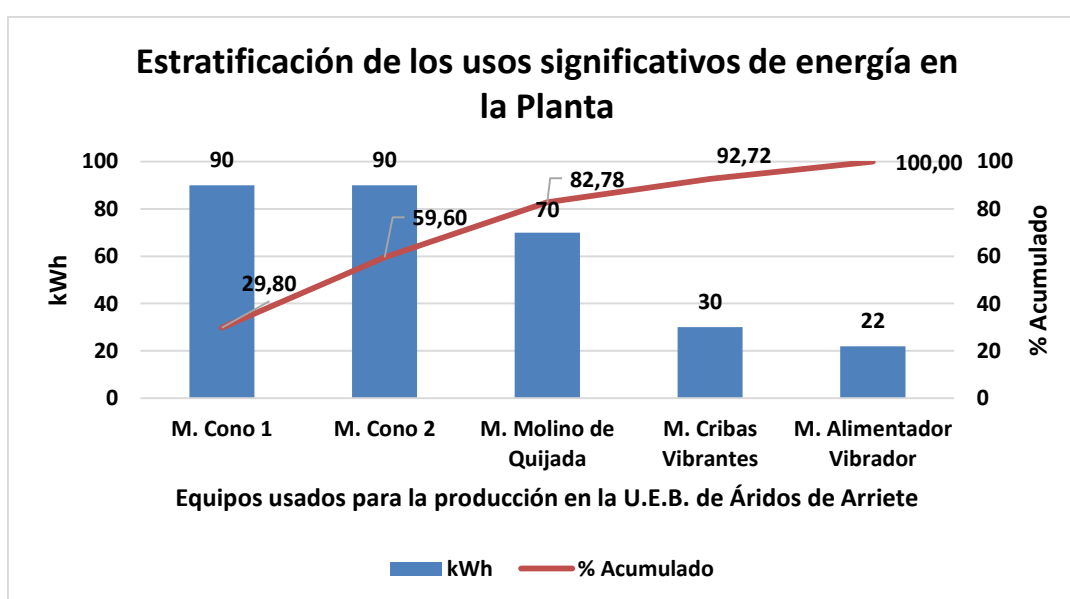


Figura 2.3. Gráfico de Pareto por equipos(Elaboración propia).

2.3. Análisis energético del año 2017 en la U.E.B. de Áridos de Arriete.

2.3.1. Gráfico de Producción vs. Consumo en el tiempo.

Este gráfico muestra la variación simultánea del consumo energético con la producción realizada en el tiempo. El gráfico se puede realizar para cada portador energético importante de la empresa y se puede establecer a nivel de

empresa, área o equipo. El tiempo está ubicado en el eje X y la producción y consumo energético en los ejes Y1 y Y2 respectivamente (Borroto N. A., 2006).

En la Figura 2.4 se muestra el comportamiento de estas dos variables en el año 2017.

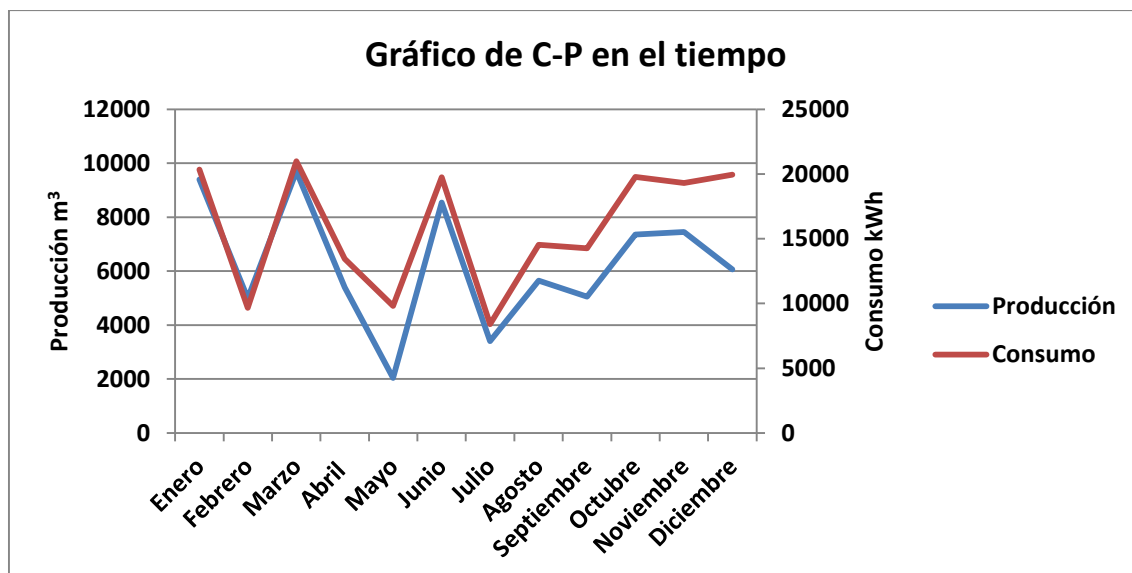


Figura 2.4. Gráfico de producción y consumo en el tiempo (Elaboración propia).

De manera general se observa que existe correspondencia entre el crecimiento o decrecimiento de la producción y el consumo energético asociado a la misma, y al realizar un análisis detallado solo encontramos una irregularidad:

- En el mes de diciembre la producción disminuyó en 1385 m³ de áridos, mientras que el consumo aumentó en 640 kWh con respecto al mes de noviembre.

2.3.2. Gráfico de Control.

La Figura 2.5 muestra el gráfico de control de consumo en kWh para el año 2017. En este gráfico el consumo medio mensual es igual a 15854,5 kWh, el límite superior es de 30032,57 kWh y se representa con la línea roja, el límite inferior es de 1676,42 kWh y se representa con la línea verde y la desviación estándar es de 4726,02, de manera general no se observa ningún punto fuera de los límites de control, o sea, ningún punto sobre pasa el límite superior y ninguno está por debajo del límite inferior. Por otra parte, de los meses de enero hasta julio se evidencia una gran aleatoriedad en la variable consumo

que denota una no uniformidad en la misma. Es válido aclarar que esta herramienta se usa como instrumento de autocontrol y resultan muy útiles como complemento a los diagramas causa y efecto para detectar en cuáles fases del proceso analizado se producen las alteraciones.

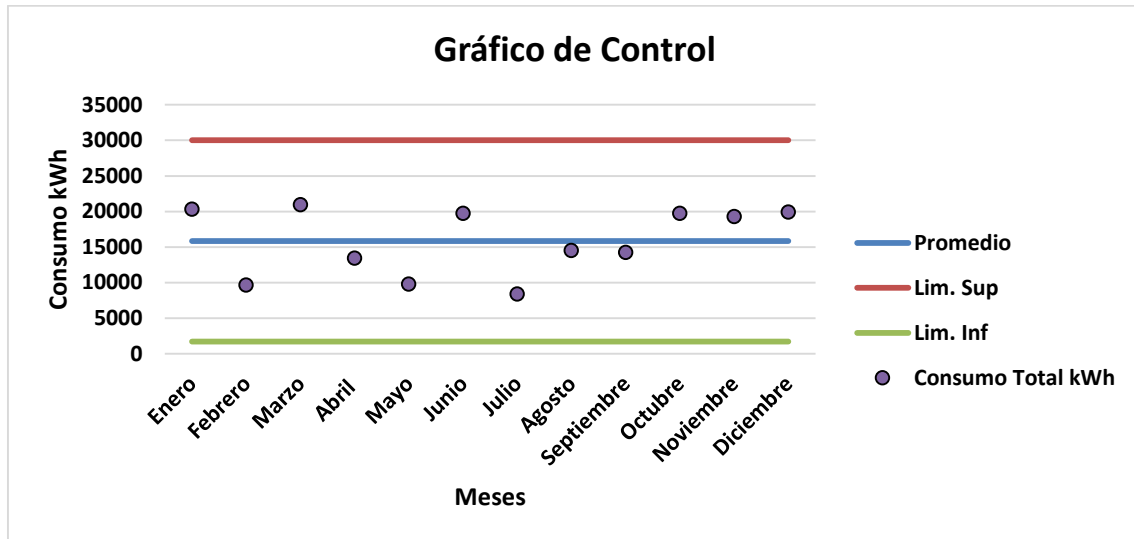


Figura 2.5. Gráfico de control (Elaboración propia).

2.3.3. Diagrama de Correlación de Consumo vs. Producción.

Este diagrama revela una importante información sobre el proceso. Permite obtener un indicador de consumo por unidad de producto; también el valor de energía no asociada a la producción en este año y debemos aclarar que esta herramienta mejora su utilidad mientras más datos se procesen en ella.

En la Figura 2.6 se muestra la correlación entre la producción y el consumo en el año 2017 de la U.E.B. de Áridos de Arriete.

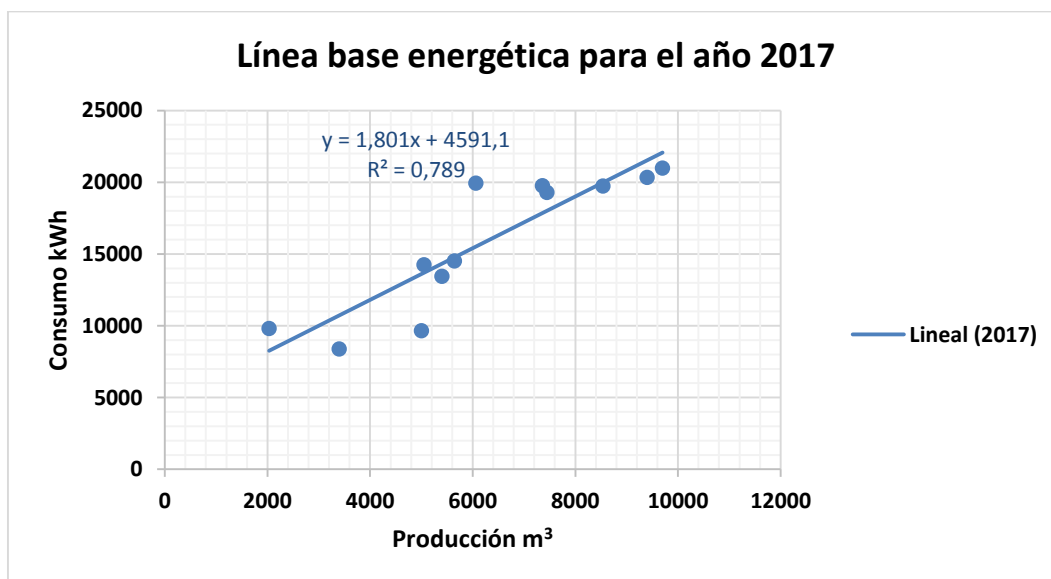


Figura 2.6. Gráfico de correlación (Elaboración propia).

El modelo de variación promedio de los consumos respecto a la producción identificado es lineal y tiene la siguiente expresión:

$$y = 1,801x + 4591,1$$

$$R^2=0,789$$

$$0,789 \geq 0,75$$

El valor de la energía no asociada a la producción en este año fue de 4591,1kWh.

Se observa que el grado de correlación alcanzado en este año es bueno ya que se cumple la condición $R^2 \geq 0,75$. El valor de R^2 indica una correlación aceptable entre los parámetros de consumo y producción representados en el diagrama de dispersión, y por tanto, que el índice de consumo formado por el cociente entre ellos refleja adecuadamente la eficiencia energética en la entidad.

2.4. Análisis energético del año 2018 en la U.E.B. de Áridos de Arriete.

2.4.1. Gráfico de Producción vs. Consumo en el tiempo.

En la Figura 2.7 se muestra el comportamiento de estas dos variables en el año 2018.

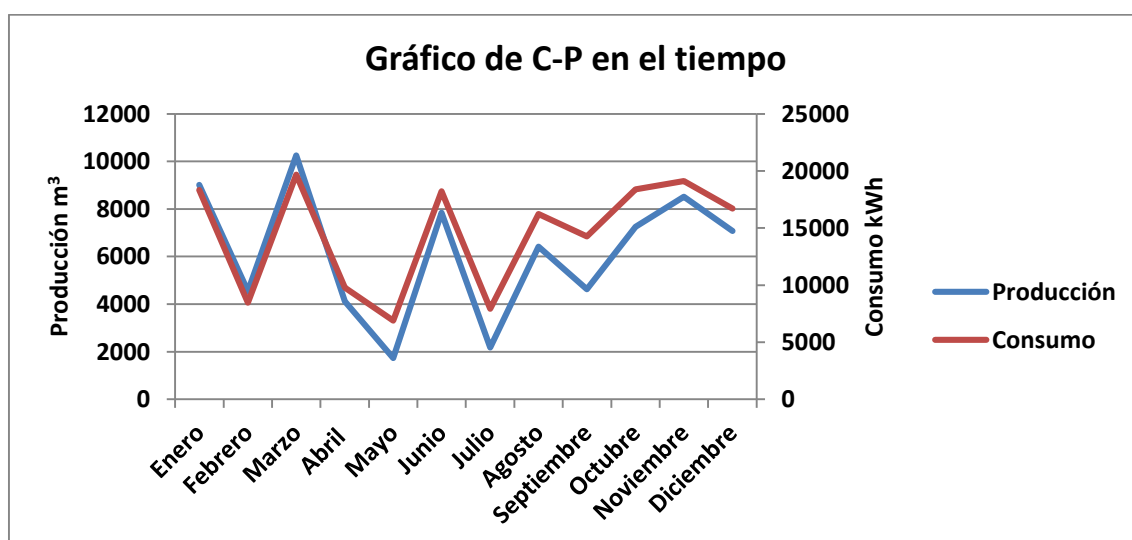


Figura 2.7. Gráfico de producción y consumo en el tiempo (Elaboración propia).

De manera general se observa que existe correspondencia entre el crecimiento o decrecimiento de la producción y el consumo energético asociado a la misma

y, al realizar un análisis detallado no se encuentra ninguna irregularidad entre la producción y el consumo eléctrico.

2.4.2. Gráfico de Control.

La Figura 2.8 muestra el gráfico de control de consumo en kWh para el año 2017:

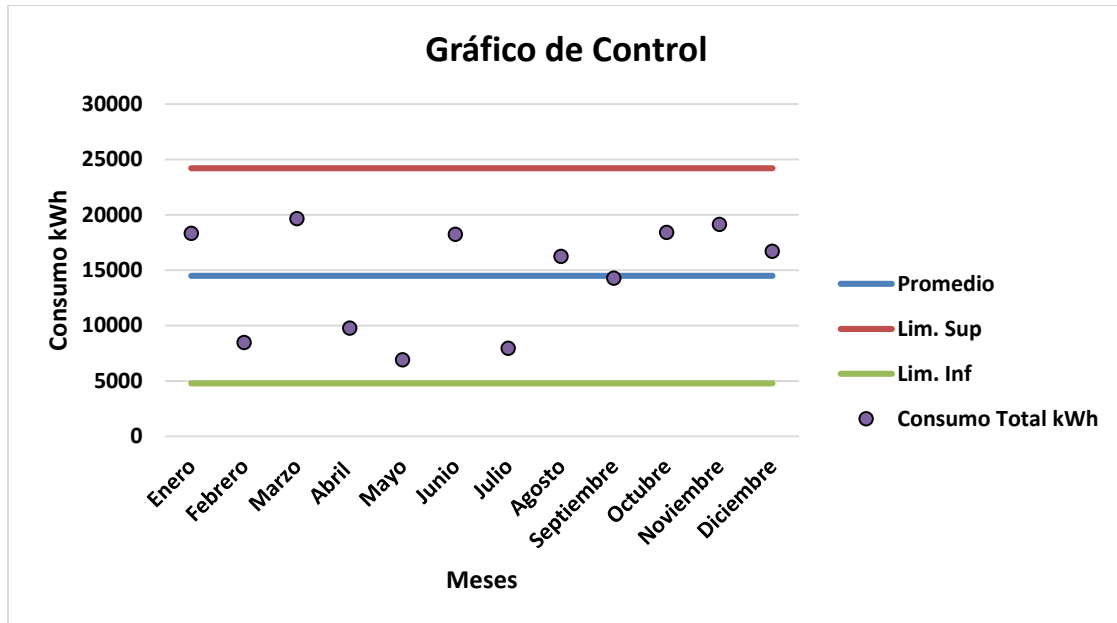


Figura 2.8. Gráfico de Control (Elaboración propia).

En la Figura 2.8 el consumo medio mensual es igual a 14503,41 kWh, el límite superior es de 24213,005 kWh, el límite inferior es de 4793,82kWh y la desviación estándar es de 4854,79. De manera general no se observa ningún punto fuera de los límites de control, aunque en los meses de enero, abril, mayo y julio existe una cercanía del consumo al límite inferior. Además de los meses de enero hasta agosto se evidencia una gran aleatoriedad en la variable consumo, lo que denota una no uniformidad en la misma.

2.4.3. Diagrama de Correlación de Consumo vs. Producción.

En la Figura 2.9 se muestra la correlación entre la producción y el consumo en el año 2018 de la U.E.B. de Áridos de Arriete.

El modelo de variación promedio de los consumos respecto a la producción identificado es lineal y tiene la siguiente expresión:

$$y = 1,692 x + 4124,1$$

$$R^2=0,884$$

$$0,884 \geq 0,75$$

La energía no asociada a la producción en este año fue de 4124,1kWh.

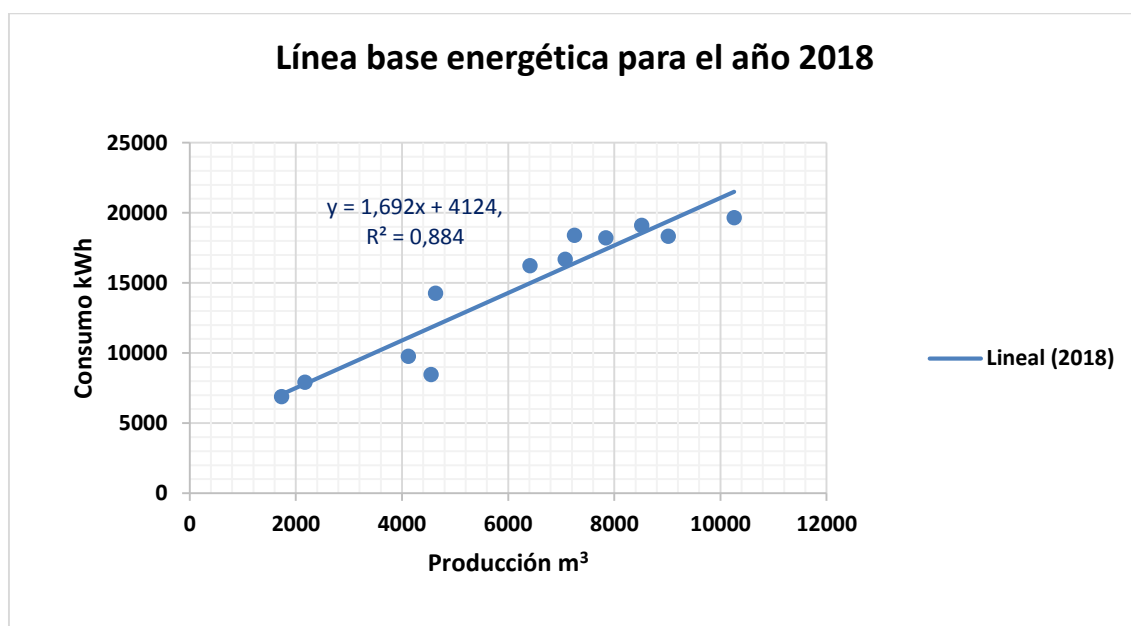


Figura 2.9. Gráfico de Correlación (Elaboración propia).

Se observa que el grado de correlación alcanzado en este año es significativamente mejor, por lo que podemos decir que la empresa ha tenido una mejora con respecto al año 2017 y que podríamos usar este año como modelo y ejemplo de comparación para análisis posteriores.

2.5. Gráfico de Correlación de los años 2017 y 2018

Tomando el año 2018 como línea meta a alcanzar podremos cuantificar el ahorro potencial que se obtuvo en 2018 en comparación con el año 2017, que fue de 467 kWh (ver Figura 2.10). La energía no asociada a la producción en estos dos años fue de 4591 kWh para 2017 y 4124 kWh en 2018. Con la ayuda de la siguiente expresión: $\% = \frac{Ena}{Em} * 100$ podemos calcular el porcentaje que representa esta energía del total, siendo *Ena* la energía no asociada a la producción y *Em* la media del gasto energético en este año; para 2017 el porcentaje es 28,95 % y para el 2018 es 28,43 %.

Hay que destacar que la ecuación de consumo del año 2018 permitirá a la empresa planificar periodos de trabajo de similar producción con un ahorro potencial en el consumo de energía que mantiene la entidad, con lo cual se estará implementando uno de los puntos de la norma ISO 50001.

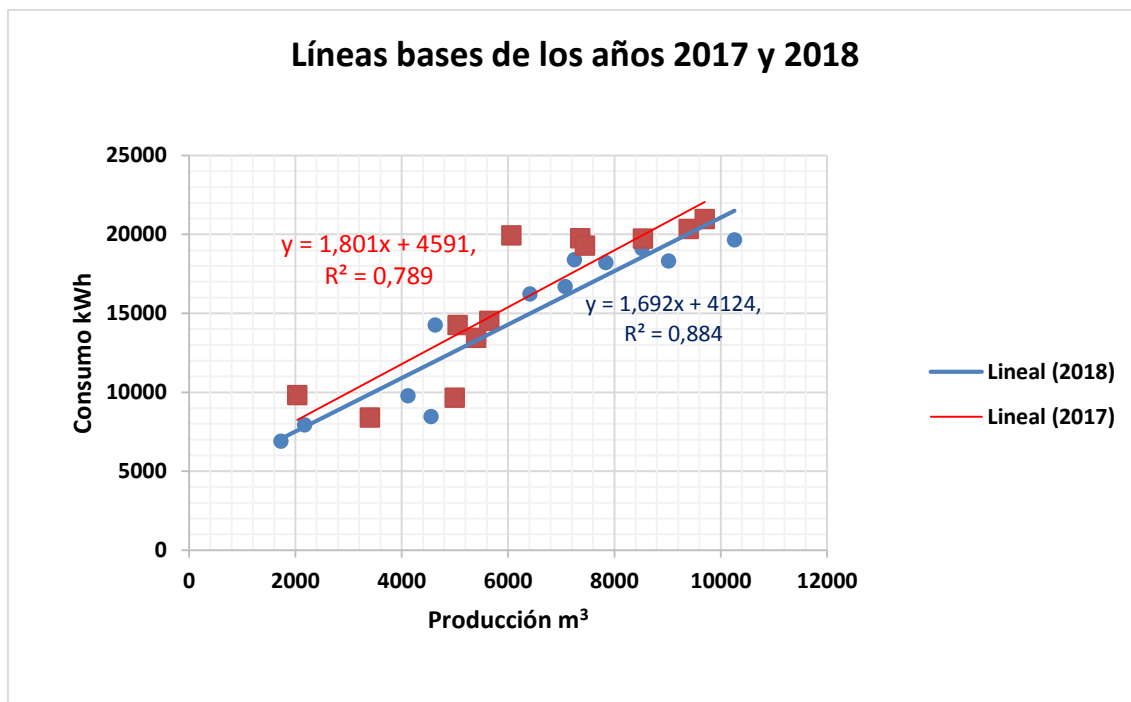


Figura 2.10. Gráfico de correlación (Elaboración propia).

2.6. Análisis del uso de las herramientas.

Como parte de un sistema de gestión energética eficiente y de mejora continua, se sugiere el uso de herramientas energéticas: los gráficos de control y los gráficos de C-P en el tiempo de una forma semanal, de manera que en los consejillos que realiza la empresa cada lunes, se puedan analizar los resultados de la aplicación de estas herramientas y se planteen propuestas de mejora de carácter inmediato, comprobándose la eficiencia de estas acciones correctivas la semana entrante cuando se evalúe el punto de consumo energético por la dirección de la entidad. Los gráficos de correlación deberán plantearse para un período más abarcador de tiempo, ya que entre más datos se procesen mayor será la efectividad de esta herramienta.

2.7. Indicadores de Consumo.

Es un indicador de eficiencia energética definido como la cantidad de energía consumida por unidad de producción o servicios, medidos en términos físicos (productos o servicios prestados). Relaciona la energía consumida con indicadores de nivel de actividad expresados en unidades físicas.

Teniendo en cuenta los valores de consumo (kWh) se determinaron los indicadores de consumo para cada mes en el periodo de 2015 hasta 2018. El

mejor indicador de producción para el análisis es m^3 y el indicador de consumo kWh/m^3 (IDEn). El IDEn Teórico usado fue el obtenido a partir de los datos de 2018.

2.7.1. Diagrama de Índice de consumo energía/Producción vs Producción.

La Figura 2.11 muestra el comportamiento de los IDEn de cada año contra diferentes valores de Producción.

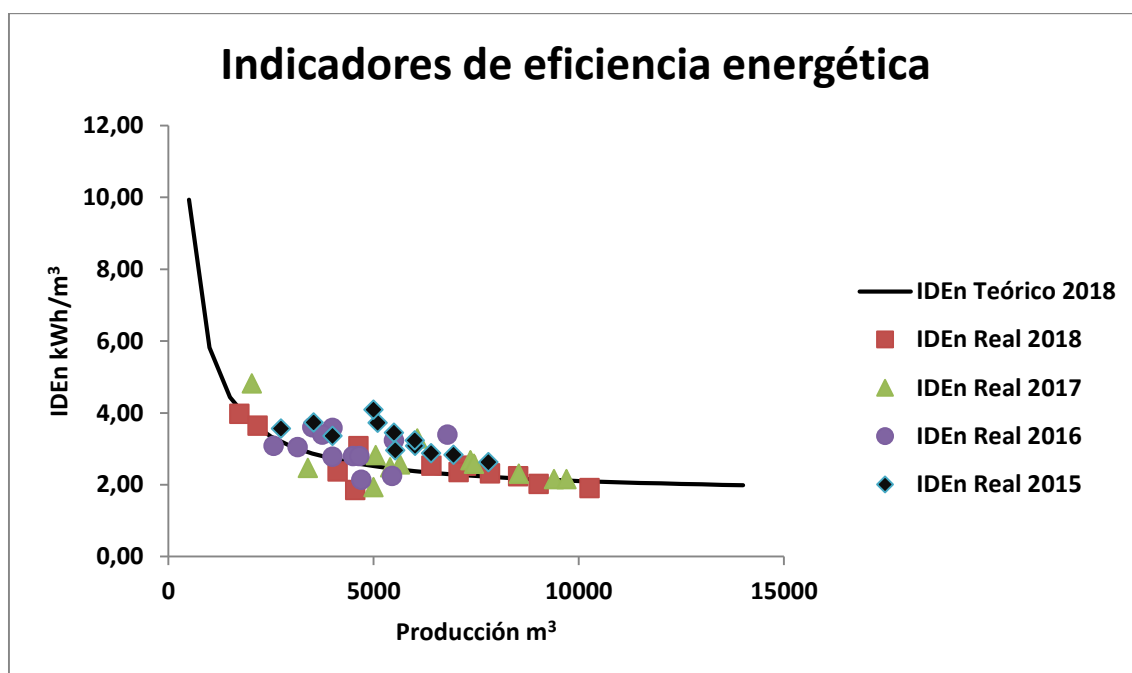


Figura 2.11. Indicadores de eficiencia energética(Elaboración propia).

Los valores de IDEn por debajo de la curva, representan un comportamiento bueno del índice de consumo en un periodo de tiempo determinado, o sea, significa un incremento de la eficiencia del proceso. Los valores que están por encima de la curva representan un comportamiento ineficiente en comparación con el IDEn Teórico del año 2018. Se puede usar este gráfico para evaluar la eficiencia energética de la entidad.

En los años de 2018 y 2017 observamos una buena distribución de los puntos tocando la curva, pero en los años 2016 y 2015 observamos cómo casi ningún punto toca la línea de IDEn vs. P y la mayoría están por encima, lo que demuestra una ineficiencia y derroche de energía en estos dos años.

La U.E.B. de Áridos de Arriete tiene dos formas distintas de producir. Normalmente se ponen a operar los tres molinos y obtienen hormigón, granito, gravilla y polvo; pero en el caso de la producción de macadam, se deja fuera de servicio el segundo molino y se coloca una plancha entre la tolva alimentadora

y dicho molino, que funciona como *bypass*, permitiendo el paso de dicha producción del transportador de descarga al acopio. De esta forma queda claro que debemos obtener dosIDEn reales: uno para cada tipo de producción: produciendo macadam y sin producir macadam.

Por los datos obtenidos en esta entidad es imposible realizar los cálculos de IDEn mensualmente debido a que ellos no cuantifican la cantidad de hormigón, gravilla, granito, macadam y polvo que producen; solo tienen un valor total. Pero diariamente si es posible, ya que tienen un control de cada producto en m³ obtenidos.

2.8. Metodología para el cálculo de IDEn Real para cada tipo de producción:

1- Recolección de datos

En este paso se recolecta la mayor cantidad de datos de la empresa definiendo su producción, diferenciando los días en los que se produjo macadam y en los que no.

2- Se calcula un IDEn diario para cada tipo de producción: Con macadam y sin macadam.

3- Usando herramientas de la norma ISO-50001, se determina cuál de los dos tipos de producción es más eficiente y luego se realizan comparaciones.

4- Se propone un IDEn real teniendo en cuenta cada tipo de producción a realizar (Elaboración propia).

2.9. Conclusiones Parciales.

- El portador energético con más peso en la entidad es la energía eléctrica.
- El área más consumidora es la planta donde se procesan los áridos; dentro de esta área se determina como equipos más consumidores los molinos cónicos que representan 29,8 % cada uno de la potencia demandada.
- El año con más eficiencia energética de los dos analizados fue en 2018, ya que su coeficiente de correlación cumple con la condición estandarizada $R^2=0,884$; $0,884 \geq 0,75$
- La energía no asociada a la producción representa un 29,0%, aproximadamente, de la energía vinculada directamente al nivel de producción.
- El diagrama Índice de consumo energía/Producción vs. Producción demostró la mejora significativa que ha tenido la entidad de carácter energético en el período 2015 - 2018.
- Luego de investigaciones en el centro, se elaboró una metodología para el cálculo de los IDEn reales que satisfaga las necesidades de esta empresa según su producción.

Capítulo 3. Aplicación de la metodología elaborada y propuestas de mejoras para el ahorro de energía en la U.E.B. de Áridos de Arriete.

3.1. Introducción.

Tras un análisis detallado realizado en los epígrafes anteriores se determinó la necesidad que posee la empresa en el conocimiento de un indicador de consumo energético que satisfaga las necesidades de este centro. En el capítulo anterior se elaboró una metodología para el cálculo de dicho índice, atendiendo a la forma en que se produce en esta entidad. Este capítulo se centrará en la elaboración de este indicador y además se propondrán una serie de medidas para que el centro realice mejoras de carácter energético sin afectar los niveles de producción.

3.2. Aplicación de la metodología para el cálculo delDEN en la U.E.B. de Áridos de Arriete teniendo en cuenta su producción.

3.2.1. Paso 1: Recolección de datos.

Tabla 3.1. Datos de energía y producción (Elaboración propia).

Producción con Macadam			Producción sin Macadam			Producción con Macadam			Producción sin Macadam		
Día	Energía kWh	Producción m³	Día	Energía kWh	Producción m³	Día	Energía kWh	Producción m³	Día	Energía kWh	Producción m³
1	882,0	380,0	1	936,0	360,0	19	635,0	310,0	19	868,0	300,0
2	814,0	500,0	2	871,0	320,0	20	712,0	430,0	20	1027,0	500,0
3	771,0	540,0	3	997,0	380,0	21	763,0	490,0	21	1131,0	500,0
4	782,0	530,0	4	1207,0	400,0	22	750,0	490,0	22	1034,0	500,0
5	741,0	400,0	5	884,0	310,0	23	810,0	430,0	23	1194,0	470,0
6	694,0	420,0	6	1000,0	400,0	24	853,0	520,0	24	1083,0	460,0
7	729,0	430,0	7	823,0	250,0	25	780,0	390,0	25	802,0	260,0
8	620,0	320,0	8	1072,0	350,0	26	1190,0	710,0	26	969,0	410,0
9	762,0	400,0	9	1028,0	370,0	27	690,0	360,0	27	1199,0	500,0
10	780,0	315,0	10	805,0	300,0	28	872,0	520,0	28	945,0	500,0
11	752,0	340,0	11	957,0	400,0	29	817,0	500,0	29	840,0	370,0
12	843,0	500,0	12	1049,0	400,0	30	857,0	420,0	30	1070,0	400,0
13	604,0	300,0	13	1029,0	400,0	31	650,0	320,0	31	1069,0	450,0
14	812,0	600,0	14	965,0	320,0	32	932,0	600,0	32	841,0	450,0
15	955,0	600,0	15	922,0	310,0	33	800,0	465,0	33	1113,0	500,0
16	885,0	580,0	16	1163,0	500,0				34	648,0	400,0
17	862,0	605,0	17	859,0	400,0				35	1257,0	500,0
18	822,0	410,0	18	1013,0	400,0				36	1500,0	670,0

3.2.2. Paso 2: IDEn diario para cada tipo de producción.

Tabla 3.2. Indicadores de desempeño energético calculados diariamente (Elaboración propia).

Producción con Macadam		Producción sin Macadam		Producción con Macadam		Producción sin Macadam	
Día	IDEn	Día	IDEn	Día	IDEn	Día	IDEn
1	2,32	1	2,60	19	2,05	19	2,89
2	1,63	2	2,72	20	1,66	20	2,05
3	1,43	3	2,62	21	1,56	21	2,26
4	1,48	4	3,02	22	1,53	22	2,07
5	1,85	5	2,85	23	1,88	23	2,54
6	1,65	6	2,50	24	1,64	24	2,35
7	1,70	7	3,29	25	2,00	25	3,08
8	1,94	8	3,06	26	1,68	26	2,36
9	1,91	9	2,78	27	1,92	27	2,40
10	2,48	10	2,68	28	1,68	28	1,89
11	2,21	11	2,39	29	1,63	29	2,27
12	1,69	12	2,62	30	2,04	30	2,68
13	2,01	13	2,57	31	2,03	31	2,38
14	1,35	14	3,02	32	1,55	32	1,87
15	1,59	15	2,97	33	1,72	33	2,23
16	1,53	16	2,33			34	1,62
17	1,42	17	2,15			35	2,51
18	2,00	18	2,53			36	2,24

3.2.3. Paso 3: Determinar cuál producción es más eficiente usando herramientas de la norma ISO-50001 del 2011.

Diagramas de Correlación de Consumo vs. Producción:

En la Figura 3.1 se observan los gráficos de correlación correspondiente a la producción sin macadam y la producción con macadam respectivamente.

Para la producción sin macadam se observa un valor de $R^2=0,542$ con una expresión lineal de $y = 1,357x + 449,8$, mientras que al producirse macadam $R^2=0,626$ y su expresión lineal es $y = 0,850x + 404,5$. Es válido aclarar que los grados de correlación obtenidos no son buenos ya que ninguno cumple la condición de ser mayor que 0,75, sin embargo, usaremos los días que se produce macadam como línea meta a alcanzar ya que su R^2 toma un valor aceptable. La energía no asociada a la producción tiene una vital importancia en el ahorro en cualquier empresa, en este caso cuando la U.E.B. produce macadam esta variable toma un valor aproximado de 404,5 kWh y cuando no

produce macadams su valor es 449,8 kWh, solo se consumen unos 45,3 kWh más en una producción que en otra, por tanto, no es un valor muy significativo.

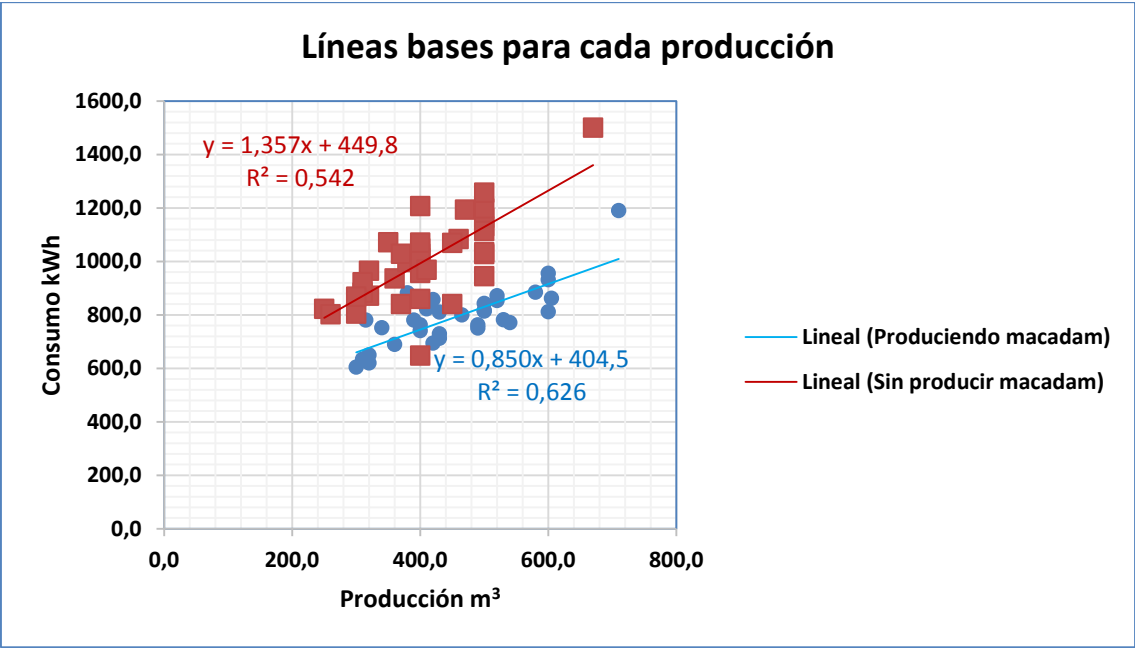


Figura 3.1. Gráfico de correlación (Elaboración propia).

Diagrama de Índice de Consumo energía/Producción vs. Producción.

La Figura 3.2 muestra el comportamiento de IDEn contra diferentes valores de producción.

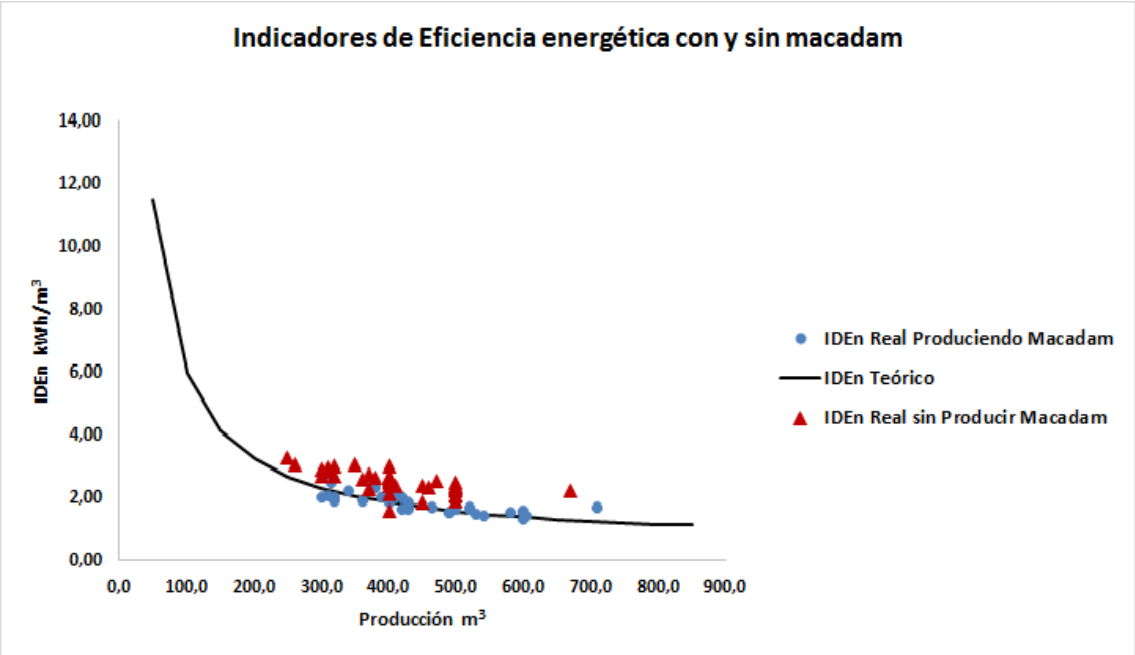


Figura 3.2. Gráfico de IDEn vs. Producción (Elaboración propia).

Para la realización de este gráfico se calcularon los IDEn Teóricos correspondiente a la producción con macadam dado a que su coeficiente de correlación es el más aceptado. En el gráfico se observa como al producir sin macadam los IDEn se sitúan por encima de la curva, demostrando un gasto significativo en el consumo de energía en comparación a cuando sí se produce macadam. Este fenómeno no demuestra ineficiencia, sino que al producir sin macadam, esta entidad gasta más energía eléctrica y por tanto necesita otro IDEn real que satisfaga esta necesidad.

3.2.4. Paso 4: Propuestas de IDEn reales atendiendo el tipo de producción.

Las Figuras 3.3 y 3.4 muestran las propuestas de IDEn real teniendo en cuenta cada tipo de producción a realizar; para ello se elaboraron dos gráficos de Producción vs. IDEn Teórico. La empresa, si decide implementar este sistema de gestión energético, podrá usar estas herramientas para valorar la eficiencia con que se está trabajando el día a día en la U.E.B. de Áridos de Arriete, así como encontrar soluciones en el momento para los problemas detectados.

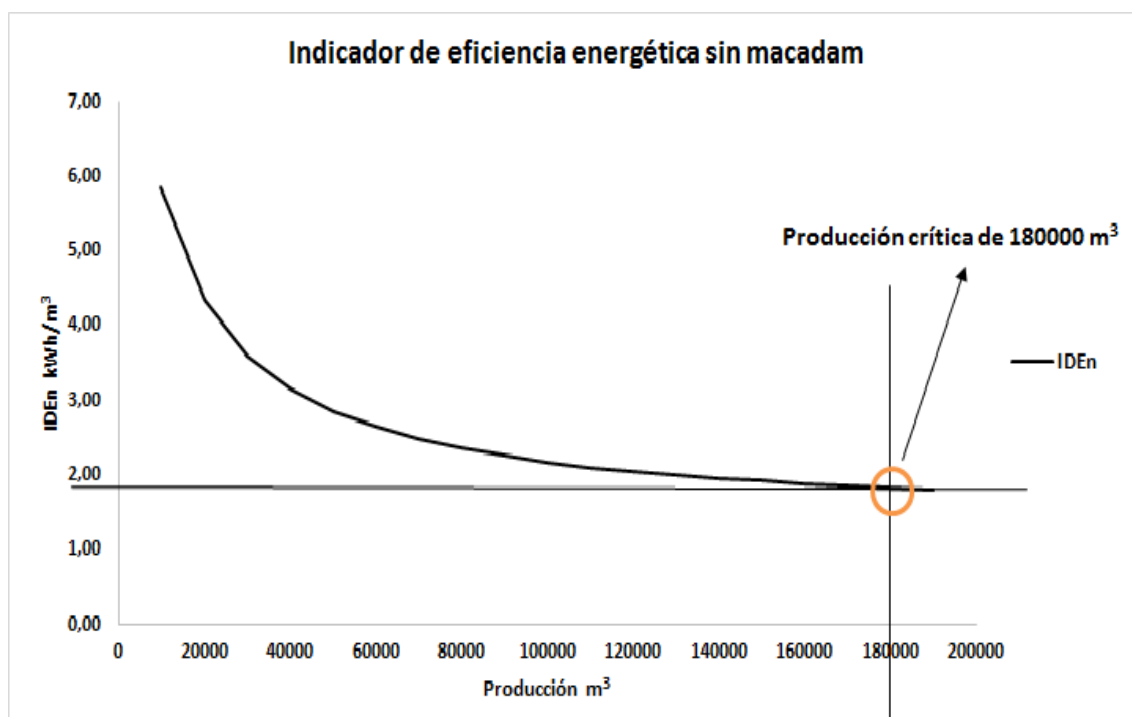


Figura 3.3. IDEn reales para la producción sin macadam (Elaboración propia).

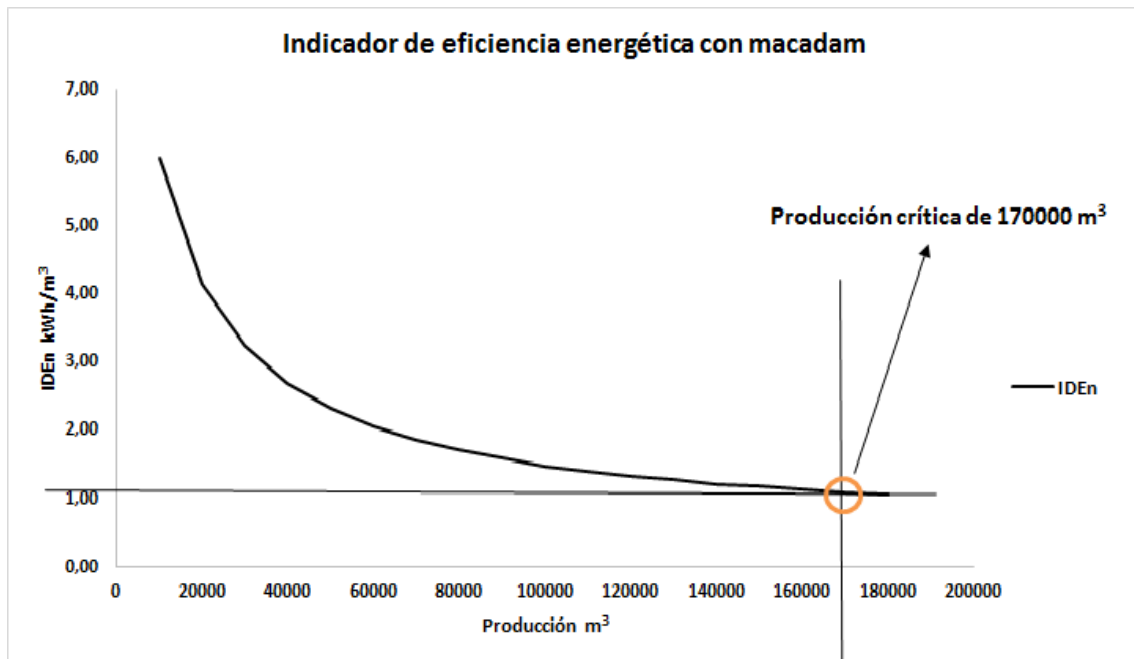


Figura 3.4. IDEn reales para la producción con macadam (Elaboración propia).

3.3. Medidas de ahorro.

Tal como se ha señalado anteriormente, los diferentes procesos productivos en la fabricación de áridos, deben mejorarse desde el punto de vista de la reducción del consumo energético y por tanto de una disminución de los costos. Teniendo en cuenta la producción a realizar y su correspondencia con su IDEn diario, así como el sistema de explotación empleado, es posible tomar las medidas necesarias para reducir el consumo y el costo de energía en la U.E.B. de Áridos de Arriete, aplicando las mejoras técnicas disponibles en conjunto con una serie de medidas de ahorro y buenas prácticas energéticas.

A continuación, se da un menú de medidas, entre las cuales se seleccionarán las que resulten factibles desde el punto de vista técnico y económico.

3.3.1. Iluminación.

- Comprobación de niveles de iluminación existentes respecto a las normas.
- Reducir niveles de iluminación excesiva a los niveles estándares.
- Controlar el uso de la iluminación mediante temporizadores, sensores de presencia y fotoceldas.

- Instalar alternativas eficientes en lugar de luces incandescentes, bombillas de vapor de mercurio, etc.
- Seleccionar balastos y lámparas cuidadosamente teniendo en cuenta que tengan factores de potencia altos y eficiencia a largo plazo.
- Actualizar sistemas fluorescentes obsoletos a lámparas T-8 y balastos electrónicos.
- Considerar sistemas de iluminación fluorescente T-5 para construcciones nuevas.
- Seccionalización de circuitos de iluminación para compartimentar su uso.
- Iluminar puntos específicos en lugar de iluminar fondos.
- Limpieza o sustitución de difusores y pantallas.
- Pintar paredes, techos, y columnas de colores claros.
- Disminución de altura de las lámparas.
- Uso de lámparas de vapor de sodio de alta o baja presión en áreas externas que no requieren nitidez.
- Utilización de reflectores ópticos para aumentar el nivel de iluminación.
- Aprovechamiento máximo de la luz solar. Instalación de láminas o tejas translúcidas.
- Reducción de niveles de iluminación en áreas comunes.
- Cambiar señales de salida de incandescentes a Diodos Emisores de Luz (LED).

3.3.2. Sistemas eléctricos.

Las mejoras energéticas en relación a la energía eléctrica, se establecen desde dos vertientes: fuente de energía y elección adecuada de los motores.

Para eso se deberá:

- Controlar el desequilibrio entre fases.
- Elegir correctamente la potencia de los motores de forma que siempre trabajen entre el 75 % y el 90 % de su potencia nominal, ya que el rendimiento es máximo o próximo a este dentro de ese intervalo.

- Seleccionar el motor de acuerdo con el ciclo de trabajo (continuo o intermitente).
- Evitar el trabajo en vacío de los motores de la instalación.
- Instalación de variadores de frecuencia en los molinos.
- Sustitución de motores antiguos por motores de alta eficiencia energética.
- Desconexión de toda la instalación de la planta cuando cese la actividad.
- Realizar un buen mantenimiento predictivo de la instalación.
- Mantenimiento adecuado de todos los equipos según las indicaciones del fabricante.
- Revisión periódica de los componentes del motor.
- Verificación periódica de la alineación del motor con el sistema accionado por éste.
- Comprobación de los sistemas de protección contra calentamiento y sobrecargas.
- Selección adecuada de la tarifa. Reducción de la demanda contratada.
- Determinar las áreas que son factibles de controlar para reducir las cargas por demanda máxima.
- Desconectar transformadores con cargas ociosas.
- Eliminar las pérdidas por conexiones falsas a tierra.
- Efectuar acomodos de cargas. Reducción del uso de equipos en el horario pico sin afectar el servicio.
- Eliminar simultaneidad en el uso de equipos altos consumidores.
- Prevenir el bajo factor de potencia mediante la selección y operación correcta de equipos.
- Compensar la potencia reactiva y corregir el factor de potencia usando medios compensadores (motores sincrónicos, capacitores).
- Sustitución de motores sobredimensionados.
- Establecer mantenimientos periódicos a los sistemas de compensación de potencia reactiva.
- Verificar y garantizar la calidad de las reparaciones de los motores rebobinados.
- Instalación de capacitores en los motores de mayor capacidad.

- Empleo de motores y transformadores de alta eficiencia.
- Revisar la conexión a tierra de los motores para evitar accidentes y fugas.
- Verificar la tensión en los alimentadores de los motores.
- Selección de los calibres óptimos de los conductores.
- Mantener en buen estado los medios de transmisión motor - carga, así como los cojinetes del motor.
- Generación con plantas de emergencia en horarios pico.

3.3.3. Carga y transporte.

- Elección del tamaño de los equipos acorde con la producción horaria, del tipo de material y de las condiciones y longitudes de la pista de transporte; según (Guía de Ahorro y Eficiencia Energética en Canteras de Áridos, 2011) la combinación óptima está constituida por excavadores hidráulica volquete rígido.
- Empleo de sistemas continuos cuando sea posible, en función del tonelaje/hora y de la distancia y desnivel del transporte.
- Mejora en el diseño de pistas: anchura, pendiente y, fundamentalmente, de las características de la mediante un firme y mantenimiento adecuado.
- Mantenimiento adecuado de los equipos. Control del motor y comprobación de filtros de aceite de aire y de combustible, así como la comprobación de la presión en los neumáticos.
- Realización de selección del producto en la cantera, evitando cargas no útiles a la planta.

3.3.4. Otras medidas.

- Diseño de forma que toda la producción se adecúe a las características de los equipos de carga y transporte y de la planta de trituración y clasificación.
- Empleo, siempre que las condiciones del terreno lo permitan, de martillo en cabeza.

- Optimizar el consumo de explosivos por toneladas producidas de forma que el consumo energético de las operaciones subsiguientes: carga, transporte, trituración y clasificación, sea mínimo.
- Cálculo de la fragmentación adecuada.
- Empleo del diámetro más pequeño que proporcione la producción necesaria y no provoque atascos y paradas en la planta.
- Realización de auditorías energéticas.
- Formación continua del personal.
- Realización de un control eficaz de todas las etapas de la producción.

3.5. Conclusiones Parciales.

- Luego de aplicar la metodología elaborada en el capítulo 2 se determinó la producción con macadam como la más eficiente y menos consumidora de energía eléctrica.
- Los IDEn propuestos permitirá a la empresa evaluar su estado energético de manera diaria.
- Se puede mejorar la eficiencia energética en áreas como iluminación, sistemas eléctricos, arranque con explosivos y transporte y carga.

Conclusiones Generales.

- 1- Se realizó una búsqueda bibliográfica sobre la producción de áridos en Cuba y el mundo donde se determinó la gran importancia que posee la industria minera de materiales de construcción en términos de volúmenes de producción, ya que extrae más del 69 % del total de materias primas minerales del planeta. También se analizó la norma NC ISO 50001 del 2011 así como la importancia de la aplicación de un sistema de gestión energética para cualquier empresa.
- 2- Se realizó la caracterización energética en la U.E.B. de Áridos de Arriete, que permitió conocer el portador energético de más consumo (energía eléctrica), así como las áreas y equipos con uso significativo de la energía. También se determinó que el año con más eficiencia energética de los dos analizados fue en 2018 ya que su coeficiente de correlación cumple con la condición estandarizada $R^2=0,884$; $0,884 \geq 0,75$. Luego de investigaciones en el centro, se elaboró una metodología para el cálculo de los IDEn reales que satisfaga las necesidades de esta empresa según su producción.
- 3- Al aplicar la metodología elaborada en el capítulo 2 se determinó la producción con macadam como la más eficiente y menos consumidora de energía eléctrica. Estos IDEn propuestos permitirá a la empresa evaluar su estado energético de manera diaria. Y se propuso una serie de medidas de ahorro de carácter energético en áreas como iluminación, sistemas eléctricos, transporte y cargay otros.

Recomendaciones.

- 1- Recopilar los datos de energía y producción en los días de lluvia para así realiza una investigación teniendo en cuenta el índice de triturabilidad de la piedra.
- 2- Implementar un sistema de muestreo de indicadores energéticos que facilite la toma de decisiones de una forma rápida y eficaz.
- 3- Aumentar el alcance de la aplicación de la norma ISO 50001 del 2011, tomando en consideración los cambios desarrollados en la norma ISO 50001-2018.

Referencias.

Acevedo, F. J. (2009). *Análisis técnico económico de dos plantas procesadoras de áridos en la región metropolitana*. Cienfuegos. Cuba.

Álvarez, P. (2006). *Gestión y Economía Energética*. Cienfuegos. Cuba.

Ambiente, C. D. (2009). *Ahorro de energía en un sistema de suministro eléctrico*. Cienfuegos. Cuba.

Ambiente, C. D. (2002). *Manual de procesos para efectuar la prueba de la necesidad en una empresa*. Cienfuegos. Cuba.

Borroto Nordelo, A. (s/f). *Desarrollo energético sostenible*. Cienfuegos. Cuba.

Borroto, N. A. (2006). *Fundamentos de Gestión Energética y Tecnología de Gestión Total y Eficiencia de la Energía*. Cienfuegos. Cuba.

Borroto, N. A. (2001). *Gestión Energética Empresarial (tesis de maestría)* Universidad de Cienfuegos. Cienfuegos. Cuba.

Cazorda, R. (2008). *Sistema de Gestión Integral de la Energía. Guía para su implementación*. Bogotá. Colombia.

Cervera Ferri, J. L. (2007). *Manual para la producción de estadísticas sobre la economía de la información*(tesis de pregrado).Santiago de Chile. Chile.

Cisneros Guancha, J. E. (2014). *Guía para la aplicación de sistemas de gestión energética orientado a la energía eléctrica, basado en la norma ISO 50001*(tesis de pregrado). Universidad de Quito. Quito. Ecuador.

Correa Soto, J. (2011). *Mejora de la eficiencia energética en la empresa Cereales Cienfuegos (tesis de pregrado.)* Universidad de Cienfuegos. Cienfuegos. Cuba.

Curtiellas, L. (2016). *Aplicación de estrategia de Producción más limpias en la fábrica de Baldosa de la Empresa de Materiales de Construcción Cienfuegos* (tesis de maestría). Universidad de Cienfuegos.Cienfuegos. Cuba.

Empresa de Materiales de Construcción Cienfuegos. (s/f). *Descripción del flujo tecnológico de Arriete*. Cienfuegos. Cuba.

Empresa de Materiales de Construcción de Cienfuegos. (2018). *Catálogo de productos*. Cienfuegos. Cuba.

Fernández Pérez, R. D. (2008). *Determinación de indicadores de Eficiencia energética en la UCF*(tesis de pregrado). Universidad de Cienfuegos. Cienfuegos. Cuba.

Fernández Pérez, R. D. (2007). *Sistema De Gestión Y Pronóstico De Energía En La Ucf*. Cienfuegos. Cuba.

Fernandez, A. F. (s/f). *Energía. Eficiencia energética*. In *Ciencias de la tierra y del medio ambiente (tesis de maestría)*. Cienfuegos. Cuba.

Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. (2011). *Guía de Ahorro y Eficiencia Energética en canteras de áridos*. Madrid. España.

Gonzales, R. (2003). *Estados de las relaciones entre la Eficiencia Energética y el desarrollo Económico*. Cienfuegos. Cuba.

Hernández, N. (2015). *Procedimiento para la elección del método de arranque de las rocas en canteras para áridos*. Holguín. Cuba.

Iriondo, P. (2018). *Diseño, simulación y estudio económico de una planta de tratamiento de áridos*. Cienfuegos. Cuba.

ISO 50001: 2011. (2011). *Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso*. Cienfuegos. Cuba.

Lambert, I. (s/f). *Caracterización Energética y Propuesta de Implementación de la Norma ISO 50001 a la empresa Corrugadora Windward Island Packaging Company* (tesis de pregrado). Cienfuegos. Cuba.

Lucaes, C. (2015). *Perspectiva económica del sector europeo de los áridos*. Madrid. España.

Monteagudo, B. J. (2006). *Gestión y Economía Energética (Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente)*. Universidad de Cienfuegos. Cienfuegos. Cuba.

Ramirez Torres, P. (2008). *Normalización en el ámbito de La Gestión Energética*. Cienfuegos. Cuba.

Sánchez, B. R. (2012). *Conjunto de Indicadores de Desempeño Energético para benchmarking del sector industrial y su uso en las aplicaciones de la norma ISO 50001*. Cienfuegos. Cuba.

Suarez, J. (2008). *Indicadores energéticos del desarrollo sostenible: directrices y metodologías*. Habana, Cuba.

Vázquez, A. M. (s/f). *Sistemas de Gestión Ambiental ISO 1400 (tesis de pregrado)* Cienfuegos. Cuba.

Vidal Medina, J. (2007). *Modelos de Gestión Energética. Un análisis crítico. Presentando en el Primer Congreso Internacional de Materiales, Energía y Medio Ambiente*. Bogotá. Colombia.