



**REVISIÓN ENERGÉTICA EN LA FÁBRICA TODO RÁQUIRA S.A.
PERTENECIENTE AL SECTOR ALFARERO DEL MUNICIPIO DE RÁQUIRA,
BOYACÁ.**

Modalidad de práctica profesional.

**Universidad El Bosque
Facultad de Ingeniería
Programa Ingeniería Ambiental
Bogotá D.C.**

**REVISIÓN ENERGÉTICA EN LA FÁBRICA TODO RÁQUIRA S.A. PERTENECIENTE AL SECTOR
ALFARERO DEL MUNICIPIO DE RÁQUIRA, BOYACÁ.**

**Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero Ambiental.**

**Línea de Investigación: Infraestructura sustentable
Área de investigación: Energía**

**Universidad El Bosque
Facultad de Ingeniería
Programa Ingeniería Ambiental
Bogotá, Colombia
2018.**

Nota de Salvedad de Responsabilidad Institucional

La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velara por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia.

Dedicatoria

*Dedico el fruto de este esfuerzo a Dios,
a mis padres Luz Ángela Rojas Ortiz, Gustavo Ávila Cardozo
Y a mi abuelo Rodolfo Rojas García.*

Agradecimientos

- A la Universidad El Bosque por los conocimientos y enseñanzas que me han aportado durante toda la carrera.
- Un agradecimiento especial a la Corporación Autónoma Regional (CAR) Cundinamarca.
- A Luis Alfredo Zarate, Alexander Franco y Juan David Bruce por la ayuda y apoyo brindados durante la realización del proyecto.
- A mis familiares Andrea Rojas García, Claudia Isabel Rojas Ortiz y Arvey Sánchez Barrios.

Tabla de contenido

Resumen.....	- 10 -
Abstract	- 10 -
Introducción.....	- 11 -
1. Planteamiento del problema:.....	- 12 -
2. Pregunta de investigación	- 13 -
3. Objetivos.....	- 14 -
3.1 Objetivo general	- 14 -
3.1 Objetivos específicos	- 14 -
4. Justificación.....	- 15 -
5. Marco de referencia.....	- 16 -
5.1 Estado del arte.....	- 16 -
5.2 Marco teórico.....	- 21 -
5.3 Marco Normativo.....	- 24 -
5.4 Marco geográfico.....	- 25 -
5.5 Marco contextual.....	- 26 -
5.6 Marco Institucional	- 28 -
6. Metodología.....	- 29 -
6.1. Diseño de la investigación:	- 31 -
6.1.1. Enfoque metodológico:	- 31 -
6.1.2. Alcance:	- 31 -
6.1.3. Levantamiento de información:	- 31 -
6.1.4. Definición de las variables:	- 32 -
6.1.5. Población y muestra:	- 33 -
6.1.6. Instrumentos:.....	- 33 -
6.1.7. Procedimientos:.....	¡Error! Marcador no definido.
6.2. Matriz metodológica.....	- 29 -
6.3. Diagrama de flujo.....	- 34 -
7. Resultados y análisis de resultados.....	- 36 -
7.1. Revisión bibliográfica:	- 36 -
7.2. Registro fotográfico:	- 36 -
7.3. Censo de Carga:	- 38 -
7.3.1. Equipos:	- 38 -
7.4. Diagrama energético-productivo de la fábrica TODO RÁQUIRA S.A:	- 42 -
7.5. Diagrama de Pareto:.....	- 43 -

7.6. Línea de base energética:	- 44 -
8. Conclusiones:	- 50 -
9. Recomendaciones	¡Error! Marcador no definido.
10. Bibliografía	- 52 -

Resumen.

Se Determinar la revisión energética en la fábrica alfarera TODO RÁQUIRA S.A. del municipio de Ráquira, dentro del marco institucional de la Corporación Autónoma Regional CAR Cundinamarca, donde se caracterizan los equipos y procesos de consumos significativos de energía, se establece una línea base energética de la empresa y se analizan los costos del uso y consumo de energía en la fábrica. La investigación da como resultado que en la fábrica los hornos a base de carbón son los que generan el mayor consumo energético con un 96% de la energía total; mientras que la energía eléctrica a pesar de ser utilizada en varios procesos y equipos, solo tiene un 2% de la energía total, al igual que el ACPM pero éste solo se utiliza en un proceso que es el de compactación de arcilla.

Además se encontró que el carbón en muchas ocasiones tiene combustión incompleta por humedad o porque la atmósfera de cocción se altera por la entrada de aire y la pérdida de calor en los hornos de tiro invertido. La línea base se establece para que posteriormente sea usada como punto de comparación cuando la fábrica haga las mejoras propuestas. Se recomienda utilizar un material aislante dentro del horno para evitar pérdidas por calor, así mismo la instalación de un termocupla para tener mediciones exactas de temperatura y no tener desperdicio de carbón en cada horneada, también se propone implantar un carbojet para evitar las pérdidas de temperatura y optimizar el uso del carbón lo que podrá impactar positivamente en los costos y la optimización del proceso. La revisión energética y una posterior caracterización en futuros estudios junto con la réplica en las demás fábricas alfareras de Ráquira permitirán implantar el sistema de gestión ambiental (SGA) que busca disminuir considerablemente las emisiones de carbón en uno de los municipios que tiene el aire más contaminado de Colombia y presenta problemas de salud pública

Palabras Claves: *Eficiencia Energética, combustión, atmósfera de cocción, línea base energética.*

Abstract

The energy review is carried out in the pottery factory TODO RÁQUIRA S.A of the municipality of Ráquira, within the institutional framework of the CAR Cundinamarca Regional Autonomous Corporation, where the equipment and processes of significant energy consumption are characterized, an energy baseline is established of the company and the costs of the use and consumption of energy in the factory are analyzed. The research results in that in the factory the coal-based furnaces are those that generate the highest energy consumption with 96% of the total energy; while electric power, despite being used in several processes and equipment, only has 2% of the total energy, like the ACPM, but this is only used in a process that is the clay compaction. In addition it was found that coal often has incomplete combustion by moisture or because the cooking atmosphere is altered by the entry of air and heat loss in inverted draft ovens. The baseline is established so that it can later be used as a point of comparison when the factory makes the proposed improvements. It is recommended to use an insulating material inside the furnace to avoid heat losses, as well as the installation of a thermocouple to have accurate temperature measurements and not having coal waste in each baked, it is also proposed to implement a carbojet to avoid temperature losses and optimizing the use of coal, which could have a positive impact on costs and process optimization. The energy review and a subsequent characterization in future studies together with the replication in the other pottery factories of Ráquira will allow the implementation of the environmental management system (SGA) that seeks to significantly reduce carbon emissions in one of the municipalities with the most polluted air of Colombia and presents public health problems

Key words: *Energy Efficiency, combustion, cooking atmosphere, energy baseline.*

Introducción.

La actividad artesanal de Colombia se remonta desde nuestros ancestros y ha sido una de las labores más importantes que se han desarrollado en nuestro país. La artesanía es considerada como un arte y técnica de elaborar productos que se lleva a cabo con predominio de la energía humana, complementada generalmente con herramientas y máquinas relativamente simples, condicionadas por el desarrollo (Herrera, 1989).

Ráquira es considerada como la ciudad artesanal de Colombia, su economía está basada en la fabricación de artesanías; se estima que cerca del 75% de la población se dedica a esta actividad y para ello tienen hornos de tipo artesanal de tiro invertido, con combustible a carbón (Arango, 2012), que utilizan para la cocción de las cerámicas. Estos hornos artesanales emiten ciertas cantidades de elementos contaminantes y en el caso de emisiones de flúor, cloro, y azufre la contaminación depende de la concentración de estos elementos en las materias primas, de la temperatura, del tiempo de cocción, del tipo de combustible y del tipo de horno empleado (Gonzales *Et. al*, 1998).

En el proceso de fabricación de las cerámicas, hay pérdidas significativas de energía de los hornos tales como, calor perdido por chimeneas con los gases de combustión, calor perdido por aberturas y calor perdido por paredes (Auces y Rodríguez, 2003).

Las industrias son grandes consumidores de energía térmica, la utilizan para la cocción de las artesanías, ya que sus hornos son llevados a temperaturas de más de 1000°C por largos periodos de tiempo. Debido a esto se hace necesario e importante tener como prioridad el estudio de la energía y sus pérdidas, como una de las principales herramientas de mitigación de cambio climático (Arango, 2012); así mismo, la eficiencia energética tiene el potencial excepcional de contribuir a largo plazo simultáneamente a la seguridad energética, al crecimiento económico, e incluso a una mejora de la salud y el bienestar; en particular constituye un medio clave para reducir las emisiones de gas de efecto invernadero (GEI) (Hoeven, 2015).

Como visión es importante pensar en poder disminuir los niveles de contaminación, específicamente en Ráquira que es uno de los municipios más contaminados de Colombia (IDEAM, 2016), así mismo pensar cómo lograr optimizar los procesos y disminuir las emisiones contaminantes, utilizando nuevas herramientas, pero también nuevas prácticas y aprovechar más eficientemente la energía producida y mitigar el impacto ambiental. Por lo anterior la Corporación Autónoma Regional CAR Cundinamarca adelanta el proyecto de “Transformación tecnológica en los hornos de alfarería del municipio de Ráquira para la reducción de emisiones de material particulado”.

El presente trabajo se realiza en el marco institucional de la CAR Cundinamarca y hace parte del proyecto mencionado anteriormente, éste consiste en realizar la revisión energética en la fábrica TODO RÁQUIRA S.A lo que permitirá conocer los procesos que más energía consumen y analizar si se puede disminuir el uso de recursos que generan contaminación ambiental.

1. Planteamiento del problema:

Ráquira es uno de los municipios referentes de Colombia, es el centro cerámico del país, tiene gran cantidad hornos de carácter artesanal para la alfarería de una antigüedad considerable (Ceballos, 1985) y funcionan con grandes cantidades de carbón. Éste municipio ocupa el cuarto lugar con el aire más contaminado del país y tiene una concentración de 77,3 microgramos por metro cúbico de PM 10, es decir, partículas menores a 10 microgramos de diámetro que pueden ingresar a las vías respiratorias como el humo y el hollín, lo que hace a Ráquira una de las localidades más peligrosas donde el ser humano puede contraer enfermedades en el sistema respiratorio y la piel. (IDEAM, 2016).

De los 350 hornos que funcionan en Ráquira el 90% funciona a carbón (Redacción el Tiempo, 2008) y una de las industrias alfareras de mayor producción de piezas artesanales en Colombia es “TODO RÁQUIRA S.A, quien a partir de la arcilla elabora: materas, jarrones, fuentes, lámparas y productos decorativos. Para la fabricación se utilizan como herramientas distintos equipos, algunos funcionan con energía eléctrica y otros con grandes cantidades de carbón.

En el presente se desconoce el estado actual de las fábricas alfareras de Ráquira para quienes es primordial la implementación del proyecto que avanza la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca “transformación tecnológica en los hornos de alfarería en el municipio de Ráquira para la reducción de emisiones de material particulado” ya que esto ayudará a hacer más eficiente el uso de la energía y los recursos como el carbón. Así mismo evitará el sellamiento de los hornos que no cumplan con las características establecidas por la resolución 2254 del primero de noviembre del 2017, que mide la calidad del aire respecto a los niveles de contaminantes máximos permitidos.

Con el fin de evitar más problemas ambientales y gases de efecto invernadero, es fundamental partir de la base investigativa haciendo una revisión energética inicialmente en una de las industrias más grande de Ráquira mencionada anteriormente, para identificar los puntos más críticos de consumo de energía. Beneficiando a futuro la fábrica, reduciendo costos de producción y elevando su competitividad. Lo que podrá ser replicado posteriormente para las otras industrias del municipio.

Para poder llevar a cabo con éxito dicho proceso es necesario conocer las pérdidas energéticas dentro de las fábricas, lo que puede llevar a optimizar procesos, ahorrar tiempo, dinero y recursos. Y para que se lleve a cabo lo anterior se hace una revisión energética que permita conocer el estado actual de la fábrica TODO RÁQUIRA S.A., que según la CAR Cundinamarca es una de las que más emisiones contaminantes emiten a la atmósfera.

2. Pregunta de investigación

¿Cuáles son los aspectos energéticos significativos que debe tener en cuenta la fábrica TODO RÁQUIRA S.A para optimizar el uso de la energía?

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Determinar la revisión energética en la fábrica TODO RÁQUIRA S.A. perteneciente al sector alfarero del municipio de Ráquira, Boyacá.

3.1 Objetivos específicos

- Caracterizar los equipos y procesos de consumos significativos de energía en la fábrica TODO RÁQUIRA S.A.
- Establecer una línea base energética teniendo en cuenta el consumo energético y la producción de las artesanías en la fábrica TODO RÁQUIRA S.A.
- Analizar los costos del uso y consumo de energía en la fábrica TODO RÁQUIRA S.A.

4. Justificación.

El problema planteado anteriormente menciona un uso poco eficiente de las fuentes de energía como lo es el carbón en el municipio de Ráquira, que está emitiendo gran cantidad de contaminantes a la atmósfera. Allí fabrican artesanías y para ello utilizan hornos a base de carbón que generan esas grandes emisiones de contaminantes al aire. En concordancia se propone en el presente trabajo Determinar una revisión energética que inicia con la identificación de los equipos involucrados en el proceso de fabricación de cerámica, donde se genera un gasto energético en una de las fábricas más reconocidas y que más producción de artesanías tiene en el país “TODO RÁQUIRA S.A”.

Para ello se busca determinar cuáles son las pérdidas más representativas de energía que pueden impactar en los costos de producción, en la contaminación del aire y en la calidad de vida de los habitantes del municipio. Con éste proyecto que está integrado a un marco institucional de la CAR Cundinamarca se espera el mejoramiento integral de la fábrica y de quienes se ven afectados por el uso excesivo del carbón, es decir por las emisiones contaminantes que se emiten al ambiente.

A través de la revisión energética que incluye la caracterización de los equipos y procesos de consumo y su posterior análisis de costos de uso y consumo de energía, se puede conocer el estado actual de la fábrica y podrá servir para ser replicado por las demás industrias del municipio. La novedad del proyecto radica en que es la primera vez que se realiza una revisión energética en Ráquira, municipio que después de Bogotá, Medellín y Nemocón, está generando los más altos niveles de contaminación del aire en Colombia.

El impacto a corto plazo que podrá tener el proyecto será formar parte las decisiones de mejora de la fábrica al tomar medidas que se analizan en éste documento, que puedan optimizar los procesos y reducir los costos. El impacto a mediano plazo que podrá tener el proyecto será lograr un nivel de producción, con los requisitos de calidad establecidos por el cliente, con menor consumo y gastos energéticos, así como la disminución gradual de la contaminación ambiental asociada. A largo plazo se espera que junto con el proyecto de la CAR Cundinamarca “Transformación tecnológica en los hornos de alfarería del municipio de Ráquira, para la disminución de emisiones de material particulado” junto con otras investigaciones realizadas, se implemente un Sistema de gestión energética (SGE) que disminuya mucho más las emisiones contaminantes mejorando la calidad de vida de los habitantes de Ráquira.

Este proyecto se hace porque se evidencia una necesidad notoria de reducir todas las posibles fuentes que estén generando contaminación y porque existe una problemática energética mundial que se centra en la dependencia del combustible y la crisis económica. Estas características junto a las necesidades humanas, han hecho necesario que se adopten cambios en el consumo de combustibles y que como lo menciona Álvarez (2012) se exijan a las organizaciones dependientes de estas energías, cambios que disminuyan el impacto ambiental y se impongan normas regulatorias.

5. Marco de referencia.

5.1 Estado del arte.

Colombia se caracteriza por ser un país donde se utilizan grandes cantidades de combustibles fósiles en el sector industrial, proyectando su consumo para el 2030 al doble de lo referente para el año 2010 (UPME, 2010). Esto produce altos niveles de contaminación atmosférica y daños a la salud humana los contaminantes del carbón afectan a los principales sistemas de órganos del cuerpo y contribuyen con cuatro de las cinco principales causas de mortalidad en el mundo: enfermedades cardíacas, cáncer, accidentes cerebro-vasculares y enfermedades crónicas del aparato respiratorio inferior (Alan, *Et. al*, 2009).

Por ésta razón es importante atender las necesidades humanas, pero a la vez hay que tener en cuenta que económicamente se busca competir en un mundo globalizado, reduciendo el consumo energético con el pasar los años (Puvanasvaran, 2012). Esto implica para la industria un alza en los precios del combustible, frente a esta perspectiva los sistemas de gestión de la energía (SGE) se presentan como una solución que permite atender de manera armónica las necesidades energéticas de una organización (Chiu, T.-Y, 2012).

Colombia es el país con mayores reservas de carbón en América Latina, es el sexto exportador de carbón del mundo. El carbón, está compuesto principalmente por carbono, hidrógeno, nitrógeno, oxígeno y azufre, se origina en transformaciones físicas y químicas de grandes acumulaciones vegetales. El utilizado en el municipio de Ráquira para los hornos de alfarería es el *Hulla Bituminosa* (Ver Figura 1) que posee un menor contenido de carbono y menor poder calorífico que los carbones antracíticos. Por su forma de uso se conocen como carbones coquizables, usados en la producción de vapor para generación de energía (Unidad de Planeación Minero Energética, *c.f.* p. 12).

Figura 1. Carbón *Hulla Bituminosa* en la industria “TODO RÁQUIRA S.A”



Fuente: Corporación Autónoma Regional CAR (Ávila, 2018).

En Ráquira se utiliza principalmente el carbón en los hornos (Ver Figura 2a) para realizar la cocción de las cerámicas y se sabe que el carbón es necesario “y es un importante factor de contribución para el desarrollo económico, un mejor estándar de vida y una mayor expectativa de vida” (Markandya & Wilkinson, 2007, p. 979). Pero el quemar carbón daña la salud humana y agrava muchos de los principales problemas de salud pública a los que se enfrenta el mundo

industrializado. Se asocian efectos perjudiciales desde la extracción, la combustión (ver Figura 2b) y los desechos de residuos de postcombustión (Alan, *Et.al.* 2009). Además la descarga de dióxido de carbono en la atmósfera (ver figura 2c), asociada a la quema de carbón es uno de los principales contribuyentes al calentamiento global y sus efectos adversos sobre la salud a nivel mundial.

Figura 2: a). Hornos con carbón, b). Postcombustión del carbón, c). Descarga de gases contaminantes.



Fuente: Corporación Autónoma Regional CAR. (Ávila, 2018).

En la producción de cerámica es necesario utilizar una gran cantidad de energía, que se logra por combustión directa de carbón, donde se obtienen gases calientes que transmiten la energía, al producto, que sufre cambios físicos-químicos en las sustancias que lo constituyen, tornándose duro y resistente sin posibilidad alguna de recobrar su plasticidad (Álvarez, 2014).

En los últimos años se dio inicio al proceso de Denominación “Origen para la artesanía de Ráquira”, acción que va de la mano con el **Laboratorio de Innovación y Diseño de Artesanías de Boyacá** y que involucra a algunos artesanos del municipio en el mundo empresarial y tecnológico, además de capacitar y preparar a algunos artesanos en proceso de emprendimiento, diseño de marca y comercialización a nivel nacional e internacional.

El Instituto Alexander Von Humboldt realizó un documental sobre “la tierra de la gente locera” en el 2009, donde explica detalladamente el proceso de fabricación artesanal de las cerámicas y su relación con las artesanías que fabricaban los indígenas, así como el cambio que ha tenido hasta la actualidad lo que incluye el uso de los hornos.

El SENA es otra de las instituciones que han hecho presencia en los últimos años en el municipio. Fomenta la conformación de empresas y capacita a los artesanos en diseño, acabado, proceso de las diferentes técnicas, empaques y señalización de talleres, los certifica por competencias y los prepara para el servicio en turismo y agroturismo (Ministerio de Cultura, 2014).

La corporación para la investigación socioeconómica y tecnológica de Colombia CINSET en el 2007, realizó en Ráquira investigaciones y análisis en la que encontraron que los talleres para la producción de cerámicas se encuentran distribuidos en las zonas rurales y urbanas, donde laboran en promedio de 3 a 5 personas. Que han pasado de utilizar hornos de fuego directo a fuego invertido donde se aprovecha mejor el calor de los humos y mantienen una temperatura uniforme durante la cocción.

Así mismo pasaron de utilizar leña como principal fuente de energía a utilizar carbón, ya que se evidenció una gran deforestación en las zonas cercanas. El proyecto del 2007 tuvo como finalidad concientizar a los artesanos raquireños de la importancia de utilizar materiales específicos, que en sus pruebas piloto ahorraron energía, lo que proyectó un beneficio económico al aislar térmicamente los hornos. Además en trabajos previos realizados por el CINSET se ensayó el uso de combustibles más eficientes como el coque, el gas licuado de petróleo (GLP o gas propano) y el gas natural.

Finalmente para los hornos de carbón en Ráquira concluyeron que la eficiencia de los hornos está más relacionada con la operación, la calidad, la uniformidad del combustible, el cuidado y control de la temperatura, así como la experiencia del hornero (CINSET, 2007).

En la actualidad el **proyecto Nama Industria** busca la transferencia de tecnologías que contribuyan al mejoramiento de procesos productivos para las empresas y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero para el año 2030 (Cámara de Comercio de Bogotá, 2017). Nama Industria, está liderado por la Corporación Ambiental Empresarial (CAEM), se desarrolla en concordancia con el compromiso de Colombia de reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en un 20 %, por medio de la implementación de iniciativas de transferencia de tecnología en el sector industrial de la región de Bogotá y Cundinamarca. A través de prácticas de eficiencia energética, las empresas no solo pueden mejorar su productividad y competitividad sino que además disminuyan sus consumos energéticos entre un 10 % a un 35 %.

La Corporación Autónoma regional CAR de Cundinamarca con su proyecto “transformación tecnológica en los hornos de alfarería del municipio de Ráquira para la reducción de emisiones de material particulado” que tiene como objetivo general: realizar una transformación tecnológica de los hornos de alfarería en el municipio de Ráquira para la reducción de material particulado, busca identificar las características tecnológicas, ambientales, energético- productivas y socioeconómicas de la actividad alfarera de la región. Así mismo busca diseñar e implementar un programa piloto de mejora del desempeño energético y de control de emisiones de los hornos adaptada a las características económicas, ambientales como culturales y productivas de la actividad económica de la región. También busca replicar un modelo de transformación tecnológica a los actores de mayor impacto en la emisión de material particulado.

Para estar en contexto con éste proyecto, la Corporación Autónoma Regional (CAR) adelanta el proyecto de energía y calidad del aire, teniendo como objetivo la identificación de las características energético- productivas y socioeconómicas de la actividad alfarera de la región. El proyecto se encuentra en la fase de diagnóstico, donde se caracteriza todos los hornos del Municipio de Ráquira. Luego se hará la fase de diseño y finalmente la fase de implementación y validación, que se espera disminuya el porcentaje de material particulado en el municipio de Ráquira.

5.1.1. Sistema de Gestión de la energía (SGE)

Es definido por la norma ISO 50001 como “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”. Estos sistemas tienen múltiples beneficios (ver figura 3), entre ellos porque disminuyen los costos de producción asociados a energías, identifican las ineficiencias energéticas no esperadas u ocultas en los procesos, disminuyen el tiempo de detección y corrección de fallas que producen sobreconsumos energéticos y definen los criterios de eficiencia energética en compra de equipos y servicios (Caicedo, *Et. al*, 2013, p.13).

Figura 3. Beneficios de un Sistema de Gestión de la Energía.



Fuente: Guía con base en la norma ISO 50001. Sistema de Gestión Integral de la Energía (Caicedo, Et. al. 2013).

Para la guía con base a la norma ISO 50001 el uso significativo de la energía, es el aprovechamiento de la energía que ocasiona un consumo sustancial de energía o que ofrece un potencial considerable para la mejora del desempeño energético.

De igual manera la guía se refiere a la línea base energética como el estado de desempeño energético de un determinado proceso. Es uno de los factores más importantes para el control y seguimiento de los consumos y el desempeño energético ayudando a la identificación y determinación de los potenciales de ahorro energéticos.

5.1.2 Ráquira y la alfarería.

La alfarería o moldeado en barro es uno de los oficios más antiguos y tradicionales del altiplano cundiboyacense. Tiene sus raíces en el periodo prehispánico cuando los indígenas practicaba la alfarería para la producción de objetos de uso cotidiano, ritual y de intercambio (Guerrero y Tobón, 2013).

En la Ráquira de la colonia, las labores de cerámica estaban asignadas a las mujeres, pues los hombres estaban dedicados a las labores agrícolas para pagar tributos. Mujeres, ancianos y niños podrían contribuir a este pago con la producción de cerámicas (Castellanos, 2004). En la antigüedad el barro, la olla y sus técnicas, sintetizaban el pensamiento, la visión y los principios de vida de la comunidad, sus roles y su organización social (Ministerio de Cultura, 2014).

La práctica de esta tradición alfarera está ligada al aprovechamiento de suelos ricos en arcillas y barros. En Ráquira, los alfareros aprovechan la arcilla (ver figura 4) negra, blanca, amarilla y roja que obtienen de minas cercanas, así como la arena extraída de los ríos cercanos y el carbón mineral proveniente de las minas de su vecino Gachetá (Cundinamarca). Actualmente, la actividad es ejercida indistintamente por hombres y por mujeres. En Ráquira, por ejemplo, una gran mayoría de artesanos son hombres, no obstante existen muchas mujeres que se dedican a estas labores de moldeado del barro (Castellanos, 2004).

Un gran número de artesanos son personas que sobrepasan los 40 años de edad, aunque cada vez son más las personas jóvenes y niños involucrados en el oficio (Castellanos, 2004).

Figura 4. *Arcilla, Pulido y decorado de las piezas*



Fuente: Corporación Autónoma Regional CAR, (Ávila, 2018).

Figura 5: *Moldeado de las piezas y retirada de éstas del horno.*



Fuente: Corporación Autónoma Regional CAR, (Ávila, 2018).

Figura 6: *Moldeado de las piezas y retirada de éstas del horno*



Fuente: Corporación Autónoma Regional CAR, (Ávila, 2018).

5.2 Marco teórico.

5.2.1. Energía

La Energía es la capacidad de un sistema de producir una actividad externa o de realizar trabajo, se encuentra en la de electricidad, combustibles, vapor, calor, aire comprimido y otros similares. Las fuentes de energía se clasifican en renovables y no renovables (Prías *Et. al*, 2013).

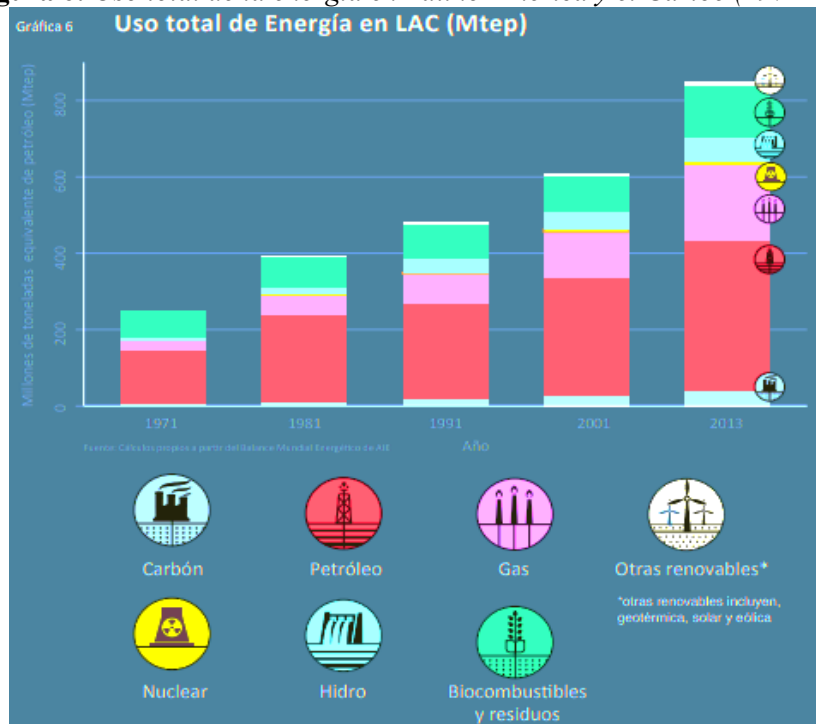
a. Uso de la Energía

Forma o tipo de aplicación de la energía, por ejemplo ventilación, iluminación, calefacción, refrigeración, transporte, procesos y líneas de producción (Prías *Et. al*, 2013).

La energía es una condición necesaria para el crecimiento de la economía, indispensable en la elaboración y uso de casi todos los bienes y servicios del mundo moderno (SENER, 2013). En la actualidad las preocupaciones se centran en el ahorro de la energía y adaptaciones a las restricciones de la oferta motivando cambios tecnológicos y en el estilo de vida (Prías, 2006).

El uso total de energía en América latina se ha triplicado en los últimos cuarenta años, encabezada por el uso de los combustibles fósiles como el carbón, petróleo y gas (ver figura 6) (Tabla 1) éstos representaban un 68.9% de toda la demanda de energía primaria desde 1971 hasta hoy en día aumentando a 74.4% en el 2013 (Lenin, 2016). En el caso del uso del carbón en donde más se usa es en el sector industrial. Esto conlleva al aumento de los niveles de contaminación atmosférica, a la aceleración del calentamiento global y el efecto de invernadero con todas sus consecuencias negativas.

Figura 6: *Uso total de la energía en Latino América y el Caribe (1971 2013).*



Fuente: Cálculos propios a partir del Balance Mundial Energético de AIE en Balza *Et. al*, (2016).

Tabla 1. Uso total de energía en América Latina y el Caribe

Tabla 1 Uso total de Energía en LAC					
FUENTE ENERGÉTICA	1971	PARTIC-71	2013	PARTIC-13	TCAC
Total	248.4	100%	848.7	100%	3.0%
Carbón	8.0	3.2%	42.8	5.0%	4.1%
Petróleo	135.9	54.7%	389.6	45.9%	2.5%
Gas	27.2	10.9%	199.0	23.4%	4.9%

Fuente: Banco Interamericano de desarrollo BID, Balza, *Et. al.*, (2016).

La gestión energética proporciona a las organizaciones un marco para la integración de “la eficiencia” en sus prácticas organizacionales. Este hecho permite implementar procesos, poniendo en marcha planes, objetivos tendiendo como fin: obtener el mayor rendimiento energético posible contribuyendo a una mejora en la productividad de las organizaciones (Aenor, 2011).

Así por ejemplo la norma ISO 50001 pretende que las industrias se enfoquen en su Eficiencia Energética (EE) para la fijación de metas y expectativas, estableciendo un sistema de supervisión del desempeño y mejora continua en cada uno de sus procesos productivos.

b. Uso Significativo de la energía

Es el uso de la energía que ocasiona un consumo sustancial de energía y/o que ofrece un potencial considerable para la mejora del desempeño energético, sus siglas son USE (Prías *Et. al.*, 2013).

c. Línea de Base energética

La línea de base energética es la referencia que proporciona el estado del desempeño energético de un determinado proceso, área o equipo de la organización. Es uno de los factores más importantes para el control y seguimiento de los consumos y del desempeño energético. Su establecimiento debe hacerse a partir de la revisión energética inicial, es decir a partir de datos históricos del comportamiento del consumo.

d. Hornos de Tiro invertido

Los detalles estructurales de los **hornos de tiro invertido** (ver ilustraciones 7,8 y 9) inician con el recorrido del aire subiendo desde la cámara de combustión para después bajar mientras atraviesa las piezas de cerámica y salen por medio de rendijas hacia el ducto de la chimenea. La combustión se inicia en las zonas frontales, posteriores y laterales del horno y los productos quedan fijos durante el proceso de cocción y enfriamiento.

Figura 7. Horno de tiro invertido.

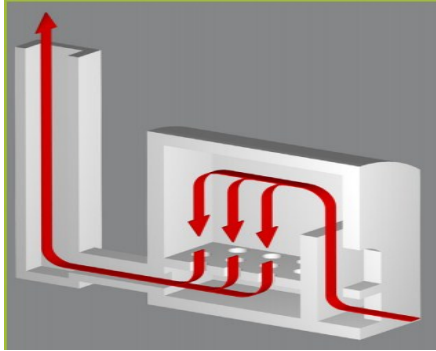
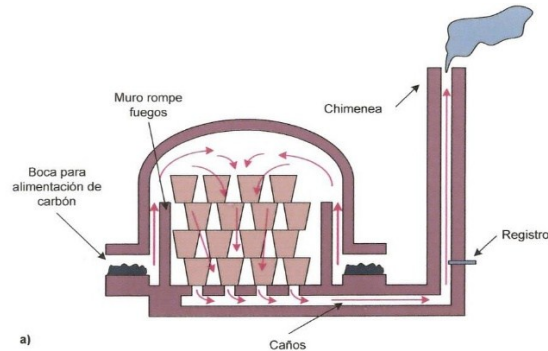


Figura 8: .Horno de tiro invertido sección Transversal.



Fuente: Escuela de Arte Francisco Alcántara (Castiñeyra Et.al, 2014).

Figura 9: Boca para alimentación del carbón.



Fuente: Corporación Autónoma Regional CAR (Ávila, 2018).

e. Diagrama energético productivo

Es un diagrama de flujo donde se muestran y diferencian los principales procesos productivos, muestra la relación entre las diferentes etapas del proceso productivo y las etapas mayores consumidores por tipo de energético. También muestra donde se encuentran concentrados los rechazos de materiales y los efluentes energéticos no utilizados. Muestra las posibilidades de uso de efluentes energéticos en el propio proceso productivo. Muestra las posibilidades de cambio en la programación del proceso o introducción de modificaciones básicas para reducir los consumos energéticos (Martínez, Taborda y Agudelo, 2014).

f. Atmosfera de cocción

Es una variable susceptible de ser manipulada durante el proceso de cocción en búsqueda de resultados óptimos en el producto final, ya que ésta afecta los colores y texturas de las piezas cerámicas. Cuando el color de la llama es azul la atmósfera de cocción es oxidante, donde entra suficiente aire a los quemadores pero éste puede enfriar las piezas y dificulta que aumente la temperatura. Cuando el color de la llama es amarilla la atmósfera de cocción es reductora lo que indica que hay bajo suministro de aire, se aumenta la producción de humos negros, lo que puede enturbiar el color de las piezas y disminuir la temperatura de la cámara. Cuando el color de la llama es verdosa la atmósfera de cocción es neutra y es la condición óptima para la cocción, ya que no hay exceso ni limitación de aire, la temperatura aumenta a un ritmo adecuado y las piezas no se fragmentan por cambios bruscos de aire (CINSET, 2007).

5.3 Marco Normativo.

La Constitución Política determina en los artículos 79, 80 y en el numeral 8 del artículo 95, la obligación del Estado de proteger la diversidad del ambiente, de prevenir, controlar los factores de deterioro ambiental y el derecho de todas las personas a gozar de un ambiente sano; así mismo consagra como deber de las personas y del ciudadano proteger los recursos culturales y naturales del país y velar por la conservación de un ambiente sano.

Para los años 2000 se dieron instrumentos regulatorios que tenían como fin alcanzar las metas propuestas por el protocolo de Kioto y con ellos las técnicas de carácter voluntario como los **Sistemas de Gestión Energéticos** (Romero, 2013). En estos años los proyectos en energía empezaron a tener gran difusión, para Estados Unidos tuvo un aumento exponencial en las inversiones de proyectos de eficiencia energética realizadas por las industrias (Gorp, 2004).

Las acciones encaminadas hacia la mejora de la eficiencia energética en Colombia se han consolidado con la creación de leyes y normativas que promueven el uso eficiente y medido de la energía. Posteriormente se crea la Ley 697 del 2001, que promueve el uso racional y eficiente de la energía como asunto de interés nacional y fundamental para asegurar el abastecimiento energético y oportuno, además, se promueve la utilización de energías alternativas de manera sostenible con el medio ambiente y los recursos naturales. En ese mismo año se ordena la creación del PROURE (Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y demás Formas de energía no Convencionales), luego modificada en el 2010.

Para el año 2012 El ICONTEC en Colombia emite una norma conocida como NTC- ISO 50001 que es la primera norma de sistemas de gestión de la energía internacional tras un amplio número de normas nacionales y regionales, como la norma EN 16001. La norma ISO 50001 SGen se basa en el modelo de sistema de gestión que ya está asimilado e implantado por organizaciones en todo el mundo (ISO 50001, 2011). De igual forma la NTC-ISO 50001 del 2011, ha sido diseñada para poder ser implementada en cualquier organización independientemente de su tamaño, sector y ubicación geográfica y la NTC-ISO 50006 para las mediciones del desempeño energético usando líneas base energética (LBE) e indicadores de desempeño energético.

La Ley 1715 del 2014 tiene como objetivo promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, en donde se enmarcan las herramientas regulatorias para la gestión eficiente de la energía y establece líneas de acción para el cumplimiento de compromisos asumidos para Colombia en materia de eficiencia. Se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional. Este modelo de gestión forma parte de las soluciones para el sector industrial actual, donde la reconversión tecnológica puede intervenir, buscando alternativas para mejorar todos los procesos productivos, ayudando en varios enfoques como la disminución de un porcentaje elevado del costo de energía.

5.4 Marco geográfico.

El municipio de Ráquira, Boyacá se ubica en la provincia de Ricaurte a 65 Km de la ciudad de Tunja. Limita al norte con los municipios de Tinjacá y Sutamarchán, por el oriente con Samacá y Sáchica, por el occidente con San Miguel de Sema y la laguna de Fúquene, y por el sur con el municipio de Guachetá en el departamento de Cundinamarca (Ministerio de Cultura, 2014).

Se encuentra a 3 horas de la capital de Colombia (Bogotá), y fue fundado por conquistadores españoles, quienes lo llamaron “PUEBLO OLLERO” debido a que desde ese entonces los indígenas fabricaban artesanías representadas en ollas de barro.

Figura 10: Ubicación de Ráquira (Boyacá).



Fuente: Ministerio de cultura, (2014).

Ráquira cuenta con un área de 233 Km², de la cuál más de la tercera parte corresponde al desierto de La Candelaria. Las otras partes están compuestas por pisos bioclimáticos frío y páramo. La cabecera municipal se encuentra a 2150 msnm y su temperatura promedio es de 17°C (Ministerio de Cultura, 2014). La población aproximada es de 13.669 personas. Un porcentaje mínimo de la población, apenas el 0,1%, se autorreconoce como indígena o afrocolombiano, así que se trata de una población mestiza (DANE, 2005). En Ráquira la economía se divide en 3 áreas: minería, producción agropecuaria y producción artesanal. La minería, especialmente de carbón, se realiza a través de socavones, mientras que de las minas a cielo abierto se extraen arcillas (ver figura 10) para la actividad artesanal.

Figura 11: Extracción de arcilla en las minas a cielo abierto en Ráquira.



Fuente: Ministerio de Cultura. (2014).

5.5 Marco contextual.

La actividad artesanal Colombiana, desde tiempos históricos, ha sido desarrollada alrededor de Ráquira, una de las actividades más representativas de la vida de los pueblos precolombinos fue la alfarería. En ollas, jarras y vasijas se guardaba agua, maíz y alimentos para su fermentación como la chicha, estas cerámicas eran consideradas como la unión de los cuatro elementos: agua, aire, barro y fuego (Pires & Carotillo, 2003)

Para el ministerio de comercio, industria y turismo (2010), Ráquira es un pueblo cuyo cada metro cuadrado está cubierto de cerámica elaborada de forma tradicional. Describe que en la actualidad utilizan hornos a carbón y leña los cuales ellos mismos construyen artesanalmente por familias que se especializan en ello. Ya en la actualidad y solo en la cabecera municipal se encuentran algunos hornos a gas debido a la conciencia ambiental que se ha infundido y el cuidado que se desea tener por las generaciones futuras.

El proceso de fabricación de una artesanía en cerámica se basa en cuatro etapas: la preparación de la mezcla de arcilla y el moldeo de la pieza artesanal, el secado, la cocción y el enfriado. El trabajo artesanal de preparación de la mezcla de arcilla y el moldeo de la pieza se efectúan con la arcilla inicialmente húmeda y podrían clasificarse como un secreto de cada artesano puesto que son experiencias que pasan de generación en generación; después del proceso de elaboración se continua con un proceso de pre-secado al ambiente, el cual toma de 3 a 6 días para que una buena cantidad de humedad migre desde el interior hasta la superficie de la pieza, dejando en la arcilla poros definidos que permiten los procesos posteriores de secado y cocción en horno (Arango, 2012).

En Ráquira casi el 80% de las personas se dedican a la fabricación de cerámica y siguen éste proceso aprendido y heredado de sus ancestros, ya creando empresas que incluso exportan las cerámicas, un ejemplo de ello es la fábrica TODO RÁQUIRA S.A, cuya actividad es la producción exportación y comercialización de todo tipo de cerámicas.

Figura 12: Localización de la fábrica TODO RÁQUIRA S.A.



Fuente: Imagen de la izquierda (Google Earth, 2018), imagen de la derecha parte de TODO RÁQUIRA S.A. (Ávila, 2018).

Anteriormente se realizaron estudios para mitigar el impacto negativo de la contaminación por emisión de gases en Ráquira, uno de ellos implementó el uso del sello verde, sinónimo de producción más limpia que da a los productores beneficios económicos si se certifican. Se trata de un proyecto de la Corporación Colombiana Internacional (CCI), apoyado por la Corporación Autónoma Regional (CAR), cuyo objetivo es el mejoramiento de la calidad de vida de los trabajadores del campo (productores agrícolas y pecuarios de diferentes municipios) y de la arcilla producida en Ráquira.

Los autores de ésta iniciativa fueron Natalia Vásquez, ingeniera agrónoma de la UN, en compañía de Diego Ruiz, ingeniero ambiental de la Universidad Distrital. Ambos se valieron de esta iniciativa para desarrollar competencias, procesos de autogestión y un mejor estilo de vida para estos artesanos.

Las buenas prácticas ambientales y el fomento de una producción más limpia (PML) son los logros obtenidos a través de su implementación. El resultado es la toma de conciencia por parte de los productores y artesanos de la región, así como su certificación con el sello verde, una garantía de que están cuidando el medio ambiente. Por ahora son muy pocos los artesanos que usan hornos a gas, sólo el 15% de los 350 hornos usan gas menos contaminante (ver figura 12). (Agencia de Noticias UN, 2012).

Figura 13: Horno para artesanías a gas.



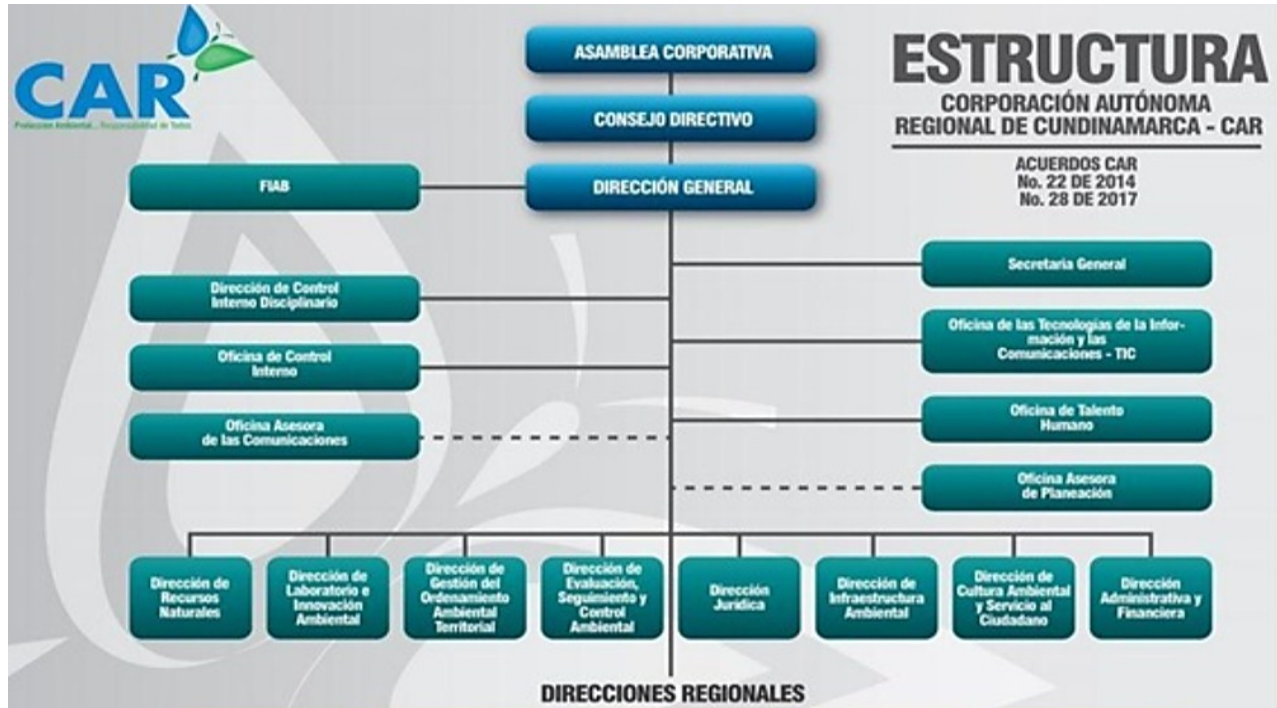
Fuente: Victor Manuel Holguín (Unimedios). Universidad Nacional de Colombia (2012).

En 1973 Artesanías de Colombia creó el Centro Artesanal del municipio de Ráquira con el fin de tener un lugar para el mejoramiento de las técnicas de producción y comercialización. Además, se dictaban talleres para mejorar la calidad de vida, fomentando así la generación de empleo. Posteriormente se creó la Cooperativa Multiactiva (coordinada por el Padre Rafael Humberto Mejía) como una forma de crear redes de asociatividad, y en 1999 el Proyecto de Apoyo al Desarrollo de la Microempresa Rural -PADEMÉR- inició un programa de empresarización con 120 personas.

Se toma en cuenta los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) que se adoptaron para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible, por tal razón para ese proyecto se toma como objetivo la producción y consumo responsable. Garantizando modalidad de consumo y producción sostenible, la fábrica puede utilizar un poder innovador para diseñar soluciones y poder inspirar a las demás fabricas a reducir efectos y aumentar el bienestar

5.6. Marco Institucional

Figura 14: Organigrama de la Estructura de la corporación autónoma Regional de Cundinamarca.



Fuente: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, (2018).

La Dirección de Monitoreo, Modelamiento y Laboratorio Ambiental:

Tiene como propósito la determinación de la línea base ambiental mediante el modelamiento y monitoreo de los recursos naturales renovables y ecosistemas que identifican la oferta ambiental del territorio, como soporte para la toma de decisiones y el ejercicio de la autoridad.

También se busca la generación de resultados confiables de la calidad del recurso hídrico, atmosférico y suelo, implementando y aplicando metodologías estandarizadas, validadas y acreditadas, para la protección, planificación y conservación de los recursos, articulados en los Sistemas de Información Ambiental para realizar el ordenamiento ambiental del territorio y facilitando el intercambio de información interna y externa.

En esta investigación la unidad de análisis se centra en el Sistema de Gestión de Energía en la organización, el cual garantiza el manejo adecuado de uso y eficiencia de la energías que necesitan para su producción en la empresa para disminuir el consumo y mejorar la eficiencias de sus equipos, esto con la ventaja de incentivar a la disminución de consumos excesivos, el cuidado del medio ambiente y la disminución de gases de efecto invernadero (Montes, 2017).

6. Metodología.

6.1. Matriz metodológica.

OBJETIVO GENERAL		Evaluar la revisión energética de la fábrica “TODO RAQUIRA S.A.” Perteneiente al sector alfarero del municipio de Ráquira, Boyacá.		
OBJETIVOS ESPECIFICOS	ACTIVIDADES	METODOLOGIA		RESULTADO ESPERADO
		TÉCNICA	INSTRUMENTO	
Caracterizar los equipos y procesos de consumos significativos de energía en la fábrica TODO RÁQUIRA S.A	1. Recopilación de información inicial.	1.1. Revisión Bibliográfica.	1.1.1. Búsqueda en bases de datos.	1. Conocer la información previa relacionada con el tema.
	2. Realizar una visita técnica a la fábrica.	2.1.-Registro fotográfico.	2.1.1. Cámara	2. Imágenes donde se evidencie el proceso llevado a cabo para la elaboración del proyecto.
	3. Realizar un censo de carga en la visita técnica que consiste en un inventario por: a). Determinar tipo energético (vapor, calor, electricidad) de todos los equipos consumidores de energía que se utilizan en la fábrica. b). Determinar la potencia de cada equipo. C). Determinar el tiempo de uso de cada equipo. d). Determinar el modo de uso y la cantidad de unidades por equipo.	3.1. Levantamiento de información por observación y registro escrito.	3.1.1 Formato de censo de carga extraído de la guía con base en la norma 50001 (implementación de un Sistema de Gestión de la Energía). 3.1.2. Encuesta que se realiza a la fábrica TODO RÁQUIRA S.A del municipio de Ráquira (Boyacá). 3.1.3. Listas de chequeo. 3.1.4. Facturas de energía.	3. Se espera identificar los equipos que consumen energía y la manera en que se utilizan. Así mismo identificar el personal clave para lograr una reducción y control de los usos y consumos de energía.

	4. Realizar un diagrama energético-productivo.	4.1. Mediante un análisis cualitativo y cuantitativo.		4. Se espera identificar las fuentes y usos de energía en los equipos, la productividad, los tipos de energía, las cantidades aproximadas de energía y productos que entran y salen
	5. Realizar de diagrama de Pareto.	5.1. Mediante un análisis cuantitativo.	5.1.1. Datos extraídos de la tabla del formato del censo de carga.	del proceso. 5. Se espera determinar el los equipos que consumen la mayor cantidad de energía utilizada en los procesos.
Establecer una línea base energética teniendo en cuenta el consumo de energía y la producción de artesanías en la fábrica TODO RÁQUIRA S.A.	6. Utilizar datos históricos de la producción de cerámicas y consumo energético de la fábrica TODO RÁQUIRA S.A. para poder realizar la línea base energética.	6.2 mediante un análisis cuantitativo.	6.2.1. Se utilizan los datos históricos del consumo energético de la fábrica. 6.2.2. Se utilizan los datos históricos de la producción de artesanías en la fábrica.	6. Se espera realizar la línea base energética para la fábrica TODO RÁQUIRA S.A. que permitirá en el futuro identificar cuáles son los cambios derivados de la implementación de mejoras que se proponen.
Analizar los costos del uso y consumo de energía en la fábrica TODO RÁQUIRA S.A.	7. A partir de los diagramas energético-productivo y de procesos así como el diagrama de Pareto analizar la información obtenida.	7.1. Observación y análisis cualitativo de los diagramas y la información previa obtenida en la revisión bibliográfica, la entrevista, las visitas a la fábrica.	7.1.1. Encuesta. 7.1.2. Listas de chequeo 7.1.3. Diagramas.	7. Se espera realizar un análisis objetivo sobre los costos del uso y consumo de energía en la empresa TODO RÁQUIRA S.A.

Fuente: Ávila, (2018).

6.2. . Diseño de la investigación:

6.2.1. Enfoque metodológico:

El enfoque que se le dio al presente trabajo fue un enfoque mixto, que consiste en utilizar herramientas de investigación cualitativas, como la realización de entrevistas dentro de las visitas técnicas, donde se recopiló la información necesaria en el trabajo de campo, la descripción de los hornos de tiro invertido y su funcionamiento. Además se utilizó el método cuantitativo, al realizar formatos de censo de carga, diagramas como el de Pareto, determinación de potencias en los equipos, las mediciones técnicas respecto al uso de energía de los equipos involucrados en el proceso.

Se utilizó éste tipo de enfoque para obtener una mejor evidencia, comprensión y profundización de los fenómenos que ocurren en el estudio de investigación, facilitando el fortalecimiento de los conocimientos teóricos y prácticos (Pérez, 2011), como lo es hacer una revisión de la energía pero a su vez comprender e identificar los métodos usados para la producción alfarera y su relación con los usos energéticos, incluyendo las personas involucradas y sus problemáticas entorno a la pérdida de recursos, calidad de vida y obtención de bienes y servicios en Ráquira.

Para realizar una investigación más completa se recogió información bibliográfica de los estudios, proyectos e información previa existente del municipio de Ráquira en relación con el proceso alfarero y los usos de energía.

6.2.2. Alcance:

Con éste proyecto se pretenden realizar una revisión energética en la fábrica TODO RÁQUIRA S.A que incluye conocer los usos y consumos energéticos de los equipos involucrados en el proceso, el alcance de ésta revisión energética es descriptiva y se analiza la información obtenida, lo cual servirá junto con la línea base y el análisis de costos para incluirse dentro del marco institucional del proyecto realizado por la CAR Cundinamarca “Transformación tecnológica en los hornos de alfarería del municipio de Ráquira para la disminución de emisiones de material particulado”.

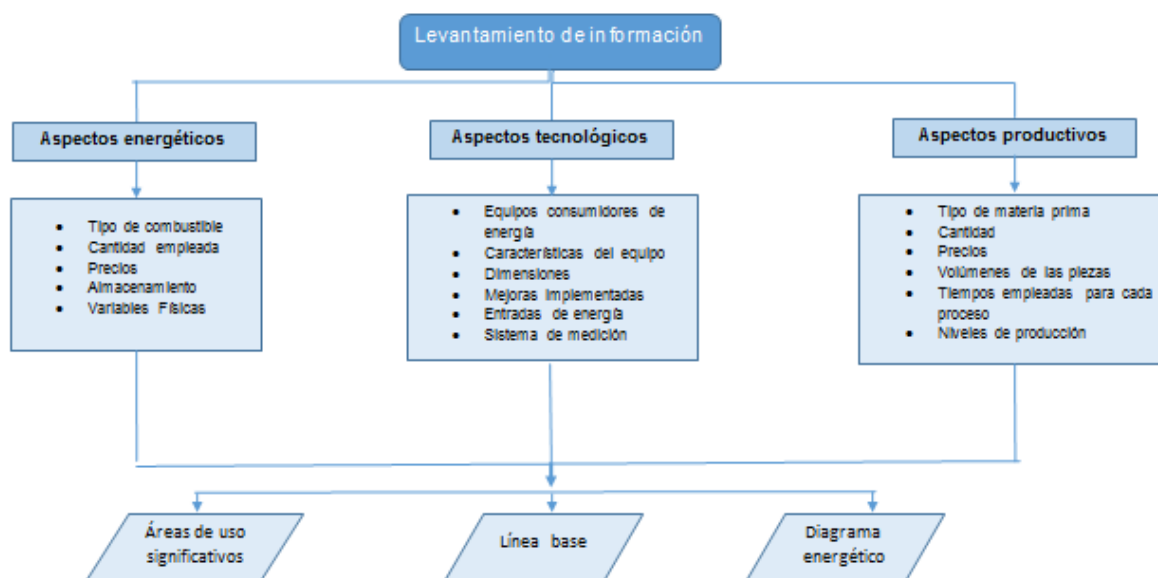
6.2.3. Levantamiento de información:

El reconocimiento de la situación actual de la fábrica TODO RÁQUIRA S.A. se inició con las visitas de campo, en total 3 visitas a la fábrica, donde se hizo una revisión de documentos como facturas de compra de carbón así como las facturas de energía que tiene la fábrica; se distinguió el personal y las labores que deben hacer diariamente, se observó el entorno y el proceso de la producción alfarera en la fábrica TODO RÁQUIRA S.A para luego comenzar a llenar el formato de censo de carga que servirá como insumo para la elaboración de diagramas de Pareto que permiten identificar los equipos que consumen aproximadamente el 80% de los distintos tipos de energía utilizadas en los procesos y para realizar el diagrama energético-productivo y de procesos de la fábrica.

En el levantamiento de la información se tuvieron en cuenta tres aspectos:

1. Aspectos energéticos (tipo de combustible, cantidad de combustible empleado, costos, almacenamiento del combustible, y variables físicas como humedad, calidad y tamaño del carbón).
2. Aspectos tecnológicos, donde se registran los equipos que consumen energía, sus características, dimensiones, mejoras implementadas a éstos, así mismo las entradas de energía y los sistemas de medición.
3. Aspectos productivos que incluye los tipos de materia prima empleados (si es madera, arcilla, carbón), la cantidad utilizada en cierto período de tiempo, los precios de todas las materias primas, los volúmenes de las piezas, el tiempo que se emplea para la fabricación de las piezas y los niveles de producción (ver figura 14).

Figura 15: Tres aspectos que se tuvieron en cuenta en el levantamiento de información.



Fuente: Corporación Autónoma Regional CAR (Ávila, 2018).

6.2.4. Definición de las variables:

Durante el trabajo de campo en la fábrica TODO RÁQUIRA S.A. se realizó un censo de carga anotando los datos obtenidos en el levantamiento de información, en un formato propuesto por la Corporación Autónoma Regional (CAR) Cundinamarca, en la guía de implementación de la norma ISO 50001, donde se tuvieron en cuenta variables como: los diferentes tipos de energía utilizados en el proceso de fabricación de la cerámica, las diferentes potencias de los equipos, el tiempo de uso de cada equipo, el modo de uso, la cantidad de equipos, la cantidad de piezas cerámicas por mes y para realizar la línea base se tuvieron en cuenta registros de 14 meses (desde enero del 2017 hasta marzo del 2018) de la cantidad de carbón por toneladas.

6.2.5. Población y muestra:

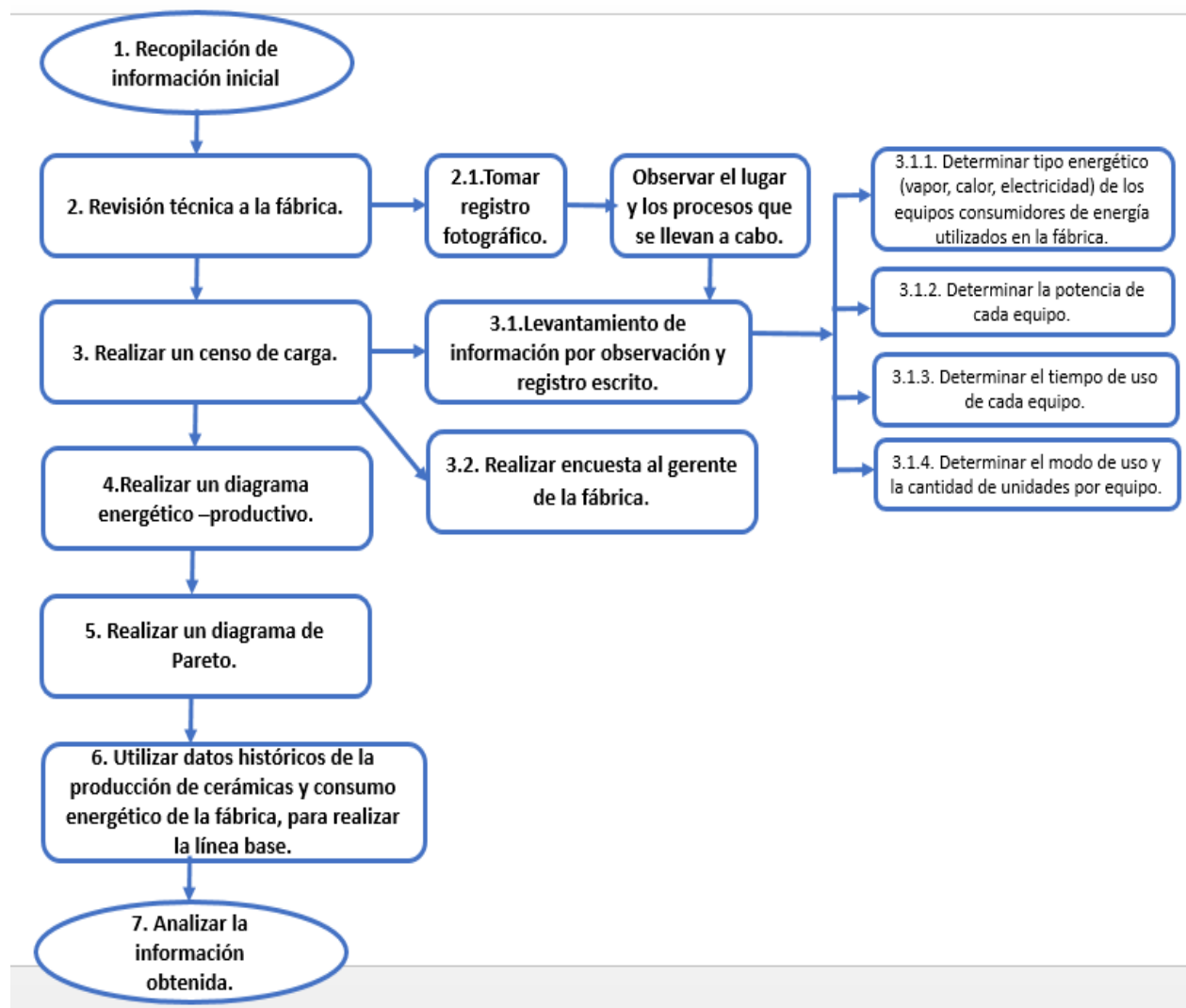
La población a estudiar es la fábrica TODO RÁQUIRA S.A. En el lugar trabajan 40 personas, de las cuales 5 son mujeres y de los 35 hombres 23 tienen contrato y 12 son contratistas. La fábrica tiene equipos consumidores de energía, que se listan en el censo de carga, éstos equipos 5 hornos de tiro invertido a carbón que constituyen el 1,42 % del total de los hornos de Ráquira, que funcionan de lunes a viernes debido a las restricciones por parte de la alcaldía, de no utilizarlos los fines de semana. En el caso de la muestra de la población que es la fábrica se analizó el 100% de los equipos que usan y consumen energía en el lugar (ver anexo 1).

6.2.6. Instrumentos:

Las herramientas utilizadas para la realización de la revisión energética en la fábrica TODO RÁQUIRA S.A. fueron:

- Las encuestas a la fábrica.
- Inspecciones técnicas de los equipos.
- Revisión bibliográfica.
- Observaciones en las visitas técnicas (consignadas en el censo de carga).
- Facturas de energía.
- Información suministrada por la fábrica.
- Registro fotográfico.

6.3. Diagrama de flujo



Explicación del diagrama de flujo:

1. Para identificar los equipos con usos significativos de energía en la fábrica TODO RÁQUIRA S.A se llevan a cabo 5 actividades conjuntas que permitirán dar cumplimiento al primer objetivo específico:
 - 1.1. Se reúne la información bibliográfica como se mencionó en el levantamiento de la información.
 - 1.2. Se realizan 3 visitas técnicas donde se toman registros fotográficos que evidenciaron el proceso llevado a cabo en la fábrica.
 - 1.3. Se utiliza un censo de carga que consiste en un inventario donde se anota el tipo energético ya sea térmica y electricidad de todos los equipos consumidores de energía que se utilizan en la fábrica, la potencia de cada equipo, el tiempo de uso de cada equipo, el uso de energía en los equipos y la cantidad de energía consumida. Se realiza una encuesta a la fábrica (ver anexo 2) que incluye datos generales, administrativos, características técnicas, información productiva, energética, ambiental. Las listas de chequeo se realizan antes de llenar el formato de censo de carga con toda la información que se toma en el levantamiento, en ésta lista se anotan observaciones personales de la visita técnica. Se utilizó la factura de Energía para tomar el costo de Kilowatt por hora (Kw/h).
 - 1.4. Se realiza un diagrama energético-productivo para saber cómo se distribuye la energía en la fábrica, con los datos de la carga de censo.
 - 1.5. Se utiliza un diagrama de Pareto para la identificación de los equipos con usos significativos de energía, construido a partir de la tabla de censo de carga.
2. Para establecer una línea base energética teniendo en cuenta el consumo de energía y la producción de artesanías en la fábrica TODO RÁQUIRA S.A se utiliza el método propuesto por la guía de implementación de la norma ISO 50001 (Prías *Et. al*, 2013), donde se utilizan los datos históricos que tiene dicha fábrica sobre la producción de cerámicas y cantidad de carbón en toneladas. Se hacen los cálculos de un modelo lineal para hallar el consumo total de energía (E) a partir del índice de consumo de transformación de la materia prima del proceso (m), multiplicado por la cantidad de producto transformado (P), más el consumo fijo de energía del proceso (E0).
$$E = m * P + E0$$
3. Para analizar el uso y consumo significativo de energía en la fábrica TODO RÁQUIRA S.A. se utiliza la información que arrojan los diagramas, la entrevista, las observaciones de las visitas técnicas y la revisión bibliográfica. Luego se dan propuestas para la fijación de objetivos, metas y planes de acción energéticos futuros.

7. Resultados y análisis de resultados.

7.1. Revisión bibliográfica:

Se realiza una recopilación de información inicial relacionada con el tema de revisión energética de las bases de datos de la Universidad el Bosque, la Universidad Nacional, la Corporación Autónoma regional de Cundinamarca, se revisaron estudios previos que al igual este documento tiene como fin el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de Ráquira y la disminución de los impactos negativos al medio ambiente en el municipio de Raquirá que ubican dentro del marco de referencia (Ver anexo 3).

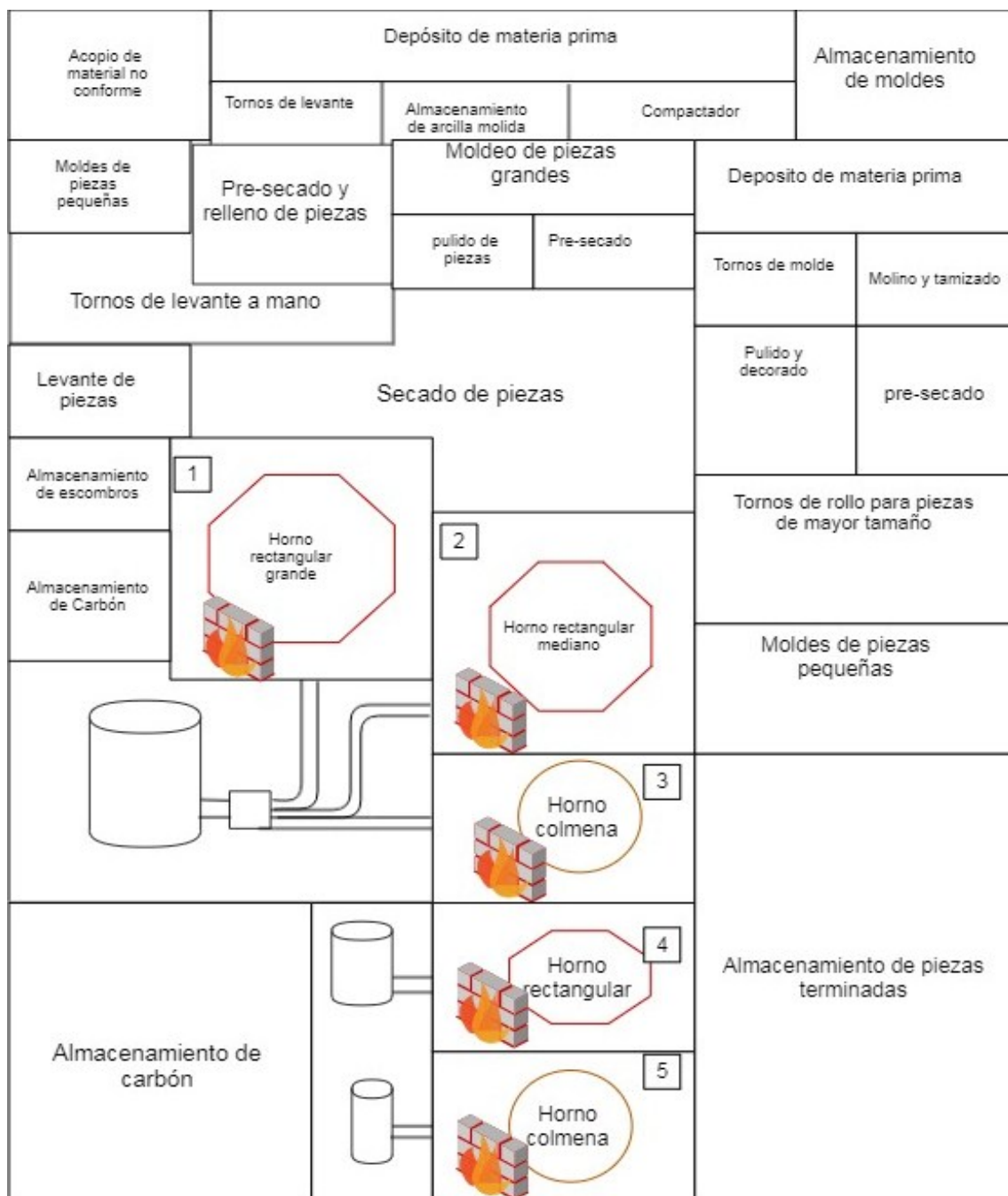
7.2. Registro fotográfico:

Se realiza un registro fotográfico donde se evidencia el proceso llevado a cabo para la elaboración del proyecto, desde su fase inicial hasta la finalización de los procesos de alfarería en la fábrica.



Fuente: Ávila, 2018.

Figura 16: Lay out de la fábrica TODO RÁQUIRA S.A, donde se muestran las áreas de producción de la fábrica y los tipos de hornos.



Fuente: Ávila (2018).

7.3. Censo de Carga:

En el censo de carga se listaron los equipos por áreas, se determinó el tipo de energía y cuántos equipos se encontraron por áreas. Dio como resultado que hay dos batidoras eléctricas dentro del área de levante de piezas pequeñas, veinte tornos eléctricos en el área de levante y pulido de piezas medianas y grandes, tres molinos eléctricos y un motor compactador por ACPM, por último en el área de cocción de piezas se tiene cinco hornos con combustible a carbón. Los instrumentos metodológicos utilizados para la recopilación de estos datos, son la encuesta realizada en la fábrica, observación directa y el formato de carga para los equipos junto con la factura energética. (Ver anexo 4).

Tabla 2: Identificación de equipos de la fábrica TODO RÁQUIRA S.A

AREA	Equipo	TIPO DE ENERGIA	Numero de equipos
Levante de piezas pequeñas	Batidora	Eléctrica	2
Levante y pulido piezas medianas y grandes	Tornos	Eléctrica	20
Procesamiento de materia prima (Arcilla)	Molinos	Eléctrica	3
	Compactador	ACPM	1
Cocción de las piezas	Hornos	Térmica/Carbón	5

Fuente: Corporación Autónoma Regional Cundinamarca, Ávila, 2018.

7.3.1. Equipos:

7.3.1.1. Eléctricos: En las visitas técnicas realizadas a la fábrica se listaron e incluyeron en el censo de carga primero los equipos que funcionan con electricidad y se registró el consumo de energía en CV que luego se convirtieron en kWh que es una unidad de energía.

Se observa que los tornos son los que menos energía consumen por hora (0,85 kWh), le siguen los molinos con (1,55 kWh) y las batidoras son las que más energía eléctrica consumen por hora con (4,47 kWh).

La razón por la que las batidoras consumen mayor energía es por el proceso que realizan al mezclar la arcilla sólida con agua y silicato sódico en las proporciones adecuadas, las batidoras hacen esta mezcla requiriendo bastante energía ya que se hace en recipientes grandes la mayoría de 20L, por lo cual el motor de las batidoras requiere una gran fuerza para mezclar todos los elementos hasta formar una mezcla homogénea, este proceso lleva un tiempo estimado de 7 horas continuas.

En la tabla de censo de carga se registra la cantidad de equipos, el tiempo de uso de los equipos por día y también cuántos días se utiliza al mes (ver anexo 1).

CV	KW
1	0,7457

Batidora

Maquinaria cerámica	
J.L Vicentiz, S.L	
Suministros Cerámicos	
Agitador	
Capacidad	20 litros
Altura	Variable
Sistema	Trifásico (eléctrico)
Materia	Acero inoxidable
Motor CV	6

Torno

Maquinaria cerámica	
J.L Vicentiz, S.L	
Suministros Cerámicos	
Torno Eléctrico	
Velocidad	300 r.p.m
Peso	49 kg
Sistema	Trifásico (eléctrico)
Materia	Acero galvanizado
Motor CV	1,2

Molino

Maquinaria cerámica	
J.L Vicentiz, S.L	
Suministros Cerámicos	
Molino de bolas	
Diseño	Silenciosos
Peso	105kg
Sistema	Monofásico (eléctrico)
Materia	Aluminio
Motor CV	2

Fuente: Ávila, (2018).

El total de energía consumida al mes por 2 batidoras es de 500,64 kWh, de los 20 tornos es de 1836 kWh y de los 3 molinos es de 362,7 kWh. A pesar de que los tornos son los que menos energía consumen por hora, la cantidad de equipos (20) y el tiempo que se usan al mes hace que sean los que más energía eléctrica consumen, la actividad de los tornos en el día es continua, éstos sirven para el levante de moldes, moldeo de piezas grandes, el pulido y decorado, por esto se utilizan gran cantidad de tornos en la fábrica.

Mientras que los que menos energía eléctrica por mes consumen son los 3 molinos, estos realizan la actividad de moler y triturar la arcilla para que esta quede de forma tal que el artesano pueda rellenar los moldes fácilmente con la arcilla húmeda.

7.3.1.2. A base de ACPM: El compactador trabaja a base de ACPM y la cantidad de energía que utiliza es de 0,8 galones de ACPM por hora; al día utilizan éste equipo 6 horas y al mes 13 días. Es decir que por día utiliza 4,8 galones y al mes 62,4 galones de ACPM. Este equipo ayuda que la arcilla quede de forma seca y lista para ser moldeada para piezas grandes, ayudando a liberar humedad de la arcilla para que su proceso de secado sea más rápido, lo que indica que el compactador no es un equipo que consuma una cantidad significativa de energía.

Tabla 3. Energía requerida de los equipos eléctricos y de ACPM

Equipo	Energía requerida/ hora	
	Cantidad	unidades
Batidora	4,47	kw
Tornos	0,85	kw
Molinos	1,55	kw
Compactador	0,8	galón

Fuente: Ávila, (2018).

7.3.1.3. A base de carbón: Para la determinación del consumo y uso de los 5 hornos (H) de tiro invertido que utilizan carbón, se tuvo en cuenta (ver anexo 5):

1. La geometría del horno (si es circular o es rectangular).	Lo que influye directamente en la cantidad de piezas que se pueden introducir en el horno, siendo los hornos con un área y altura mayor los que más piezas pueden tener. Es el caso del horno 1, que es rectangular con un área de 54 m ² y una altura de 2,40 m produce gran cantidad de piezas en la fábrica.
2. El área.	
3. La altura de los hornos.	
4. La cantidad de carbón utilizado en cada horneada medido en toneladas por horno (ver tabla 4).	El horno 1 es el que más carbón utiliza por ser el de mayor tamaño (Usa 3000 Kg por horneada es decir 3 toneladas) este equipo cuenta con 8 entradas de alimentación de carbón, le sigue el horno 3 (2500 Kg por horneada, 2.5 toneladas) y los hornos 2, 4 y 5 usan 2000 Kg por horneada, es decir dos toneladas. Estos últimos cuenta con 6 entradas de alimentación.
5. La producción de piezas de cerámica por horno.	El horno 1 es el que más piezas produce por horneada (1044 piezas) su dimensión permite el cargue de más piezas, luego el horno 4 (805 piezas), el horno 3 (784), el horno 5 (701 piezas) y el horno 2 (655 piezas). Esto puede variar según los tamaños de las piezas en cada horneada.
6. El tipo de mantenimiento que le hacen a cada horno	El mantenimiento puede ser correctivo ya que si se presenta algún problema se hace el arreglo preventivo, en el caso de todos los hornos de ésta fábrica se les hace preventivo cada 5 meses en general.
7. Horas de duración de la cocción de piezas de cerámica por horno (ver tabla 4).	El orden de duración de mayor a menor es el siguiente: El horno 1 (37 horas) su capacidad de mayor piezas hace que esta actividad dure más, horno 3 (35 horas), horno 4 (28 horas), y los hornos 2 y 5 (25 horas). Estos tiempos pueden variar según disponga el hornero con su experiencia.
8. Días por mes que se utiliza el horno.	El horno 1 se utiliza 15 días al mes, el horno 3 y el 5 se utiliza 12 días al mes, el horno 2 se utiliza 11 días y el horno 4 se utiliza 10 días. Las variaciones de actividad están ligadas al estado en el que se encuentre el horno y las piezas que estén produciendo.

Fuente: Ávila (2018).

A mayor área del horno más cantidad de carbón usa y más demora el tiempo de cocción de las piezas cerámicas, siendo el horno 1 el que cumple con éstas características, es el más utilizado en días por mes, el que más piezas de cerámica puede contener y el más antiguo ya que lleva 25 años funcionando.

Si se suma la producción de los 5 hornos (en una sola horneada), la fábrica produce aproximadamente 3989 piezas de cerámica cada 3 o 4 días que dura el proceso de cocción más el tiempo de enfriamiento, la cantidad total de carbón para fabricar esas piezas es de aproximadamente 11.500 Kg por horneada, es decir 11,5 toneladas de carbón. Así mismo como resultado del promedio de sumar la cantidad de consumo de carbón de los 5 hornos, por hora es de 0,08 Toneladas de carbón.

El horno 1 se utiliza durante 15 días, pero su producción dura aproximadamente 3 días lo que representaría 5 horneadas por mes y si cada horneada de éste produce 1044 piezas; al mes éste horno produce 5220 piezas. Según éste análisis:

- El horno 2, al mes produce 7205 piezas,
- El horno 3 al mes produce 6272 piezas,
- El horno 4 al mes produce 7245 piezas,
- El horno 5 produce 8412 piezas,

Siendo éste último (horno 5) el que más piezas produce por mes; aun siendo de tamaño mediano y utilizando menos carbón. Lo que podría indicar que no necesariamente el horno que más piezas contiene, más carbón utiliza y el que más se usa sea el más óptimo en la producción de cerámicas, por el contrario analizando su consumo de carbón, el horno 5 usa menos carbón que el horno 1, y produce un mayor número de piezas por mes. Lo anterior tiene relación con el tiempo que tarda cada producción, mientras el horno 1 tarda 37 horas el 5 sólo 25 horas (ver tabla 4).

Entre menos tiempo dure el proceso de cocción de piezas más óptimo es el proceso ya que se pueden sacar más piezas al mes. Por tanto hay que tener en cuenta, cómo se puede disminuir el tiempo de cocción de las piezas dentro de los hornos, y se ha analizado que entre menos se enfríe el interior del horno por entrada de aire cuando introducen el carbón o que entre menos entradas de carbón tiene el horno, hay menos pérdidas de calor y demora menos tiempo dicho proceso de cocción. Por ejemplo los hornos 4 y 5 tienen sólo 6 entradas y la horneada dura 28 y 25 horas respectivamente, al contrario del horno 1 que tiene 8 entradas y dura 37 horas la horneada.

Así mismo se pudo analizar que no necesariamente entre más carbón utilice, el horno es más óptimo, ya que se pudo observar que los hornos que más carbón utilizan como lo es el horno 1 con 3000 Kg y el 3 con 2500 kg son los que más tiempo requieren en el proceso de cocción (para el horno 1, 37 horas y para el horno 3, 35 horas).

Otro aspecto importante a tener en cuenta es que el aumento de energía dentro del horno está directamente relacionada con la pérdida de calor de las paredes del horno, por la entrada de aire y su eficiencia depende del manejo operacional, el cuidado y control de temperatura de la atmosfera de cocción y la experiencia que tenga el hornero. El bajo nivel tecnológico de los hornos hace que la combustión del carbón sea bastante ineficiente, desperdiciando su potencial energético por

combustión incompleta y otros factores importantes como la humedad que puede adquirir el Carbón al dejarlo expuesto al aire libre antes de utilizarlo.

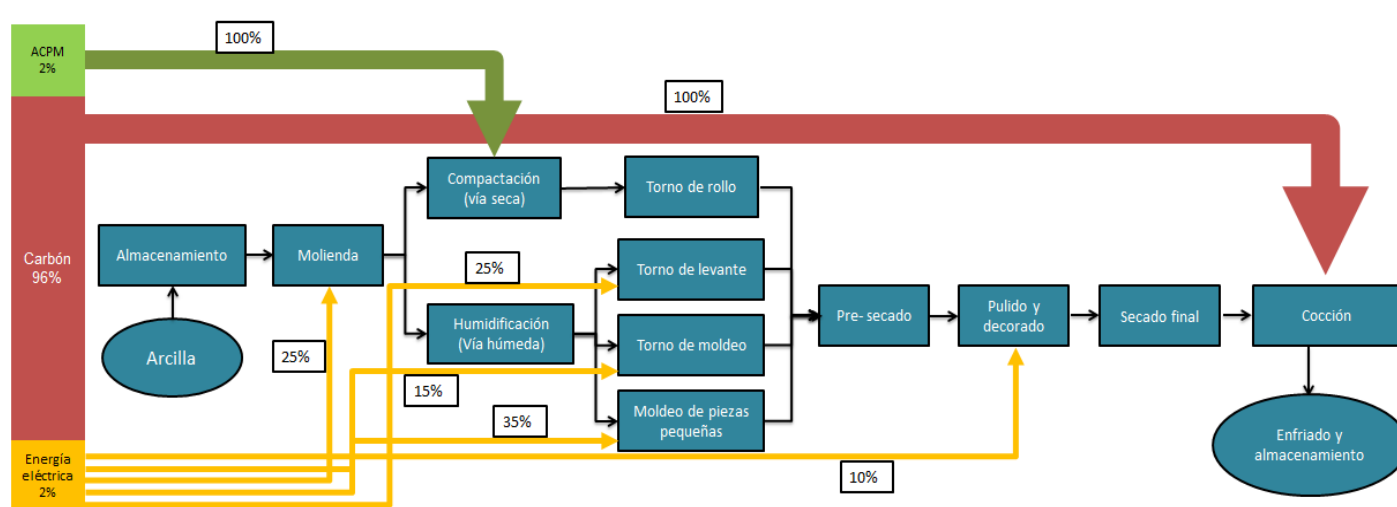
Tabla 4. Consumo y actividad de los cinco hornos de la fábrica.

Equipo	Geometría del horno		Consumo de combustible por horneada	Horas por Horneada
	Circular (C)		[KG/HORNEADA]	
	Rectangular (R)			
Horno 1		R	3000	37
Horno 2		R	2000	25
Horno 3	C		2500	35
Horno 4		R	2000	28
Horno 5	C		2000	25

Fuente: Ávila, (2018)

7.4. Diagrama energético-productivo de la fábrica TODO RÁQUIRA S.A:

Figura 17: Diagrama energético-productivo de la fábrica TODO RÁQUIRA S.A.



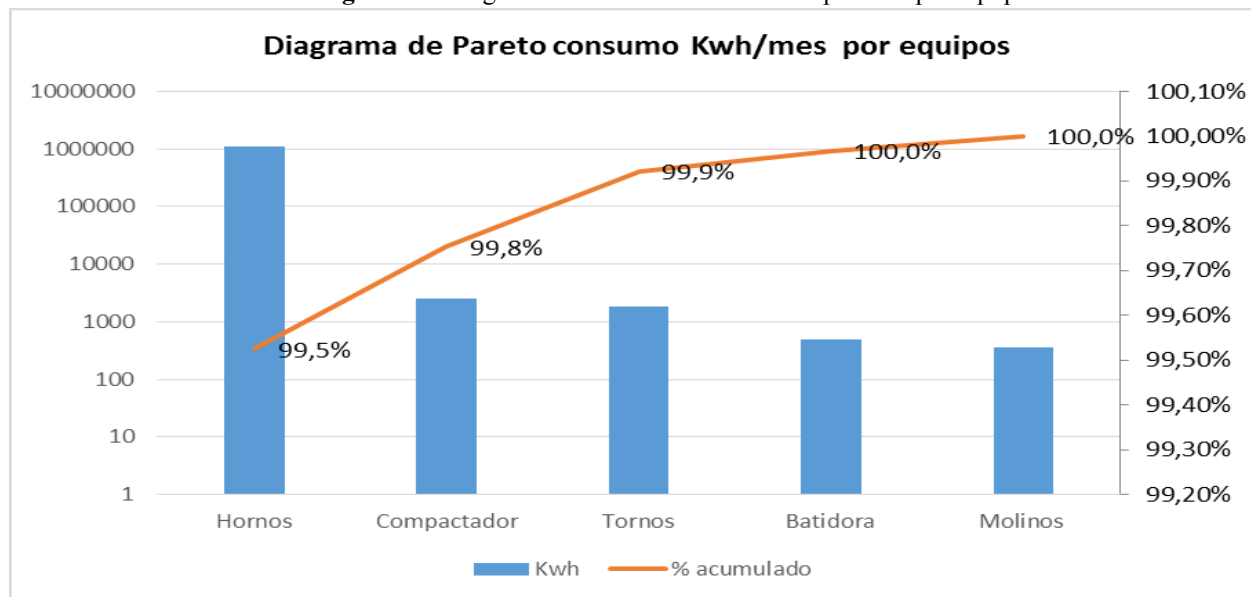
Fuente: Ávila, (2018).

Una vez obtenida la energía total usada por los equipos involucrados en el proceso de la fábrica, se estima como es la distribución para cada equipo, la energía eléctrica representa el 2% de la energía total consumida, por lo tanto para la distribución se toma como el 100%, siendo un 10% para pulido y decorado, un 15% para tornos de moldeo, 25% de tornos de levante, 25% de los molinos y un 35%

para las batidoras. De igual manera el 2 % del ACPM su distribución se enfoca en el compactador que es su 100%. Finalmente la distribución de la energía térmica de carbón 96% va dirigida a los hornos, Esto con el fin de identificar la distribución energética del proceso de elaboración de arcilla, como es su distribución durante todo el proceso en la fábrica.

7.5. Diagrama de Pareto:

Figura 18: Diagrama de Pareto consumo kWh por mes por equipos.



Fuente: Ávila, (2018).

Para la realización del diagrama de Pareto se tuvo en cuenta la conversión a unidades equivalente para poder graficar todo en las mismas unidades, por lo cual se evaluó en unidades de (KWh) (ver tabla 5)

Tabla 5: Unidades de conversión para equivalentes de energía.

ENERGÉTICO	CANTIDAD	UNIDADES	KWH
Carbón	1	Ton	7.559,00
Gas Natural	1	M3	10,47
ACPM	1	Galón	40,02
GLP	1	Galón	28,51
Energía Eléctrica	1	kwh	1,00
kCal	860,42	kCal	1,00

Fuente: Memorias Diplomado en eficiencia y energías limpias CCB-OPEN (2011- 2012).

Se obtuvieron resultados elevados para el consumo del carbón (ver anexo 1) por tal motivo para graficar el diagrama de Pareto se tuvieron que poner los intervalos en base 10, para que los demás equipos tuvieran relevancia en el gráfico. Una vez graficado, se identificó la gran cantidad de energía que representan los hornos en el proceso, el 99,5% del porcentaje equivale a esta actividad, el restante de equipos son porcentajes mínimos para la producción.

Así mismo teniendo en cuenta los resultados obtenidos anteriormente, identificamos la gran cantidad de energía que utilizan los hornos para el proceso de cocción de las cerámicas artesanales, se identifica que este proceso conlleva a los usos y consumos más significativos de la fábrica TODO RÁQUIRA S.A.

7.6. Línea de base energética:

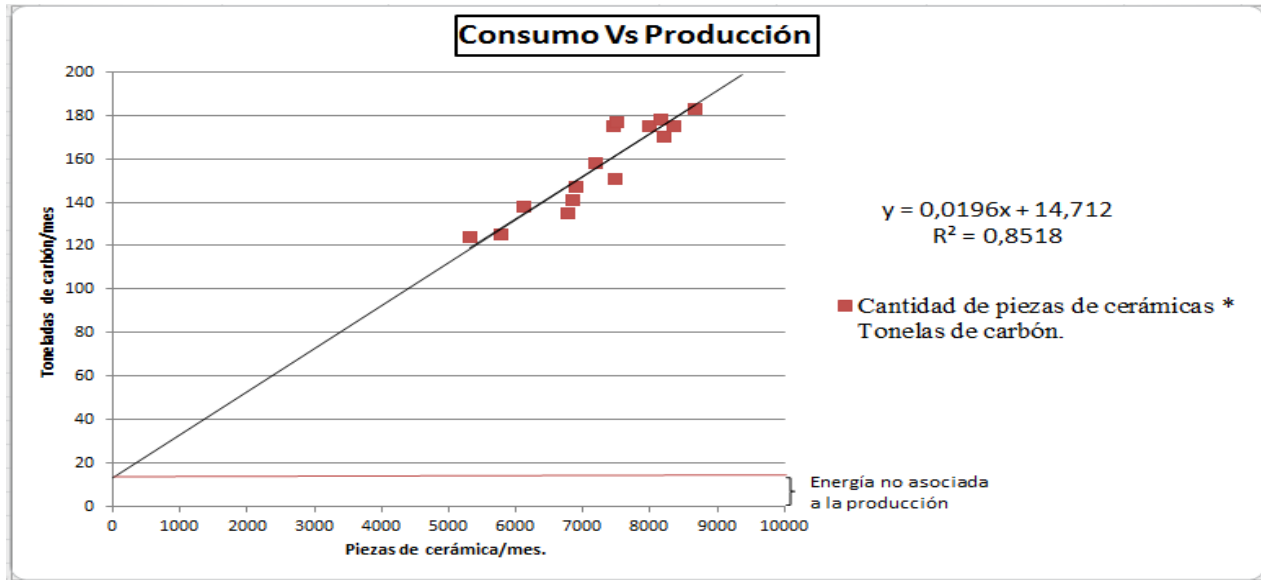
Conociendo los equipos con usos y consumos más significativos es decir los hornos, se elabora una línea de base energética, a partir de información suministrada por los administradores de la fábrica. Se tienen los datos históricos de 15 meses, años 2017-2018, de la cantidad de energía consumida por mes y la producción de piezas por mes.

Tabla 6: Datos históricos de la fábrica TODO RÁQUIRA S.A

	Mes 2017-2018	Cantidad de combustible /[TON]	Producción [Piezas]
2017	Enero	125	5780
	Febrero	175	7450
	Marzo	175	8000
	Abril	151	7480
	Mayo	158	7180
	Junio	135	6780
	Julio	124	5320
	Agosto	147	6892
	Septiembre	170	8200
	Octubre	141	6840
	Noviembre	175	8350
	Diciembre	183	8660
2018	Enero	138	6120
	Febrero	177	7500
	Marzo	178	8150

Fuente: TODO RÁQUIRA S.A, (2018).

Figura 19: Línea base energética de consumo de carbón vs, producción de piezas de cerámica en la fábrica.



Fuente: Ávila, (2018).

Se ubican los datos en una gráfica de dispersión, para poder obtener la línea de base energética, y también se hace una gráfica lineal que permite conocer la ecuación de la recta para determinar el consumo total de energía del proceso productivo de las cerámicas en cada mes. Busca determinar anomalías en el comportamiento de los consumos a través del tiempo, uno de los factores más importantes para el control y seguimiento de los consumos, ayudando a la identificación y determinación de los potenciales de ahorro energético. Calculando analíticamente la pendiente y el intercepto de la recta, expresando su ecuación de la forma:

$$E = m * P + E_o$$

Dónde:

E= consumo total de energía

m= Índice de consumo de transformación de la materia prima del proceso

P= cantidad de producto transformado

E_o= consumo fijo de energía del proceso, energía no asociada a la producción

Teniendo como ecuación la siguiente: $Y = 0,0196x + 14,712$

$R^2 = 0,8518$

$m = 0,0196$ Ton/ Piezas; Índice de consumo mínimo de este proceso, es la energía asociada directamente a el proceso productivo,

x = Producción (piezas)

$E_o = 14,712$ Ton/mes; Energía no asociada a la producción, interviene en el proceso pero no se destina a la transformación de las piezas. Esta energía se asocia a la energía de arranque o precalentamiento del horno, también se ve afectados por parámetros operacionales o ineficiencias en el mantenimiento de los hornos.

$R^2 = 0,8518$; Criterio de confiabilidad, criterio muy confiable (ver figura 16)

Figura 20. Criterio de confiabilidad de la muestra.

Valor R2	Relación E y P
0 – 0,04	Despreciable
0,04 – 0,16	Débil
0,16 – 0,49	Moderada
0,49 – 0,8	Fuerte
0,8 - 1	Muy Fuerte.

Fuente: Prias, (2013).

Tabla 7: Recolección de datos de producción y consumo.

Mes	Cantidad de combustible /[TON]	Producción [Piezas]	$E=m \cdot P + E_o$	IC
Enero	125	5780	128	0,0216
Febrero	175	7450	160,732	0,0235
Marzo	175	8000	171,512	0,0219
Abril	151	7480	161,32	0,0202
Mayo	158	7180	155,44	0,0220
Junio	135	6780	147,6	0,0199
Julio	124	5320	118,984	0,0233
Agosto	147	6892	149,7952	0,0213
Septiembre	170	8200	175,432	0,0207
Octubre	141	6840	148,776	0,0206
Noviembre	175	8350	178,372	0,0210
Diciembre	183	8660	184,448	0,0211
Enero	138	6120	134,664	0,0225
Febrero	177	7500	161,712	0,0236
Marzo	178	8150	174,452	0,0218
Promedio	156,8			0,0217

Fuente: TODO RÁQUIRA S.A, (2018)

Una vez identificada la ecuación de la línea de base energética se remplaza el valor X= cantidad de piezas. Se evalúa por mes para saber el consumo total de energía por mes; además se calcula el Índice de consumo (IC), que es la división de toneladas de carbón utilizada para la producción de las piezas, un resultado que nos permite conocer el promedio de consumo que utiliza cada pieza producida que es 21,7 kg/ pieza

El índice de consumo mínimo para el proceso es de = 0,0196 Ton/Pieza = 19,6 kg/pieza

El índice de consumo promedio mensual de la fábrica es= 0,0217 Ton/Pieza = 21,7 kg/pieza

La energía no asociada a la producción es = 14,712 Ton/mes

El consumo promedio mes de la fábrica = 158,8 Ton/mes

El porcentaje de energía no asociada del gasto promedio mensual de energía= 10%

El índice de consumo promedio es un poco más alto del valor mínimo alcanzable, esto quiere decir, que se requiere 2,1kg de carbón más de energía por piezas, esto se da por la pérdida de energía y calor durante la cocción.

La energía no asociada a la producción es el 10% del consumo de energía promedio. Aunque es un porcentaje bastante bajo por mes se está generando una pérdida aproximada de 15 toneladas por horneada, ya sea por la energía utilizada para el arranque de los hornos, energía por variación de tiempos operacionales o por ineficiencia de mantenimiento.

7.7. Análisis de diagramas:

7.7.1. Diagrama energético –productivo:

Se pudo observar que la mayor fuente de energía utilizada es el carbón, con un 96% para el proceso de producción de la fábrica, seguido de por el ACPM y la energía eléctrica con 2% cada una. El carbón solo se utiliza en el proceso de cocción de la cerámica (ver figura 16), el ACPM solo se utiliza para la compactación de la arcilla, mientras que la energía eléctrica se utiliza en la molienda (25%), en los tornos de levante (25%) y moldeo (15%), en el moldeo de piezas pequeñas (35%) y por último en el pulido y decorado (10%). Lo anterior indica que el carbón es la fuente de energía más utilizada en la fábrica, pero la energía eléctrica es indispensable para llevar a cabo el proceso de fabricación de artesanías, a pesar de que genera menos impacto económico y ambiental.

El moldeo de piezas consume la mayor parte de energía eléctrica (35%) en la fábrica, ya que para moldear se utilizan las batidoras que como se mencionó anteriormente consumen por hora 4,47 Kwh, en el proceso de homogenización líquida de la arcilla. Mientras que el pulido y decorado (donde se usa el torno) es lo que menos energía eléctrica consume ya que los tornos usan poca energía (0,85 Kwh)

La distribución de energía eléctrica se da a más del 80% de los equipos, pero estos no tienen la relevancia suficiente de consumo para que se tuvieran en cuenta como un uso significativo de la energía total dentro de la fábrica. De igual manera la energía térmica de ACPM, se concentra en un solo equipo y tomando un porcentaje muy bajo frente a la energía total de la fábrica. Para el 20% de los equipos restante que son los hornos, son los mayores consumidores de energía térmica de carbón.

7.7.2. Diagrama de Pareto:

Este diagrama identifica visualmente los equipos que consumen energía, partiendo del más relevante al menos de izquierda a derecha, esto con el fin de observar el porcentaje que representa en el total de energía que utiliza la fábrica para la producción de artesanía. Los hornos presentan la mayor relevancia teniendo como porcentaje de consumo energético 99,5%, para el compactador tiene un 0.3% y para los tornos, batidoras y molinos se dan un 0.2% valores no significativos para el consumo de la fábrica.

La determinación de la situación problema radica en el consumo masivo de carbón que utiliza los hornos por tal motivo se identifica como un uso significativo de mayor relevancia para la fábrica

Al identificar nuestro uso y consumo significativo por medio de los análisis hechos previamente, se observa que son los hornos los que más impactan dada la actividad que implementan, al necesitar llegar a puntos de temperatura superiores a 1000°C, éstas altas temperaturas dentro del horno, no son óptimas puesto que tienen pérdidas de calor por varios factores:

- Primero porque los hornos no tienen un aislamiento adecuado, lo que resulta en una baja eficiencia energética y la utilización excesiva de carbón.
- Segundo, la atmosfera de cocción no es óptima ya que en ocasiones el alto suministro de aire puede entrar al horno por la boca de alimentación y esto produce un enfriamiento de las piezas y dificulta el ascenso de temperatura, o también puede ocurrir que haya bajo suministro de aire y el carbón tiene una combustión incompleta lo que disminuye la eficiencia energética y daña las piezas poniéndolas oscuras.

Figura 21. *Análisis del proceso productivo de la actividad alfarera y pérdida de energía*



Fuente: Corporación Autónoma Regional CAR, (Ávila, 2018).

- Tercero: El almacenamiento de carbón no es el más adecuado ya que se deja al aire libre, expuesto a la lluvia sin ningún tipo de espacio cubierto, lo que hace que el carbón pierda poder calorífico por humedad.
- Cuarto: El control de temperatura es otro factor que afecta la eficiencia de los hornos de la fábrica, haciendo que el hornero tenga que suministrar el carbón de forma indiscriminada ya que no tiene parámetros para la alimentación debida. Desperdiciando el carbón sin una medición de temperatura esto unido con la alimentación manual a las cámaras de combustión, permitiendo que lo haga en intervalos largos, concediendo el enfriamiento parcial del horno. Este proceso lo hace con conocimientos empíricos y mide la temperatura a “ojo”, aumentando innecesariamente el consumo de energía

Además al quemar el carbón y poner en cocción las cerámicas, se generan varios gases de efecto invernadero (GEI) que van directamente a la atmósfera. Por esta razón es importante revisar el uso y consumo de la energía para posteriormente buscar disminuir los impactos ambientales de éste proceso de fabricación de las piezas, que hace que se demande un alto consumo de energía y que puede tardar hasta 30 horas llegando a temperaturas muy altas y no se sabe que cantidades exactas de carbón se deben utilizar haciendo uso innecesario de éste combustible que aunque no es tan costoso si genera emisiones contaminantes que repercuten en la calidad de vida de las personas de Ráquira e impactan negativamente la calidad del aire.

7.8. Análisis de costos:

La fábrica emplea gran parte de sus recursos a los costos de energía involucrados en el proceso, según la (figura 22) la fábrica está gastando \$23.040.000 mensuales en la energía térmica/carbón en los hornos, un promedio de \$276.480.000 anuales, este valor se estima por tonelada comprada que tiene un valor comercial de \$160.000 por tonelada, en la energía térmica también está involucrado el motor compactador de ACPM generando un costo mensual de \$510.744, considerando el galón de ACPM en \$8.185 para un estimado de \$6.128.928 anual, dejando un costo aproximado en energía térmica anualmente de \$280.000.000.

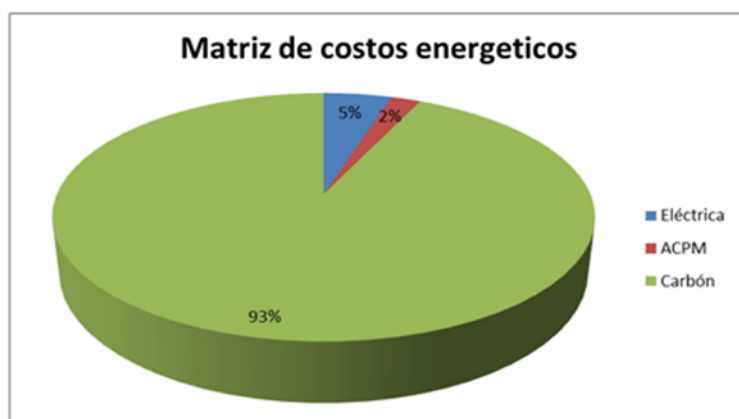
Con la factura de energía de la fábrica se evidenciaron los costos por KW/h.

Tabla 8. Información sobre tarifas de energía eléctrica.

SECTOR COMERCIAL		
Concepto	EBSA NT1	
	Comercial Industrial	Oficial Especial
ACTIVA	447,24	357,8
REACTIVA	79,93	66,6

Fuente: EBSA Empresa de energía de Boyacá S.A.E.S.P

Figura 22. Matriz de costos energéticos



Costos mensuales energéticos	
Eléctrica	\$ 1.207.251
ACPM	\$ 510.744
Carbón	\$ 23.040.000

Fuente: Ávila, (2018)

Las batidoras, tornos y molinos, generan un costo de \$1.207.251 mensualmente en energía eléctrica y un total anual aproximado de \$14.487.012. El costo total de energía involucrada en el proceso de elaboración de cerámica en la industria de TODO RÁQUIRA anualmente es de \$297.095.936 aproximadamente.

Esto es una cifra considerable teniendo en cuenta que el 95% de ello proviene de un proceso térmico ineficiente y con muchas falencias en su actividad. El otro 5% es de la energía eléctrica y de energía térmica/ACPM. Estos datos se obtienen del censo de carga ver (anexo 1)

8. Conclusiones

- Los equipos caracterizados en la fábrica TODO RÁQUIRA S.A. perteneciente al sector alfarero del municipio de Ráquira, Boyacá, usan tres fuentes de energía, la primera que consume el 96% de la energía total de la fábrica es el carbón, usado solo en el proceso de cocción de las cerámicas; la segunda que es la energía eléctrica con 2% del total de energía, usada en varios procesos por los tornos, las batidoras y los molinos; y la tercera ACPM con los mismos 2% utilizada solo en el compactador.
- De los equipos que utilizan energía eléctrica los tornos son los que menos energía consumen por hora (0,85 kWh), en comparación con las 2 batidoras que son las que más energía consumen por hora con (4,47 kWh); pero la cantidad de tornos (20 unidades) y el tiempo que se usan, hace que éstos sean los que más energía eléctrica consumen al mes en la fábrica TODO RÁQUIRA S.A.
- El compactador que trabaja a base de ACPM utiliza 0,8 galones de ACPM por hora; al día utilizan éste equipo 6 horas y al mes 13 días. Es decir que por día utiliza 4,8 galones y al mes 62,4 galones de ACPM. Se concluye que el compactador no es un equipo que consuma una cantidad significativa de energía en comparación con el total de la energía utilizada de la fábrica TODO RÁQUIRA S.A.
- El carbón es utilizado en el proceso de cocción en los 5 hornos de tiro invertido que tiene la fábrica, en éste proceso donde se consume el 96% de la energía total usada en TODO RÁQUIRA S.A. se concluye que, no necesariamente el horno que más piezas puede contener, el que más carbón utiliza y el que más se usa, sea el más óptimo en la producción de cerámicas por mes; por el contrario se observó que es más eficiente un horno que pierda menos energía y que dure menos en horas en el proceso de cocción.
- De los equipos en la fábrica TODO RÁQUIRA S.A los que tienen los consumos más significativos de energía son los hornos, entre ellos hornos 3 y el horno 1 de 25 años de antigüedad que consumen por horneada 3000 kg de carbón.
- La línea base energética tuvo en cuenta el consumo energético y la producción de las artesanías en la fábrica TODO RÁQUIRA S.A para que luego de realizar mejoras en los hornos se pueda hacer una comparación que permita analizar la información obtenida ahora y después de implementar las mejoras y la pertinencia de replicar dichas mejoras en las fábricas artesanales de Ráquira que utilicen hornos artesanales de tiro invertido.
- Sobre los costos del uso y consumo de energía se evidencia una relación entre el uso y costo, siendo el carbón el que más se usa y el que más costo para la fábrica genera (\$23'040.000 de pesos), mientras que con la energía eléctrica se gasta \$1'207.251 pesos y en ACPM \$510.740 pesos. Lo que permite reforzar la idea de que al optimizar el proceso de cocción y usar menos carbón y menos tiempo de cocción la empresa tendrá beneficios económicos al disminuir costos en consumo de carbón.

9. Recomendaciones.

- La fábrica TODO RÁQUIRA S.A para optimizar el uso de la energía, debe tener en cuenta que es necesario implementar un sistema integral en los hornos de tiro invertido que evite la disminución de temperatura y pérdidas de calor significativas dentro de los hornos, usando el sellamiento de la entrada del horno y que el ingreso de carbón se haga por medio de un carbojet que es un sistema de inyección de combustible de carbón mezclado con aire para una combustión y temperatura controlada. Esto mejora la cocción y la uniformidad del proceso.
- Para evitar las pérdidas o disipación de calor acumulado al interior de los hornos provocados por combustión, es necesario utilizar un material aislante que aproveche el calor que contienen los humos de combustión además de que el personal de la empresa debe que hacer cursos de capacitación y actualización para que haya un mejor rendimiento en la empresa al optimizarse los procesos.
- Los resultados presentados para la línea base energética de los hornos muestran el coeficiente de correlación cuadrática (R^2), donde se observa que el consumo de energía y producción de cerámica de la fábrica tiene una alta correlación, esta información la empresa no la documenta de forma apropiada por tal razón se recomienda tener esta información de forma detallada y documentada para tener en cuenta la posterior implementación de mejoras tecnológicas y así poder realizar una comparación que permita identificar el verdadero impacto de optimizar los procesos.
- Se propuso el uso de los hornos a gas que reducen las emisiones contaminantes a la atmósfera por parte de la Corporación Autónoma Regional (CAR), pero los productores de artesanías de Ráquira en nombre de sus empresas, han expresado la inconformidad de realizar una reconversión. El hecho de pasar los hornos de carbón a gas genera costos que no pueden cubrir, ya que ni siquiera hay líneas industriales y comerciales de gas para que lleguen a todos los hornos. Además para ellos el gas no es eficiente para la producción, ya que se eleva a temperaturas muy altas y provocaría una ruptura de las piezas, lo que a su vez haría que se necesitara comprar nuevos hornos a gas y expresan no contar con presupuesto para ello.
- Mientras no haya posibilidades económicas para implementar sistemas más amigables con el medio ambiente como usar hornos a gas; es necesario realizar una intervención convencional mejorando la eficiencia de los hornos para disminuir las emisiones de contaminantes generadas por el uso del carbón en la cocción de las artesanías y una vez se pueda establecer la eficiencia energética es importante implementar de un Sistema de Gestión Energético (SGE).
- En la actualidad, en la fábrica TODO RÁQUIRA S.A no se ha implementado la norma ISO 50001, se recomienda que se realicen las mejoras mencionadas en los hornos, para poder realizar la comparación entre el estado inicial que se reporta en este trabajo con la línea base y un nuevo análisis que se lleve a cabo al implementar las mejoras lo que permitirá que se pueda iniciar una implementación de la norma mencionada y así se pueda realizar una caracterización energética que vincule éste trabajo con el proyecto de la CAR Cundinamarca.

10. Bibliografía

- Agencia de Noticias UN;. (2012). Ráquira, entre la tradición y el aire limpio. *Unimedios*.
- Álvarez.C. (2012). *Gestión y Eficiencia Energética en Grandes Consumidores de Energía*. Bogotá D.C.: Empresa de Servicios Energéticos y Normalización (ISO50001).
- Álvarez.F. (2014). *Cocción de cerámicas*. Recuperado el 28 de Marzo de 2018, de Universidad de ovideo: <http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion7.COCCION.pdf>
- Arango , J. A., Sierra, F. E., & Guerrero, C. A. (2012). *Construcción y optimización de un horno semicontinuo para el uso en alfarería de alta eficiencia y bajas emisiones*. Bogotá D.C.: VII congreso bolivariano de ingeniería mecánica.
- Balza, L., Espinoza, R., & Serebrisky, T. (2016). *¿Luces encendidas? Necesidades de Energía para América Latina y el Caribe al 2040*. Recuperado el 22 de 03 de 2018, de publications: https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/7361/Luces_Encendidas_Necesidades_Energeticas_de_LAC_al_2040.pdf?sequence=4
- Borroto , N. L., Monteagudo, Y., Armas, T., Montesinos, P., Delgado, C., Padron, A., & Gonzalez, P. (2005). *La gestión energética: una alternativa eficaz para mejorar la competitividad empresarial*. Medellín.
- Böttcher, C., & Müller, M. (2014). *Insights on the impact of energy management systems on carbon and corporate performance. An empirical analysis with data from German automotive suppliers*. Journal of Cleaner Production.
- Bruna , E., & Zafred, G. (2011). *Preparing your company for the future energy management systems requirements like ISO 50001*. Indianapolis: In AISTech 2011 Iron and Steel Technology Conference.
- Camara de comercio de Bogota. (marzo de 2017). *Proyecto "Nama Industria" para la eficiencia energética en Cundinamarca*. Recuperado el 2 de abril de 2018, de CCB: <https://www.ccb.org.co/Sala-de-prensa/Noticias-Boletin-Regional/Boletin-Regional-2017/Marzo-2017/Proyecto-Nama-Industria-para-la-eficiencia-energetica-en-Cundinamarca>
- Castellano, D. (2007). *Huellas de la gente del cerro: detalles etnográficos sobre estilo, ritos de paso y envidia en la formación de un contexto arqueológico*. Bogota: Universidad de los Andes, Departamento de Antropología.
- Castellanos , D. (2004). *Cultura material y organización espacial de la producción cerámica en Ráquira: un modelo etnoarqueológico*. Bogotá: Fundación de Investigaciones Arqueológicas Nacionales.
- Castiñeyra, & Et. al. (2014). *Análisis y descripción gráfica del funcionamiento de los hornos cerámicos*. Madrid : Escuela de arte Francisco Alcántara.
- Ceballos, V. (1985). *ESTUDIO SOBRE LOS HORNOS DE ALFARERÍA DE MUNICIPIO DE RAQUIRA* . Bogotá D.C: Museo de artes y tradiciones populares.
- Chiu, T., & Tsai, Y. (2012). *Establishing an Integration-Energy-Practice Model for Improving Energy Performance Indicators in ISO 50001 Energy Management Systems*. Energies.

- cinset. (2007). Mejoramiento y adaptación de las condiciones técnicas, ambientales y de eficiencia energética de la minicadena de producción de cerámica y alfarería del municipio de Ráquira. Bogotá D.C.: Colciencias.
- Creara. (2011). *Guía práctica para la implantación de sistemas de gestión energética*. España : Aenor.
- Facincani, E. (1993). *Tecnología cerámica de ladrillo*. San Vicente: Faenza Editrice Iberica S.L.
- Forero, C., Lopez, G., & Sierra, F. (2015). *Energy efficiency evaluation of an innovative vertical axial rotary kiln for pottery production*. Bogotá D.C: Colciencias.
- García, R. (2001). *Combustión y combustibles*. Bogota D.C.: Ingenieros S.L.
- Gomez , C. (2010). *Modelamiento y simulación de un horno túnel industrial*. Medellín : Universidad Nacional de Colombia.
- Gonzalez, L., Galán, E., & Fabbri, B. (cf). *Problemática de las emisiones de flúor, b cloro y azufre durante la cocción de materiales de la industria ladrillera*. Madrid: IV CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE.
- Gorp, V., & Van Gorp, J. (2004). *Maximizing energy savings with enterprise energy management systems*. Pulp and Paper Industry Technical Conference.
- Guerrero, E., & Tobón, A. (2013). *“Alfarería,” Herencia MIA Ricaurte Alto*. Recuperado el 11 de Abril de 2018, de Herencia mia : <http://www.herenciamia.org/ricaurte/items/show/260>.
- Hernandez, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico: Mc Graw Hill.
- IDEAM. (2016). *Informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia 2011-2015*. Bogota D.C: cf.
- Laire , M., & AChEE. (2013). *Guía de Implementación de Sistema de Gestión de la Energía basada en ISO 50001*. Chile: Priscilla Leufuman.
- Markandya, A., & Markandya, P. (2007). *Electricity generation and health. The Lancet, Volume 370*. cf: Issue 9591.
- Martinez, Taborda, & Agudelo . (2014). *Diagrama energético productivo*. Bogota: cf.
- Ministerio de Cultura. (2014). *Ráquira, de la olla a la casa*. Bogota: ISBN.
- Montes, A. F. (2017). *Propuesta para el mejoramiento continuo del sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo del área de ensamblaje de la empresa eximodular s.a.s .* Bogota D.C.
- Norma tecnica Colombiana . (2011). *NTC-ISO 50001*. Bogota: Icontec.
- Pérez, Z. P. (2011). *Los diseños de método mixto en la investigación en educación: Una experiencia concreta*. cf: Revista Electrónica Educare.
- Prias, O. f., Campos, J. C., Rojas, D., & Palencia, A. (2013). *IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA, GUÍA CON BASE EN LA NORMA ISO 50001*. Bogotá D.C: SGIE.

- Puvanasvaran, P. (2012). *Lean principles adoption in environmental management system (EMS): A survey on ISO 14001 certified companies in Malaysia*. Journal of Industrial Engineering and Management.
- Rodriguez , D. R., & Caicedo , O. (2014). *Herramientas Lean para apoyar la implementación de Sistemas de gestión de la energía basados en ISO 50001* . Bogotá D.C: Energetica .
- Romero. (2013). *Viabilidad técnica y operativa para implementar un sistema de gestión energética (SGE) en una refinería de Colombia basado en la metodología del estándar ISO50001*. Bogotá, Colombia.: Universidad Nacional de Colombia.
- Salcedo, M. (Dirección). (2009). *Ráquira: la tierra de la gente locera* [Película].
- Secretaria de Energia . (2013). *Estrategia Nacional de Energía: 2013 – 2017*. Mexico : cf.
- Sinning, M. (2010). *Relaciones ecológicas urbano-rural en el municipio de Raquira (Boyacá)*. Bogotá D.C : Pontificia Universidad Javeriana.
- Superintendencia de Industria y Comercio. (2010). *Informe de Artesanos ante la superintendencia de Industria y Comercio*. Bogotá D.C.
- UPME. (2010). *Análisis y revisión de los objetivos de la política energética colombiana de largo plazo y actualización de sus estrategias de desarrollo. Plan de energía nacional*. . Colombia : Unidad de planeación minero energético.