



**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA BLOQUERA PARA LA FABRICACIÓN
DE ADOQUINES DE CONCRETO CON MATERIALES RECICLADOS**

Autor (es): DAVID ALEJANDRO ANDRADE GÓMEZ

OSCAR EDUARDO QUIROZ LÓPEZ

UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO – UAN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELECTRÓNICA Y BIOMÉDICA

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROYECTO DE GRADO

TÍTULO

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA BLOQUERA PARA LA FABRICACIÓN DE
ADOQUINES DE CONCRETO CON MATERIALES RECICLADOS.**

Asesor.

CRISTHYAN MAYA

Pasto Nariño.

05 de junio de 2020.

RESUMEN.

La presente investigación tiene como finalidad abarcar los principales aspectos que adquieren injerencia a la hora de diseñar y construir herramientas necesarias para incrementar la productividad, eficiencia entre otros aspectos, de los diferentes sectores productivos, uno de ellos el sector de la construcción, y a su vez los materiales utilizados, el adoquín representa una oportunidad para realizar estructuras de calidad con una disminución de los costos de producción, es por ello que se deben de incrementar las políticas, estrategias, programas enfocados al desarrollo tecnológico, de innovación, logrando así resolver estas preguntas de interés general. ¿Cuáles son los criterios técnicos y electromecánicos que se deben tener en cuenta para el diseño y construcción de una maquina bloquera para la fabricación de adoquines con materiales reciclados? Teniendo como respuesta el paso a paso de la construcción de la maquina bloquera aplicando criterios electromecánicos y dando a conocer diferentes composiciones para el ensayo de la mezcla caucho-platico, cemento, grava y arena con una cantidad muy mínima de agua. con ello el diseño de los manuales tanto de operación como el de mantenimiento para tener en buen estado la parte funcional de la maquina bloquera.

Palabras clave. Construcción, Adoquín, Máquina, residuos, medio ambiente, Diseño.

Abstract.

The present research aims to cover the main aspects that acquire interference when designing and building tools necessary to increase productivity, efficiency, among other aspects, of the different productive sectors, one of them the construction sector, and in turn the materials used, the cobblestone represents an opportunity to build quality structures with a reduction in production costs, that is why policies must be increased, strategies, programmes focused on technological development and innovation, thus solving these questions of general interest. What are the technical and electromechanical criteria to be taken into account for the design and construction of a block machine for the manufacture of pavers with recycled materials? Having as answer the step by step of the construction of the blocking machine applying electromechanical criteria and making known different compositions for the test of the mixture rubber-platico, cement, gravel and sand with a very minimal amount of water. With this the design of the operating and maintenance manuals to have in good condition the functional part of the locking machine.

Keywords. Construction, Pavement, Machine, waste, environment, Design.

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	8
2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
3	JUSTIFICACIÓN	11
4	OBJETIVOS.....	13
4.1	Objetivo General.....	13
4.2	Objetivos Específicos.....	13
5	MARCO DE REFERENCIA.....	13
5.1	Estado del Arte.....	13
5.2	Marco Teórico	19
5.3	Marco Conceptual.....	27
6	METODOLOGÍA	33
6.1	Primera Etapa. Diseño de la máquina.....	33
6.1.1	Recolección de información necesaria para el diseño.....	33
6.1.2	Análisis de la problemática y necesidades.....	33
6.1.3	Definición de aspectos más importantes para ofrecer la solución.....	34
6.1.4	Generación y agrupación de ideas.....	34
6.1.5	Diseño de la máquina.....	34
6.2	Segunda Etapa. Construcción de la máquina bloquera de adoquín.....	35
6.3	Tercera Etapa. Elaboración de manuales de operación y mantenimiento.....	36
7	RESULTADOS.....	36
7.1	Diseño de la máquina bloquera de concreto para la fabricación de adoquines	36
7.2	Construcción de la máquina bloquera	40
7.2.1	Características generales de la máquina bloquera	40
7.2.2	Diseño mecánico	41
7.2.3	Corte y construcción de moldes.....	42
7.2.4	Estructura de la máquina bloquera.....	42
7.2.5	Alineación de guías para moldes y planchas.....	47
7.2.6	Sistema de desplazamiento – Sistema de recorrido.....	51
7.2.7	Mesa vibratoria	52
7.2.8	Sistema de engrane de la plancha	52

7.2.9	Sistema de palancas para el desmolde	52
7.2.10	Sistema de tolva sistema de llenado.....	55
7.2.11	Bases para asentamiento del producto	55
7.2.12	Diseño eléctrico.....	56
7.2.13	Diseño electrónico	57
8	HERRAMIENTAS UTILIZADAS.....	58
9	MANUAL DE INSTALACIÓN	59
10	MANUAL DE OPERACIONES Y PUESTA EN MARCHA DE LA MÁQUINA BLOQUERA.....	59
10.1	Objetivo del Manual.....	60
11	MANUAL DE MANTENIMIENTO	63
11.1	Políticas o Normas de Operación.....	67
12	Prueba de la máquina	68
12.1	Preparación de mezclas	69
12.2	Configuración de las pruebas de la mezcla para ser procesada en la máquina	70
12.3	Análisis costo – beneficio.....	71
	la diferencia en el costo del adoquín producido con material reciclado y el que se produce convencionalmente es de \$ 1.000 lo cual si es rentable tanto para el comprador como para el productor.	71
13	PRESUPUESTO.....	71
13.1	Materiales, mano de obra y transporte.....	71
14	CONCLUSIONES.....	73
15	BIBLIOGRAFIA.....	76

LISTADO DE TABLAS.

Tabla 1	Documentos normativos NTC 2017	25
Tabla 2	Denominación adoquines según geometría	27
Tabla 3	Listado de actividades de mantenimiento preventivo programado.....	66
Tabla 4	Listado de actividades de limpieza.....	67
Tabla 5	Pruebas realizadas máquina bloquera	70
Tabla 6	Presupuesto de Inversión.....	71

LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Adoquín elaborado en concreto	Ilustración 2 Adoquín elaborado en plástico	
Fuente: (Olaya, 2019); (RAKAN. I+D+i Ingenieros , 2011).....		20
Ilustración 3 Tipos de máquina bloquera Fuente: Ital Mexicana S.A. Tomado de (Urbina & Zamudio, 2005). (p.14).		22
Ilustración 4 Material Plástico llenado de moldes.		23
Ilustración 5 Moldes para llenado.....		23
Ilustración 6 Máquina para fabricación de adoquines.....		24
Ilustración 7 Vista perspectiva semitransparente máquina bloquera.....		38
Ilustración 8 Vista superior máquina bloquera.....		38
Ilustración 9 Vista lateral Máquina Bloquera.....		39
Ilustración 10 Diseño Guía máquina bloquera semiautomática.....		40
Ilustración 11 Criterios para la construcción de máquina bloquera.....		41
Ilustración 12 Secuencia de procesos para la construcción de máquina bloquera		41
Ilustración 13 Proceso de corte y construcción de moldes		42
Ilustración 14 Cortes de tramos de tubo estructural.....		43
Ilustración 15 Uso de la pulidora con disco de amolar		44
Ilustración 16 Utilización de soldadura MIG para unión de perfiles.....		44
Ilustración 17 Utilización cangrejos o pinzas		45
Ilustración 18 Proceso de armado de estructura principal de la máquina		46
Ilustración 19 Estructura principal de la máquina		47
Ilustración 20 Preparación de eje		47
Ilustración 21 Proceso de corte de ejes de guías.....		48
Ilustración 22 Proceso de pulido de los ejes.....		48
Ilustración 23 Alineación de ejes		49
Ilustración 24 Proceso de perforación y maquinado de ejes guías		49
Ilustración 25 Proceso de roscado y realización de pruebas		50
Ilustración 26 Proceso de maquinado de bujes		50
Ilustración 27 Montaje de ejes		51
Ilustración 28 Montaje de guías de desplazamiento		51
Ilustración 29 Preparación de la plancha.....		52
Ilustración 30 Preparación instalación sistema de desmolde.....		53
Ilustración 31 Armado sistema de guías para desmoldeo		53
Ilustración 32 Guías armadas para montaje en estructura principal.....		54
Ilustración 33 Montaje de guía a la estructura principal		54
Ilustración 34 Tolva de llenado		55
Ilustración 35 Base para asentamiento		56
Ilustración 36 protección termomagnética y conductor eléctrico		57
Ilustración 37 Pedal con potenciómetro y bobina		58
Ilustración 38 Secado de arena.....		69
Ilustración 39 Mezcla con caucho y plástico.....		70



1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad se han venido desarrollando una serie de acciones, técnicas, elementos que propendan por mejorar el sector de la construcción, es decir la aplicación de nuevas tecnologías, herramientas de nueva generación que conllevan a obtener mejores resultados en los procesos constructivos, uno de los factores que más influencia tiene en este sentido es los materiales utilizados y cómo estos son aprovechados, en ese sentido durante los últimos años la utilización de adoquines de concreto se ha incrementado considerablemente en gran medida por su fácil maniobrabilidad, la disminución de costos, de tiempos, entre otros factores.

En el Departamento de Nariño se viene adelantando la ejecución de grandes proyectos de infraestructura que tienen como principal elemento la utilización de este material, uno de ellos se lleva a cabo en el Municipio de La Cruz, donde en el centro del área urbana se procede con la instalación de más de 1,200 metros cuadrados de adoquín para tráfico peatonal y vehicular, en el marco del proyecto *Construcción de Obras de Urbanismo*, con base a lo anterior podemos evidenciar la importancia en la utilización de este material. Más sin embargo, es menester mencionar que su fabricación representa un gran reto, principalmente por las diferentes características que debe contener el producto final dependiendo de la forma, tamaño, tipo de tráfico entre otros aspectos, las dificultades son constantes teniendo en cuenta que en el territorio no se cuenta con una máquina diseñada que permita el cumplimiento de los factores antes mencionados, es por ello que el presente documento pretende ser un instrumento para el diseño construcción de una máquina

bloquera para la fabricación de adoquines en concreto y material reciclable, teniendo en cuenta los criterios electromecánicos de acuerdo a las exigencias del mercado y avanzar en la implementación de procesos constructivos amigables con el medio ambiente.

Lo anterior surge como medida de respuesta a la problemática asociada por la carencia de una máquina que abarque las principales características de calidad en la fabricación de adoquines, afectando directamente la estabilidad de las obras adelantadas en el territorio, de igual manera es necesario contemplar la aplicación de otras técnicas, herramientas y equipos para el aprovechamiento de los residuos plásticos generados en el proceso de elaboración de adoquines y disminuyendo considerablemente los costos tanto del producto como de la construcción de la máquina que los fabrica. Utilizando métodos de investigación, recolección de información para ser aplicados en conjunto con teorías ya dadas y metodologías que se pueden relacionar con estas como es Design Thinking, la cual es una metodología de diseño aplicada para la construcción de máquinas las cuales requieran un diseño previo. Finalmente se diseñan los manuales de operación y mantenimiento para darle el uso correcto a la máquina que producirá adoquines de concreto con materiales reciclados.

2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente los procesos productivos de los diferentes materiales de construcción se realizan con tecnología obsoleta, o que ha cumplido su ciclo, es por ello que en muchas ocasiones estos procesos resultan demasiado costosos, conllevando a un incremento considerable en los costos directos en las diferentes obras públicas y privadas, es por ello que durante los últimos años desde las diferentes instituciones de educación superior se ha

iniciado un proceso de investigación con el fin de desarrollar equipos, técnicas, procedimientos y procesos que disminuyan estos costos y a la vez contribuir con la protección del medio ambiente, dentro de este sector productivo, sin duda la producción de adoquines a través de las máquinas bloqueras tradicionales representa un cuello de botella para la expansión en la utilización de este material, principalmente por las características finales del producto. es por ello que la presente investigación tiene como fin, el diseño y construcción de una máquina bloquera capaz de atender las exigencias del mercado.

Ahora bien, según lo expuesto por Urbina & Zamudio, 2005 en los procesos de fabricación de bloques de concreto es necesario la utilización de máquinas vibro-compresoras completamente automatizadas, cuyos costos de adquisición son muy elevados, esto sin duda dificulta el acceso por parte de las pequeñas empresas, las cuales deben optar por la utilización de herramientas manuales, que en muchos de los casos no permiten garantizar el cumplimiento de los parámetros de calidad. es ahí donde la academia y a su vez la ingeniería electromecánica debe avanzar en el diseño y construcción de una máquina de bajo costo, capaz de elaborar un producto de calidad y a menor costo.

De la misma manera, estos procesos productivos deben de estar enfocados a ser amigables con el medio ambiente, y de acuerdo con Castillo, Salazar, Regalado, Camacho, & Zapata, 2015 el cual manifiesta que la relación entre el hombre y el entorno ambiental debe conllevar a realizar un producto diferente y ecológico, a través de la incorporación de residuos en el sector de la construcción, aquí el plástico representa un elemento clave como materia prima por sus propiedades de ser fácilmente moldeable y su rigidez cuando está seco. Por lo tanto, la reutilización del plástico se constituye en una alternativa que favorece

al medio ambiente; así mismo ofrece la oportunidad de disponer de materiales de construcción no convencionales que en un momento dado pueden contribuir a la disminución de costos.

Teniendo en cuenta lo anterior se formula la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuáles son los criterios técnicos que se deben tener en cuenta para el diseño y construcción de una bloquera para la fabricación de adoquines con materiales reciclados?

3 JUSTIFICACIÓN

la presente investigación se realiza con el fin de generar herramientas necesarias para fortalecer el proceso productivo del adoquín a través del diseño y construcción de una máquina capaz de cumplir con gran parte de las especificaciones técnicas y de calidad en cuanto a los materiales de construcción utilizados, teniendo como base la disminución de los costos de fabricación, la accesibilidad a pequeñas y medianas empresas, así mismo, lograr la identificación de las principales variables que influyen en la etapa de fabricación, a través de una relación teórica-práctica, mediante la integración del saber de la academia, la ciencia, la tecnología, la innovación, logrando así el establecimiento de una herramienta que permita la optimización del proceso productivo, en cada una de sus etapas.

En ese sentido y para generar una herramienta de calidad, es necesario contemplar los aspectos electromecánicos que tienen relación directa con el diseño y funcionamiento, se debe propender por la consolidación de un equipo que sea eficiente, útil, que no represente ningún tipo de riesgo para el operario, ni para sí mismo, sin duda uno de los aspectos que se deben tener en cuenta a la hora del diseño, está relacionado con la implementación de un

proceso constructivo amigable con el medio ambiente y la operatividad al incorporar materiales no convencionales (residuos plásticos), ahí radica la relevancia social y ambiental que se pueda adicionar.

La metodología utilizada para el diseño y construcción de la máquina en mención, la identificación de las variables que son involucradas en la etapa de fabricación, su conocimiento y a su vez como es el relacionamiento, representa un punto de partida para que la academia, el sector productivo, establezcan estrategias que jalonan procesos de articulación interinstitucional en concordancia con las necesidades y demandas de los productores, de las pequeñas y medianas empresas en el territorio, permitiendo identificar iniciativas para que la institucionalidad pueda incorporar planes de acción para la transformación de los procesos productivos con una oferta pertinente, basada en avances tecnológicos y de innovación que se traducen en un avance de la productividad del sector construcción, logrando satisfacer las necesidades y permitiendo establecer dinámicas de reconocimiento, conocimientos, colaboración, cooperación y asociación para buscar alternativas para ser más competitivos.

Ahora bien, es menester mencionar la importancia que tiene consolidar un diseño adecuado que permita la obtención de un producto estable, duradero y de calidad al menor costo posible. teniendo en cuenta la cantidad de actores que se ven involucrados dentro de este sector tan importante para la economía Local, Regional, Departamental y Nacional.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Diseñar y construir una bloquera para la fabricación de adoquines con materiales reciclados en San Juan de Pasto.

4.2 Objetivos Específicos

Elaborar un diseño de una máquina bloquera para la fabricación de adoquines en concreto teniendo en cuenta los criterios electromecánicos aplicados en el diseño y funcionamiento de diferentes bloqueras.

Construir una máquina bloquera aplicando los criterios electromecánicos requeridos con el correspondiente manual de instalación.

Diseñar un manual de operación y mantenimiento de la máquina bloquera.

5 MARCO DE REFERENCIA

5.1 Estado del Arte

A lo largo de la historia se ha priorizado la utilización de diferentes materiales para llevar a cabo la construcción de vías, puentes, senderos, entre otros, estos deben de cumplir con muchas características que en gran medida están relacionadas con el terreno donde se construirá, el tipo de estructura, e incluso la cantidad de flujo que deben de soportar, uno de estos materiales, que gracias a su versatilidad ha tomado gran fuerza durante los últimos años, son los Adoquines, de acuerdo con Pabón, (2011), su nombre deriva del árabe ad-dukkan que significa “piedra escuadrada” son piedras o bloques labrados y de forma

rectangular que se utilizan en la construcción de pavimentos. De acuerdo con el trabajo realizado por Olaya, 2019 se tienen registro de los primeros adoquines hace ya casi 2500 años; retomando un poco de su historia, estos elementos fueron piezas claves para facilitar el acceso de los vehículos de tracción animal que se utilizaban para transportar las mercancías; más sin embargo, no tenían una forma definida, en muchas ocasiones presentaban grandes variaciones en forma, tamaño, que influía en la sensación al transitar por estos, dado a esto en años posteriores se optó por agregar una forma cuadrada al proceso de la piedra. (Olaya, 2019)

De la misma manera y en concordancia con lo expuesto por Arango, 2006 en su trabajo el cual busca identificar un método adecuado para evaluar la resistencia y el desgaste que sufren los pisos de acuerdo al tráfico que deben de soportar, permite abordar las propiedades físico - mecánicas y sus correlaciones en el cual se ve articulada la academia y la empresa privada a través de un convenio entre el grupo de investigación en Materiales y Tecnologías de la Construcción -MYTEC del Instituto Tecnológico Metropolitano, el Instituto de Productores de Cemento (ICPC) y la empresa productora de prefabricados INDURAL S.A.; en este documento se encuentran plasmadas las propiedades físico-mecánicas, que más influyen en la calidad final del producto, en base al trabajo realizado propone una serie de recomendaciones que deben ser tenidas en cuentas para su inclusión en la normatividad vigente (NTC 2017 Adoquines de concreto para pavimentos del ICONTEC) para estos materiales, con el fin obtener un producto de calidad y estable a lo largo de su vida útil.

Por su parte, Arango, 2006 afirma que las principales variables que deben ser tenidas en cuenta por las características, por su correlación con la calidad y durabilidad del producto final son absorción (Aa), módulo de rotura por tracción indirecta (Ti), resistencia a la abrasión por medio de longitud de huella (lh)”, adicional a estas variables existen otras que cumplen un papel indirecto y por lo tanto no deben ser catalogadas como no normativas, como es el caso de la densidad, ya que esta se encuentra directamente ligada a factores externos y de variabilidad constante. Es por ello que, dentro de la presente investigación, estas propiedades deben ser tenidas en cuenta, pues los cambios que sufran las variables antes mencionadas tendrán un papel determinante en la calidad, duración, estabilidad y demás propiedades del adoquín que se vaya a producir.

Es por ello, y como se mencionó anteriormente la utilización del adoquín se ha incrementado considerablemente debido a sus características físicas el adoquín es un material muy atractivo tanto en precio como en calidad y eso lo corrobora Pabón, 2011, el cual realizó un estudio de factibilidad para la creación de una empresa productora y comercializadora de adoquines, ubicada en el Cantón Ibarra provincia de Imbabura en Quito, Ecuador. de ahí a que se hayan posicionado en el Ecuador, como el material predilecto y altamente utilizado en la construcción y mejoramiento de la capa de rodamiento de las calles de la urbe. Pabón, 2011, basa su posición en cuanto a la factibilidad económica, financiera, técnica en que la puesta en marcha de estas iniciativas es rentable y que no presentan grandes dificultades u obstáculos para su realización en materia técnica.

Por otra parte, es menester mencionar que si bien su utilización se ha incrementado en gran medida aún persisten grandes dificultades en los procesos de fabricación, es por ello que en el trabajo adelantado por López, C. & Otros , 2010 se observa la aplicación del estudio de métodos para optimizar el proceso de fabricación de bloques en la máquina A-2 de la bloquera El Rosario, trabajo que ha venido siendo coordinado por la Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José De Sucre ubicada en Puerto Ordaz en el vecino país de Venezuela, la cual busca consolidarse en un referente a través de estrategias de innovación y desarrollo de tecnologías encaminadas a la atención del sector de la construcción. su énfasis radica en desarrollar procesos, que permitan disminuir el impacto, los riesgos a operarios, y a su vez incrementar la productividad de todos los procesos de fabricación. De igual manera, es menester mencionar un gran aporte realizado por López, C. & Otros ,2010 a la investigación, y es la metodología empleada para la evaluación del funcionamiento y rendimiento de la maquinaria mediante la observación de los movimientos repetidos que hace la misma, facilitando así poder identificar las posibles fallas que dificultan alcanzar los objetivos propuestos al inicio de un proyecto de elaboración de adoquines en concreto y la incorporación del material reciclable en su fabricación.

De igual manera, se debe de reconocer que día tras día es necesario desarrollar nuevas técnicas para mejorar los procesos productivos y que a su vez estos sean amigables con el medio ambiente, una alternativa prometedora es la inclusión de plástico reciclado para la fabricación de adoquín destinado a la construcción, de senderos, vías de bajo tránsito, de acuerdo a lo expresado por Castillo, Salazar, Regalado, Camacho, & Zapata, 2015. técnica

utilizada en la provincia de Piura en Perú. Así mismo, se puede evidenciar que los adoquines producidos con la incorporación de material plástico cumplen con la normatividad peruana exigida para estas estructuras, los factores a destacar y de mayor puntaje durante la evaluación realizada son, la resistencia y absorción, teniendo que son apropiados para su uso en la construcción de vías públicas. Por su parte Castillo, Salazar, Regalado, Camacho, & Zapata, 2015, manifiesta que el proceso de elaboración es similar al tradicional, su diferencia radica en que el plástico triturado debe de ser añadido antes de ingresar a la máquina compactadora, un aspecto a tener en cuenta es que el producto final posee una densidad menor y por lo tanto su resistencia se ve reducida un poco, más sin embargo no compromete la estabilidad del mismo.

Ahora bien, tal como se puede evidenciar anteriormente la propuesta de la presente investigación ha sido desarrollada en cierta medida por otros autores que reconocen la necesidad de avanzar en la incorporación de productos que permitan disminuir el impacto ambiental que generan los diferentes procesos de fabricación de materiales necesarios para el sector de la construcción, en ese sentido y en concordancia con Castillo, Salazar, Regalado, Camacho, & Zapata, 2015, quien brinda gran importancia a la utilización de componentes plásticos como materia prima en este proceso, obteniendo así un adoquín ecológico, el cual genera doble beneficio, pues a la vez que se utiliza en el sector de la construcción también favorece al medio ambiente por ser una alternativa de reutilización de los residuos plásticos y contaminantes para el medio ambiente.

Se debe mencionar, que no solo se puede utilizar estos residuos para la elaboración de adoquines sino en diferentes estructuras, la utilización de hormigones reciclados a cambio

del árido grueso (material granulado pétreo) en las diferentes construcciones adelantadas en la Universidad de Santiago de Chile, propuesta que surge bajo la escasez de áridos naturales en cercanías a las grandes zonas urbanas; además, buscaba reducir la mano de obra, el tiempo de producción y mejorar la calidad del producto respecto al que se obtiene manualmente. De la misma manera se debe de reconocer, que de acuerdo a las pruebas realizadas si bien se observaron alteraciones en todas las propiedades físicas de los áridos reciclados, así como en las propiedades resistentes y elásticas de los hormigones preparados con estos; no constituyen un inconveniente para su utilización. (Aguilar, C. & Otros, 2005). Lo anterior permite identificar claramente la posibilidad de incluir materiales alternos en estos procesos, más sin embargo requieren ser estudiados con detenimiento para identificar mejoras que se pueden hacer para alcanzar un nivel óptimo de funcionalidad. Por otra. Molinari, 2006 expone la necesidad de avanzar en la construcción de políticas o ajustes a la normatividad y estándares existentes para la reglamentación de la utilización de estos materiales en los procesos de elaboración de este tipo de productos teniendo en cuenta que cada día su utilización se incrementa, en el sector de la construcción.

Ahora bien, un factor determinante en el proceso de elaboración de adoquines es la etapa de compactación en las máquinas bloqueras, Urbina & Zamudio, 2005, llevaron a cabo una investigación en la cual se buscaba diseñar y construir un prototipo de máquina semi-automática constructora de bloques de concreto, que permitiera obtener productos con una mínima diferencia de las variables que afectan la calidad final, en esa tarea las principales acciones realizadas corresponden a realizar un análisis del diseño en simulación para su construcción; creación de piezas en un taller metalmecánico y adquisición de piezas o

dispositivos ya existentes en el mercado; construyeron tarjetas y circuitos electrónicos; además realizaron la implementación y pruebas de los algoritmos de automatización, todo lo anterior con el fin de obtener una herramienta capaz de competir en eficiencia, productividad, y especificaciones con las ya existentes. Para esta investigación representa un aporte importante, ya que orienta el paso a paso y los detalles que deben tenerse en cuenta para el diseño y la construcción de una máquina bloquera de concreto; con lo anterior se puede dar cumplimiento al objetivo específico planteado que tiene como fin construir una bloquera para la fabricación de adoquines con materiales reciclados.

5.2 Marco Teórico

Como fundamentación teórica de esta investigación se consulta lo relacionado con los adoquines, el tipo de máquinas existentes y la Norma Técnica Colombiana NTC 2017 vigente para el caso de Colombia, al respecto se encontró lo siguiente:

El adoquín está fabricado con arena, cemento, colorantes y una pequeña cantidad de agua; esta mezcla se somete a presión para evitar que queden burbujas al interior del adoquín; de esta manera se obtiene un material más compacto y se deja para que se seque en forma natural; sin embargo en aquellos ambientes fríos se utilizan hornos para el proceso de secado por espacio de 24 horas a una temperatura de 38° y se retira al otro día para terminar con el secado en forma natural a temperatura ambiente. (Olaya, 2019). En la ilustración 1 y 2 se puede apreciar la apariencia de los adoquines:



Ilustración 1 Adoquín elaborado en concreto

Fuente: (Olaya, 2019); (RAKAN. I+D+i Ingenieros, 2011).

Ilustración 2 Adoquín elaborado en plástico

De acuerdo con lo expresado por Olaya, 2019 el adoquín representa una oportunidad para llevar a cabo la construcción de diferentes estructuras, en menor tiempo, a menores costos, con una disminución en la mano de obra requerida para tal fin, así mismo expone que de acuerdo a la ficha técnica del mismo, el rendimiento promedio oscila entre 50 unidades por metro cuadrado de superficie plana. alguna de las estructuras en las que pueden ser utilizados son vías en las cuales transitan vehículos livianos y pesados, caminos de acceso para fincas campestres, parqueaderos entre otros.

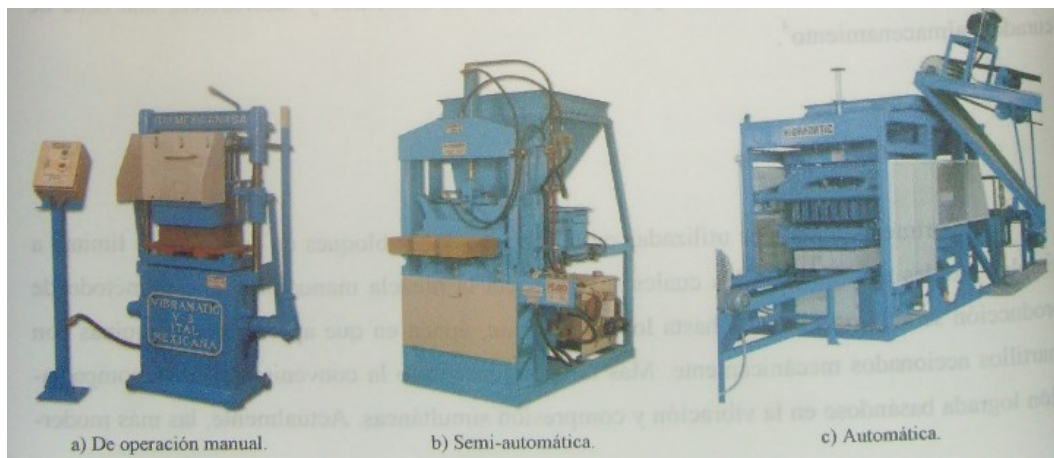
De la misma manera Olaya, 2019, expone las principales ventajas y desventajas. Entre las ventajas se tiene que es un material prefabricado, puede pasar de la planta a la obra, se facilita el control de la aplicación de los requisitos exigidos por la normatividad; no se requiere maquinaria especializada para su instalación, puede ser elaborado por mano de obra artesanal que favorece los costos, posibilita el trabajo de diferentes equipos de personas en la misma superficie que conlleva a disminuir el tiempo, por ser un material prefabricado el proceso de secado es sencillo, es fácil de transportar y apilar, se facilita para aplicar diferentes colores y formas geométricas, permite la reutilización, la

desinstalación e instalación en los casos que se requieran mejorar tuberías internas y la durabilidad es de treinta años según las fichas técnica de diferentes empresas.

Así mismo, dentro de las desventajas encontramos, para la instalación de los adoquines se necesita una superficie debidamente tratada para evitar que el adoquín se entierre, se puede incrementar los costos de construcción, no soporta un goteo permanente y constante de agua, trae consigo la formación de huecos, el rose del adoquín con las ruedas de los vehículos producen ruido y movimientos que pueden ocasionar molestias, Olaya, 2019. Al respecto, en un estudio que adelantó Arango, 2006, permite asumir que la carga de acabados con adoquines aporta una densidad de 2.200 kg/m³, que incluye los efectos de saturación de agua en el pavimento que aporta un incremento de carga de aproximadamente 7% de la masa seca del pavimento de adoquines. Con base en lo anterior se puede inferir que la utilización de adoquín trae mayores ventajas que desventajas, hecho que favorece la presente investigación.

Ahora bien, como se mencionó anteriormente una etapa crítica en el proceso de fabricación se presenta en la utilización de las máquinas bloqueras, según Urbina & Zamudio, 2005, las primeras máquinas utilizadas en la fabricación de bloques de concreto, se limitan a moldes metálicos en los cuales se compacta la mezcla manualmente; éste método de producción se siguió utilizando hasta los años veinte, época en que aparecieron máquinas con martillos accionados mecánicamente. Más tarde se descubrió la conveniencia de la compactación lograda basándose en la vibración y compresión simultáneas. (Tomado de Tabicosima S.A. de C.V. en (Urbina & Zamudio, 2005).

Urbina & Zamudio, 2005 afirman que en general, existen tres tipos de máquinas bloqueras que se pueden encontrar en el mercado nacional, la mayoría se trata de máquinas que se operan manualmente mediante el uso de palancas y en las cuales el motor se pone en operación con un botón de encendido y uno de apagado, como las que se indican a continuación:



*Ilustración 3 Tipos de máquina bloquera
Fuente: Ital Mexicana S.A. Tomado de (Urbina & Zamudio, 2005). (p.14).*

De la misma manera, hace referencia a otro tipo de bloqueras que son las semiautomáticas en las cuales se sustituyen las palancas por un sistema neumático o hidráulico, lo cual está relacionado con el el modelo y marca, este tipo de maquinaria es controlada por medio de accionadores del tipo on/off. Así mismo están las máquinas automáticas controladas en su totalidad por dispositivos programables. Urbina & Zamudio, 2005

Así mismo, es menester mencionar la experiencia que ha tenido el Grupo Rakan I + D + I Ingenieros, los cuales diseñaron una máquina exclusivamente para el proceso de

fabricación de eco-adoquines, la cual corresponde a la fabricación de estos materiales netamente con residuos plásticos, los cuales son triturados tomando la forma de granulado para luego ser ingresados directamente al extrusor que es una cámara de calentamiento y posteriormente llenados a unos moldes de acero que le dan diversas formas geométricas. En la ilustración que se expone a continuación se puede evidenciar el proceso en mención.



Ilustración 4 Material Plástico llenado de moldes.



Ilustración 5 Moldes para llenado.



Ilustración 6 Máquina para fabricación de adoquines

Fuente: (RAKAN. I+D+i Ingenieros, 2011).

Para la presente investigación, es de gran importancia los elementos identificados de acuerdo a la experiencia expuesta por RAKAN. I+D+i Ingenieros, 2011, ya que permite realizar un análisis de las ventajas y desventajas del proceso, frente a otras alternativas y métodos de construcción.

Ahora bien, actualmente en Colombia no se tienen claramente establecidos los lineamientos para la utilización de materiales alternos en los procesos de elaboración de adoquines, más sin embargo el referente es la Norma Técnica Colombiana NTC 2017, editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) la cual se encuentra en una tercera actualización que fue editada el 30 de mayo del 2018 y se refiere a la fabricación de adoquines de concreto para pavimentos. en ella se encuentran establecidos los requisitos para adoquines de concreto y sus piezas complementarias, aptos para construir pavimentos de adoquines de concreto para: tráfico peatonal, tráfico vehicular

sobre llanta neumática incluyendo patios de puertos y de terminales de carga, aeropuertos, terminales de transporte, estaciones de servicio, bodegas, entre otros, y cargas estáticas distribuidas de almacenamiento a granel. (ICONTEC, Tercera actualización 2018).

Como se mencionó anteriormente existe un conjunto de variables que son de gran interés para determinar la calidad de los adoquines destinados al sector de la construcción, es por ello que dentro del contenido de la Norma NTC 2017 se contemplan los requisitos físicos de los adoquines en relación con: apariencia, absorción de agua, resistencia a la flexotracción – módulo de rotura, resistencia a la abrasión y geométricas, cada uno de ellos juega un papel fundamental en el producto final. (ICONTEC, Tercera actualización 2018). Adicional a los requisitos ya establecidos en la Norma Técnica Colombiana NTC 2017, es necesario complementarlo con los documentos normativos que se relacionan a continuación y a su vez son indispensables para la aplicación de la misma.

Tabla 1 Documentos normativos NTC 2017

Documento	Descripción
normativo	
NTC 121	Especificación de desempeño para cemento hidráulico
NTC 174	Concretos. Especificaciones de los agregados para concreto
NTC 1299	Concretos. Aditivos químicos para concreto
NTC 1362	Cemento hidráulico blanco
NTC 3459	Concretos. Agua para la elaboración de concreto
NTC 3493	Ingeniería civil y arquitectura. Cenizas volantes y puzolanas naturales,

	calcinadas o crudas, utilizadas para el concreto
NTC 3502	Ingeniería civil y arquitectura. Aditivos incorporadores de aire para concreto
NTC 3760	Ingeniería civil y arquitectura. Concreto coloreado integralmente. Especificaciones para pigmentos
NTC 4018	Ingeniería civil y arquitectura. Escoria de alto horno, granulada y molida para uso en concretos y morteros.
NTC 4024	Prefabricados de concreto. Muestreo y ensayo de prefabricados de concreto no reforzados, vibrocompactados
NTC 4924	Prefabricados de concreto. Agregados livianos para unidades de mampostería de concreto
NTC 5147	Método de ensayo para determinar la resistencia a la abrasión de materiales para pisos y pavimentos, mediante arena y disco metálico ancho
NTC 6008	Terminología y clasificación para adoquines y losetas de concreto
NTC-ISO 80000	Cantidades y unidades

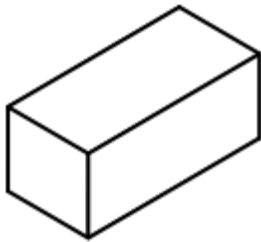
1

Según la Norma NTC-2017 existe una diversidad de adoquines que se acogen a la terminología y clasificación para adoquines y losetas de concreto de la NTC 6008 (véase tabla 2).

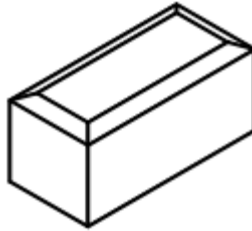
Tabla 2 Denominación adoquines según geometría

Adoquín no biselado,

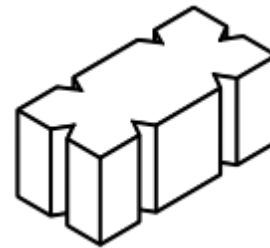
prismático. Es el adoquín sin bisel (perfil inclinado) ni otra modificación en las aristas de la cara de desgaste



Adoquín biselado



Adoquín drenante no biselado



Fuente: Norma Técnica Colombiana NTC 2017, Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC): Adoquines de concreto para pavimentos.

5.3 Marco Conceptual

En esta sección se identifican los siguientes conceptos relacionados con herramientas y materiales, así:

Un motor. Es la parte sistemática de una máquina capaz de hacer funcionar el sistema, transformando algún tipo de energía (eléctrica, de combustibles fósiles, etc.), en energía mecánica capaz de realizar un trabajo. En los automóviles este efecto es una fuerza que produce el movimiento.

Tornillo de banco. Se utiliza para sujetar en él las piezas. ... Para ajustar la pieza que se va a cortar se debe girar el tornillo y a continuación se podrá cortar la pieza sin que se mueva para obtener un corte recto y liso.

Pulidora. Es una herramienta eléctrica cuya versatilidad es importante para pulir salientes o bordes, así como soltar remaches, redondear ángulos, cortar metales, etc. Por ello, la industria las requiere de manera permanente para varios procesos en los que involucre bruñido, afilado o bordeado de superficies.

Cortadora. Es un Equipo de trabajo portátil que se utiliza para cortar determinados materiales mediante el movimiento rotatorio de un disco abrasivo. Diferenciamos tres tipos: Fresadora de hormigón: para realizar cortes en el hormigón. Tronzadora: para cortar barras de metal.

Taladro. Herramienta que sirve para hacer agujeros en materiales duros mediante una broca; la broca se hace girar (por procedimientos mecánicos o eléctricos) y horada la superficie. Las brocas HSS están especialmente fabricadas para perforar metales. Para cada tipo de metal existe un tipo de broca idóneo.

Esmeril de banco. Materia pulverulenta constituida principalmente por corindón con cuarzo o mica, magnetita y oligisto y resultante de la descomposición de rocas eruptivas, que por su dureza (9 en la escala de Mohs) se usa para pulimentar metales y piedras preciosas.

Dobladora. Es una herramienta ideal para hacer pliegues a las láminas de acero. La dobladora está construida en sólida placa de acero resistente al trabajo pesado, el cuerpo superior se puede ajustar para diferentes tipos de doblado y calibres de lámina.

Tronzadora. Es una herramienta eléctrica que sirve para cortar materiales metálicos principalmente. Corta por abrasión mediante disco, y nos permite realizar cortes rectos y en ángulo sobre perfiles, tubos, varillas, etc.

Disco de corte. Es una herramienta cortante. Son muy frágiles en realidad. ... Los discos de corte de dos materiales permiten más dureza y resistencia a las temperaturas altas y a la velocidad.

Disco de desbaste. Son herramientas abrasivas que se utilizan para aplanar un cordón de soldadura. Otra forma de disco de desbaste que existe es el tipo “flaps”, cuyas múltiples telas abrasivas se posicionan en forma radial para lograr acabados más suaves.

Disco diamantado. Es una herramienta que consiste en segmentos diamantados para cortar una gran variedad de materiales. Los diamantes en el disco pueden cortar ambos materiales, pero el polvo metálico en los segmentos está fabricado con un nivel del desgaste especial de acuerdo con el material que debes cortar.

Soldadora. Es una Herramienta que sirve para unir dos elementos en forma sólida. Máquina de soldar. La máquina de soldar es uno de los dispositivos o herramientas más utilizadas por el ser humano. Estas máquinas no son de compleja manipulación, pero sí debe tenerse cuidado al utilizarlas.

Hilo MIG/MAG. La soldadura con hilo continuo es un proceso en el que el calor necesario para la ejecución de la soldadura es suministrado por un arco eléctrico que se mantiene entre la pieza a soldar y el hilo-electrodo.

Guante. Prenda que cubre y protege la mano y que, según su empleo, tiene unas características distintas pudiendo tener una funda para cada uno de los dedos, cubrir parte del brazo y variar el tipo de material en que está confeccionada.

Careta para soldar. Es el producto de protección personal más importante para un soldador. Protege los ojos de la intensa luz y la cara de la radiación que emite la chispa al soldar. También sirve para disipar algo de los humos emitidos al soldar.

Calibrador. Instrumento para calibrar o medir espesores, diámetros interiores y exteriores y profundidades de objetos cilíndricos huecos.

Metro. Instrumento para medir que consiste en una regla o en una cinta graduada que generalmente tiene un metro o más de longitud y que lleva marcada la división en decímetros, centímetros y milímetros.

Escuadra. Pieza de metal con dos brazos en ángulo recto que se usa para asegurar la unión en ángulo de dos piezas o estructuras.

Martillo. Herramienta para golpear, en especial para clavar y extraer clavos, que consiste en una cabeza de hierro u otro metal duro, normalmente cuadrada o redonda por uno de sus lados y aguzada por el otro, con un mango, generalmente de madera, encajado en el centro de está formando una T.

Cepillo. De alambre de acero al carbono o acero inoxidable o de latón son una herramienta de alta resistencia al desgaste facilitando la limpieza de piezas y conexiones, ofreciendo una solución económica para la limpieza antes y después de soldar.

Destornillador. Herramienta para atornillar o destornillar que consiste generalmente en una barra metálica sujeta a un mango y terminada en un extremo que se adapta a la cabeza del tornillo.

Lima. Es una herramienta manual utilizada para el desgaste y afinado de piezas de distintos materiales como el metal, el plástico o la madera.

Lija. Es una herramienta que consiste en un soporte de papel sobre el cual se adhiere algún material abrasivo, como polvo de vidrio o esmeril.

Juego de llaves. Son herramientas manuales destinadas a ejercer esfuerzos de torsión al apretar o aflojar pernos, tuercas y tornillos que posean cabezas que correspondan a las bocas de la herramienta. Están diseñadas para sujetar generalmente las caras opuestas de estas cabezas cuando se montan o desmontan piezas.

Lámina de metal. Pieza plana y delgada de cualquier materia o aleación.

Ángulo. Es una barra de metal plana que se ha doblado en un ángulo de 90 grados a lo largo de su longitud, resultando en una pieza en forma de L. ... Hierro y acero son los materiales más comunes utilizados para hacer el ángulo, especialmente cuando se utilizan en un marco estructural.

Tubo estructural. Tubo hueco de acero estructural cuya sección transversal puede ser cuadrada, rectangular o circular.

Perfiles estructurales o vigas. Son un tipo de productos que se crean por laminación en caliente de acero. El tipo del perfil que vaya a tener la viga de acero, así como sus cualidades, son determinantes a la hora de elegirlos para su aplicación y uso en la ingeniería y la arquitectura.

Perfil tubular es una pieza hueca de metal que se caracteriza por tener un contorno redondo, cuadrado o rectangular y dos extremos abiertos.

Rodamiento. Es la denominación de una pieza que, en algunos países, se conoce como rodaje, rolinera, balero, bolillero o ruleman. Se trata de un cojinete: un elemento que sirve como apoyo a un eje y sobre el cual éste gira.

Rodamientos lineales. Son elementos de rodadura para movimientos de traslación. Igual que en el caso de los rodamientos rotativos, se distingue si las fuerzas que se producen son transmitidas por elementos rotativos o por elementos de fricción.

Banda transportadora. O transportador de banda o cintas francas es un sistema de transporte continuo formado por una banda continua que se mueve entre dos tambores. Por lo general, la banda es arrastrada por la fricción de sus tambores, que a la vez este es accionado por su motor.

6 METODOLOGÍA

De acuerdo a la finalidad de la investigación, la metodología a desarrollar para dar cumplimiento a los objetivos planteados en el documento, es una investigación, teórica, práctica a través de la cual se permite obtener mejorar resultados, así como desarrollar acciones en el marco de la ciencia, la tecnología, la innovación con el fin de contribuir a la solución de la problemática antes mencionada, para ello se trabajará en 3 etapas, las cuales son:

6.1 Primera Etapa. Diseño de la máquina.

6.1.1 Recolección de información necesaria para el diseño.

Realizar una recolección de información, basada en las principales variables que determinan la calidad final del producto terminado, identificación y selección de los componentes electromecánicos, necesarios para la obtención de una herramienta eficiente y adecuada, capaz de tener un grado de eficiencia similar a las máquinas convencionales, aplicando la metodología de innovación y creatividad denominada “Design Thinking” la cual se desarrolla a partir de las necesidades de las personas en relación con sus problemáticas, lo que permite crear soluciones reales. (Universidad de Stanford de California, 2019). Para ello, se procederá con los siguientes pasos:

6.1.2 Análisis de la problemática y necesidades

A través del análisis de la problemática los autores de esta investigación identifican la necesidad de los usuarios potenciales de la máquina bloquera y al mismo tiempo la posible solución.

6.1.3 Definición de aspectos más importantes para ofrecer la solución

Una vez identificada la necesidad se proyecta la alternativa de solución, para ello se realizará la consulta de fuentes secundarias de experiencias y estudios relacionados con el diseño y construcción de máquinas bloqueadoras con el fin de identificar los aspectos y criterios electromecánicos que se deben tener en cuenta para dar respuesta a la problemática encontrada.

6.1.4 Generación y agrupación de ideas.

Gracias a los resultados que se obtengan de la consulta relacionada con el diseño y construcción de diversas máquinas se identifican todas las ideas que surgen de este ejercicio, valorando todos aquellos que son válidos en el cumplimiento del objetivo de la investigación y se procede a la organización y agrupación de las mismas de acuerdo a las necesidades del diseño.

6.1.5 Diseño de la máquina

Una vez identificadas, organizadas y agrupadas las ideas se procede al diseño de la máquina bloqueadora; para ello se definen los aspectos clave que pueden hacer tangibles las ideas.

Finalmente, para concluir este objetivo hacemos uso de una herramienta denominada “SolidWorks” la cual nos sirve para el modelado en 2D y 3D, despiece y ensamble con medidas teóricas y reales de la máquina a construir.

6.2 Segunda Etapa. Construcción de la máquina bloquera de adoquín.

Una vez se ha determinado el diseño adecuado de la máquina bloquera, se debe de proceder a la construcción de esta, es por ello por lo que se optó por adaptar la metodología utilizada por (Chica & Molina, 2010).

El proceso de la construcción debe da inicio con el corte y la construcción de los moldes, en los cuales se llevará a cabo el llenado del material con el que se realizará los adoquines.

Posteriormente es necesario continuar con la elaboración de la estructura que sostendrá los demás componentes que integran la máquina bloquera

Una de las actividades críticas dentro del proceso de construcción es la alineación de los moldes y planchas, ya que si se llegase a tender diferencias el proceso de fabricación de adoquín no sería correcto.

Se debe de proceder con la elaboración del sistema de desplazamiento o sistema de recorrido

A continuación, otra etapa importante es la elaboración de la mesa vibratoria

Para continuar con la elaboración del sistema de engrane de la plancha

Se continúa con la elaboración del sistema de palancas para el desmolde

Una vez finalizado el paso anterior se debe de iniciar la elaboración del sistema de tolva o de llenado

Para finalizar se debe de continuar con la elaboración de las bases para el asentamiento del producto.

6.3 Tercera Etapa. Elaboración de manuales de operación y mantenimiento.

Una vez finalizada la etapa de construcción de la máquina bloqueadora, para la elaboración de adoquines con incorporación de materiales alternos (residuos plásticos y/o granulado de caucho) se debe de proceder a la elaboración de los diferentes manuales de mantenimiento, operación que garanticen el adecuado funcionamiento de esta.

Teniendo claridad sobre las diferentes etapas que conlleva la presente investigación se ha propuesto el siguiente cronograma de trabajo, así como los diferentes recursos a utilizar.

7 RESULTADOS.

7.1 Diseño de la máquina bloqueadora de concreto para la fabricación de adoquines

Una vez realizado la recopilación de información de los diferentes aspectos que intervienen en los procesos de diseño y fabricación de las máquinas bloqueadoras, se pudo determinar que los principales criterios electromecánicos que tienen injerencia en el control de las variables que determinan las condiciones finales del producto, en ese sentido, es necesario la aplicación de un sistema de control eléctrico con accionamientos, esto permite directamente mejorar la eficiencia del trabajo mecánico, que a su vez tiene impacto directo en la producción y rentabilidad, sin duda es uno de los aspectos que más se han tenido en cuenta, así mismo, la instalación de un sistema de vibración, la cual es ejercida en el mismo instante que se realice la compresión, el sistema de compresión, dentro de todos

los componentes un elemento vital, ya que es el que ejerce la presión necesaria para compactar la mezcla, el desmoldeo, en el cual un conjunto de cilindros de manera sincronizada suben para liberar el adoquín.

Para la selección del diseño mecánico de la máquina se partió de un análisis constante de la manera en la que se integran cada uno de los componentes, los cuales se fueron plasmando a través del software SolidWorks, logrando de esta manera realizar una evaluación del comportamiento de las fuerzas estáticas y cinéticas. Por otra parte, un papel importante es la aplicación de criterios orientados a la resistencia de materiales para la selección y elaboración de bujes, guías de desplazamiento vertical, tren de movilidad de la tolva alimentadora.

De acuerdo con lo anterior y una vez se han consolidado los criterios electromecánicos necesarios que brinden certeza de un funcionamiento eficiente y adecuado en la máquina bloquera, se procedió a la elaboración de los bocetos que se exponen a continuación, teniendo así una línea técnica, vista superior y vista lateral, así:

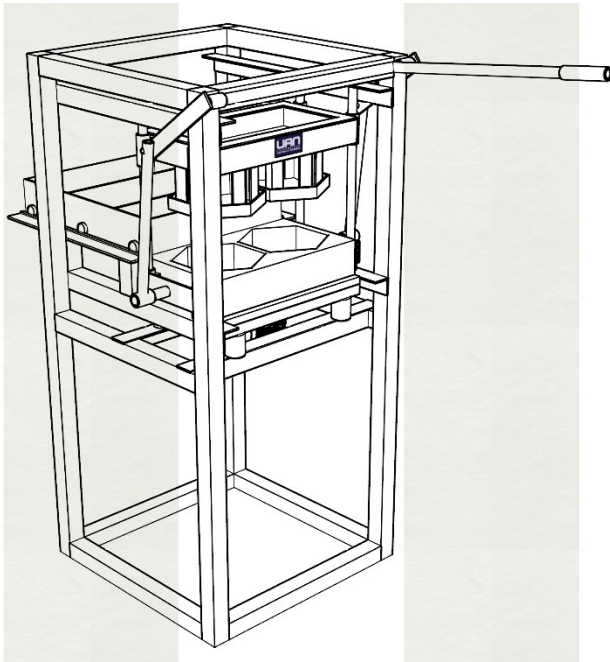


Ilustración 7 Vista perspectiva semitransparente máquina bloquera



Ilustración 8 Vista superior máquina bloquera

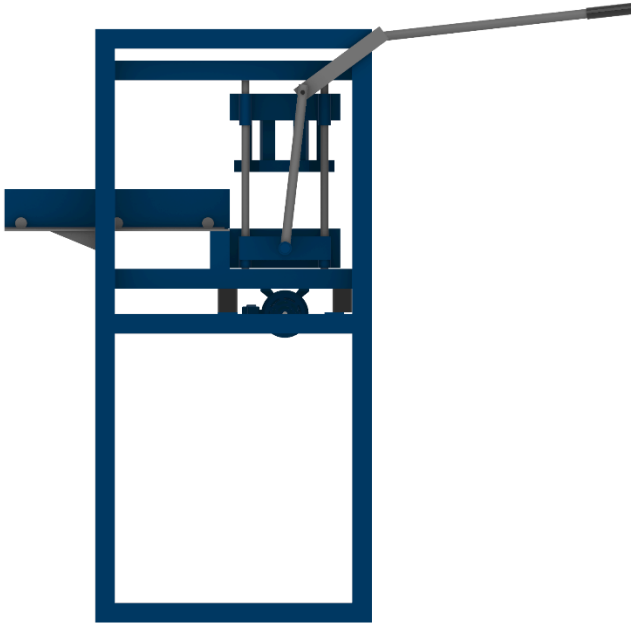


Ilustración 9 Vista lateral Máquina Bloquera

De la misma manera se presenta el boceto en el que se encuentran dispuestas el mejor diseño para las guías, así como las medidas óptimas.

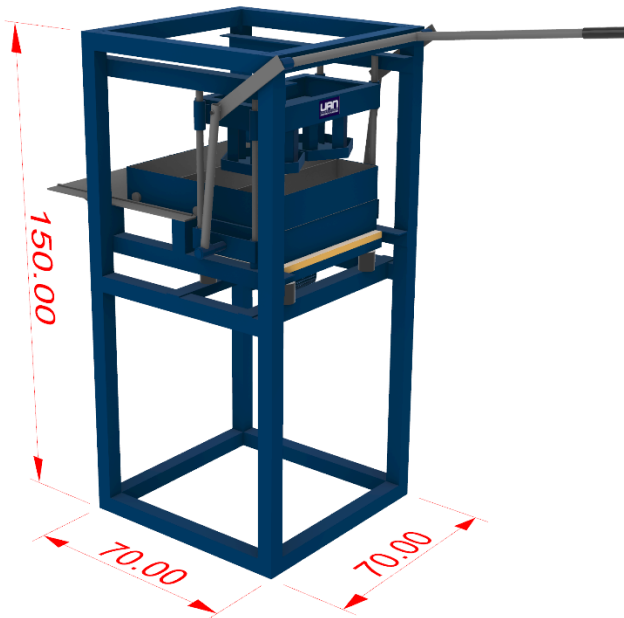


Ilustración 10 Diseño Guía máquina bloquera semiautomática

7.2 Construcción de la máquina bloquera

En esta sección se describe el proceso de construcción de una máquina bloquera aplicando los criterios electromecánicos requeridos.

7.2.1 Características generales de la máquina bloquera

Una vez se obtuvo el diseño definitivo de la máquina bloquera para la construcción de adoquín con materiales alternativos, se dio lugar al proceso de construcción de esta, lo anterior con el fin de contribuir a realizar procesos de fabricación con mayor grado de eficiencia, que a su vez sean amigables con el medio ambiente. En base a lo anterior se tiene que es una máquina de tipo pesado, está elaborada con un 95% de hierro y 5% de acero. Se construyó en el tubo estructural de 50 x 50 milímetros en un calibre de 2,5

milímetros. En ella intervienen criterios mecánicos, eléctricos y electrónicos, como se indica en la ilustración, los cuales se detallan a continuación:

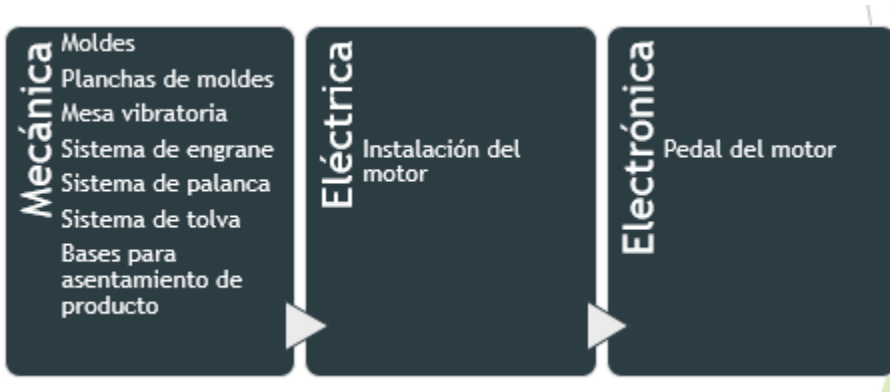


Ilustración 11 Criterios para la construcción de máquina bloquera

7.2.2 Diseño mecánico

En el diseño mecánico se desarrolló en la siguiente secuencia que consiste en nueve procesos como se puede observar en la ilustración 12.

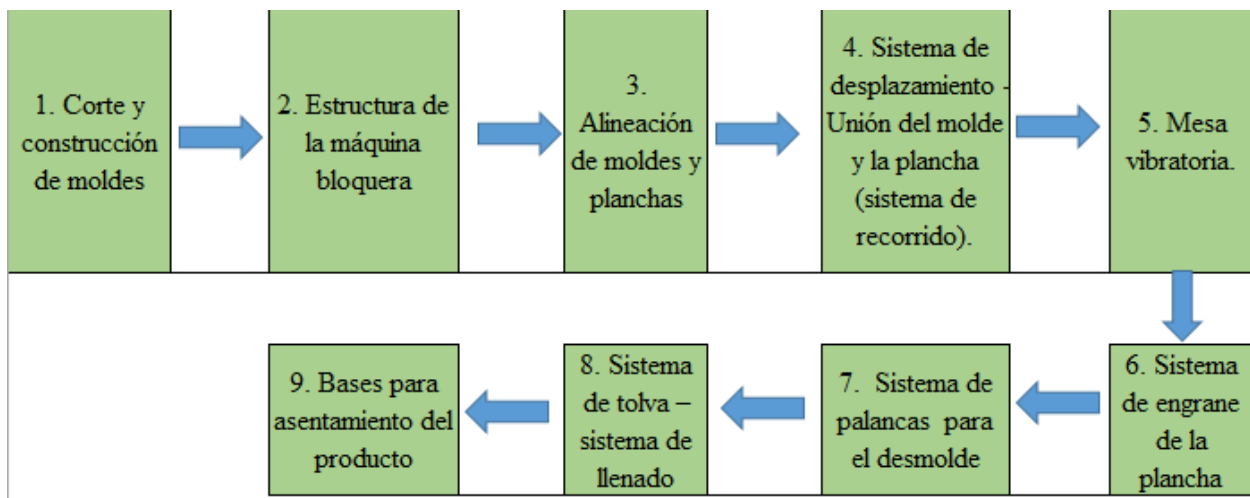


Ilustración 12 Secuencia de procesos para la construcción de máquina bloquera

A continuación, se describe cada uno de los procesos antes mencionados, así:

7.2.3 Corte y construcción de moldes

El proceso de construcción y corte de los moldes representa el punto de partida para la fabricación, el cual se puede detallar a continuación en las ilustraciones 13. se puede observar el proceso de corte y construcción de moldes con sus respectivas tapas o planchas, con las principales características el molde se encuentra totalmente armado con su estructura, con unas medidas de 13 Cm de largo por 10 Cm de alto, está construido en una lámina de 3/16 pulgadas de espesor, el molde tiene una medida interna de 26 cm de pico a pico y unas dilataciones para la mejor configuración y facilidad de desmolde del producto.



Ilustración 13 Proceso de corte y construcción de moldes

7.2.4 Estructura de la máquina bloquera

Continuando con el proceso de fabricación es necesario realizar la construcción de la estructura de la máquina bloquera de tal forma que soporte los moldes, para ello se utilizó

un tubo estructural o perfil estructural de medidas de 50 x 50 milímetros en forma cuadrada en un calibre de 2,5 milímetros. Esta estructura se conformó por 4 paraleles, cada paral tiene 1,50 centímetros de largo y 12 tubos, es decir 12 laterales para conformar el tubo los cuales cada uno tiene 60 centímetros.

Se realizaron cortes de 4 tramos de tubo estructural los cuales tienen como medida 150 cm de largo para completar el armazón de la estructura de la máquina, lo anterior se puede evidenciar en las ilustraciones que se presentan a continuación.



Ilustración 14 Cortes de tramos de tubo estructural

Posterior a realizar los cortes, es necesario continuar con la etapa de pulido de cada una de las piezas cortadas, para lo cual se utilizó la pulidora con disco de amolar, teniendo en cuenta que a la hora de realizar el corte quedan pequeñas irregularidades que dificultan la alineación requerida para la estructura de la máquina.



Ilustración 15 Uso de la pulidora con disco de amolar

Posteriormente se procede a la unión de los perfiles ya cortados mediante soldadura MIG y utilizando la escuadra para darle mayor precisión a la forma adecuada de la máquina, dado el riesgo que representa esta actividad es necesario contar con los equipos de protección personal, tal como se puede evidenciar a continuación.



Ilustración 16 Utilización de soldadura MIG para unión de perfiles

Con el fin de garantizar mayor grado de exactitud, es necesario la utilización de cangrejos o pinzas, como se indica en la ilustración 17.



Ilustración 17 Utilización cangrejos o pinzas

Una vez realizada esta tarea Es así como se procede a armar la estructura principal la cual soporta todos los elementos que conforman la máquina bloquera, como se puede apreciar en la ilustración 18.



Ilustración 18 Proceso de armado de estructura principal de la máquina

Una vez se han finalizado los procesos de corte, pulido y unión de las piezas mediante soldadura MIG se tiene la estructura principal de la máquina bloquera, tal como se puede apreciar a continuación.



Ilustración 19 Estructura principal de la máquina

7.2.5 Alineación de guías para moldes y planchas

Una vez se tiene la estructura principal, es necesario empezar con la alineación de guías para moldes y planchas, esta tarea es de vital importancia ya que los moldes deben de encajar perfectamente con las planchas, para que no se presente ninguna dificultad se utilizaron ejes calibrados, medida $\frac{3}{4}$, adicionalmente es necesario utilizar bujes de sujeción, cuya función principal es sujetar el molde, la plancha, para garantizar la duración y resistencia de la estructura, estos últimos elementos son de acero de A110. tal como se puede apreciar a continuación.

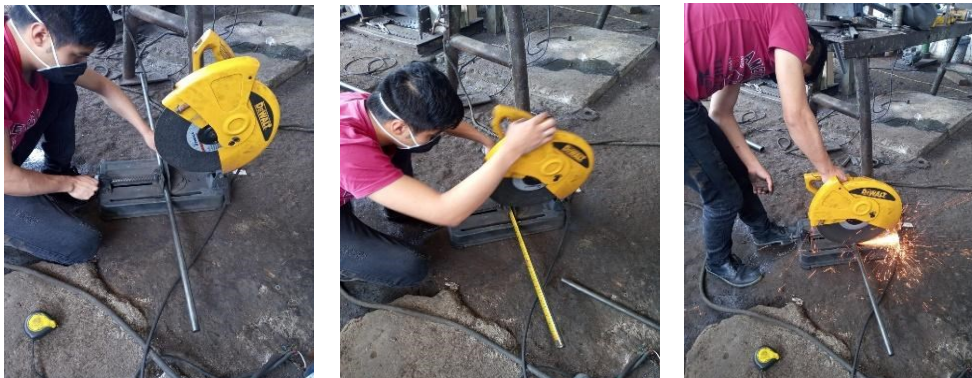


Ilustración 20 Preparación de eje

En la ilustración 21 se puede observar el proceso de corte de ejes guías, cada eje tiene una medida de 50 centímetros de largo, el espesor de cada eje es de $\frac{3}{4}$ en acero A 1020; es así como se obtiene 4 tramos de cada uno.



Ilustración 21 Proceso de corte de ejes de guías



Ilustración 22 Proceso de pulido de los ejes

Adicionalmente es necesario realizar el pulido de los ejes en mención, con el fin de retirar cualquier tipo de obstrucción que dificulte o afecte la movilidad, a continuación, se puede observar el proceso.



Ilustración 23 Alineación de ejes

Así mismo a continuación, se puede observar el proceso de perforación y maquinado de ejes guías, cuya finalidad es para facilitar el acceso a un cambio de molde o mantenimiento preventivo y/o correctivo.



Ilustración 24 Proceso de perforación y maquinado de ejes guías

En la ilustración 25 que se muestra a continuación se logra identificar y realizar pruebas para detectar fallas, que comprometan la estabilidad de todo el sistema, adicionalmente los ejes contribuyen a brindar mayor previsión al sistema guía.



Ilustración 25 Proceso de roscado y realización de pruebas

Con respecto a los bujes, en la ilustración 26 se muestra el proceso de corte y maquinado de bujes para darles las medidas exactas al diámetro interno (agujero), con el fin de darle tolerancia entre el eje y el buje para disminuir el rozamiento.

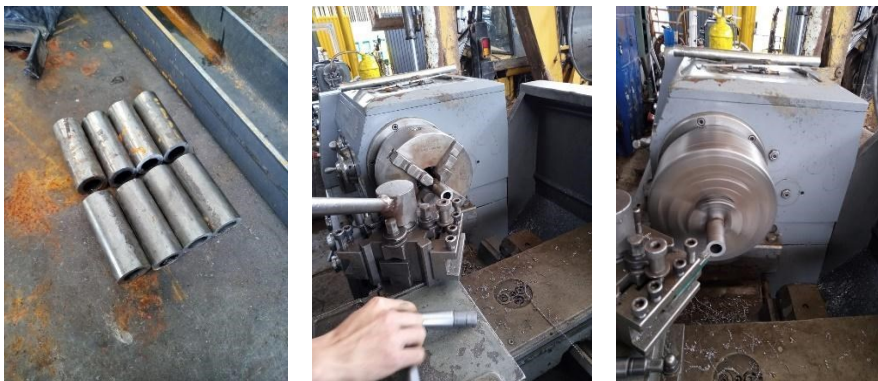


Ilustración 26 Proceso de maquinado de bujes



Ilustración 27 Montaje de ejes



Ilustración 28 Montaje de guías de desplazamiento

7.2.6 Sistema de desplazamiento – Sistema de recorrido

Para la construcción del sistema de caída de la plancha, las cuales serán las encargadas de darle forma al adoquín, las planchas van sujetas a un sistema de eje prisionero, el cual al ser retirado éstas son liberadas y en conjunto con el vibrado se produce la compactación del material, formando así el bloque.

7.2.7 Mesa vibratoria

Sin duda el componente más importante de todos, la mesa vibratoria se encuentra conformada por un tubo estructural, sujetos a un motor, el cual a través de una polea excéntrica es el responsable de generar la vibración necesaria para la conformación del adoquín.

7.2.8 Sistema de engrane de la plancha



Ilustración 29 Preparación de la plancha

7.2.9 Sistema de palancas para el desmolde

Para garantizar que el proceso de desmolde sea efectivo, se instalaron una serie de palancas las cuales están compuestas por una serie de rodamientos, con un movimiento vertical accionando así esta etapa del proceso de fabricación. Durante este proceso es

necesario brindar el mayor grado de exactitud, de lo contrario se vería afectado todo el funcionamiento de la máquina.



Ilustración 30 Preparación instalación sistema de desmolde

A continuación, se puede observar el proceso de armado del sistema de guías para el movimiento de moldeo y desmoldeo. Este armado se hace utilizando sus respectivos tornillos con arandelas de $\frac{1}{2}$ de pulgada de diámetro por $1 \frac{1}{2}$ de largo para el monte y desmonte de moldes o mantenimiento.



Ilustración 31 Armado sistema de guías para desmoldeo



Ilustración 32 Guías armadas para montaje en estructura principal

A continuación, se presenta el montaje de guías a la estructura principal ya preparados para su funcionamiento que consiste en el montaje de ejes guías acompañados de los bujes de desplazamiento vertical con su respectiva plataforma.



Ilustración 33 Montaje de guía a la estructura principal

7.2.10 Sistema de tolva sistema de llenado

Se realizó una mesa de descanso, donde va a reposar la tolva de alimentación donde a ir la mezcla, la cual tendrá un movimiento horizontal haciendo el llenado del molde.



Ilustración 34 Tolva de llenado

7.2.11 Bases para asentamiento del producto

El producto reposará sobre una base de madera aglomerada de 18 milímetros de espesor con medidas de 40 x 50 centímetros, para que no haya empalmes ni tampoco ranura entre tabla y tabla. Este material se encuentra en láminas grandes que viene 2,80 x 3,20 que facilita obtener las medidas que se requiera.



Ilustración 35 Base para asentamiento

7.2.12 Diseño eléctrico

En el diseño eléctrico se encuentra la instalación del motor, el cual está compuesto por una biela exentica que gira a 1.720 revoluciones por minuto directas, van en el eje flecha del motor; este motor se ubica en la parte inferior de la mesa vibratoria y va para hacer que se genere con más intensidad la vibración.

Esta parte se desarrolló con el fin de brindar seguridad tanto para el operador como para la máquina, tiene un sistema de protección termomagnética las cuales son diseñadas para proteger circuitos o cargas eléctricas de cortocircuitos o sobrecargas, en este caso estamos hablando de la carga del motor.

Los conductores que se usa para la conexión de este motor con sus respectivas protecciones es un cable AWG 3x12 encauchetado, se utilizó este conductor ya que la

conexión es monofásica donde consta de una fase, un neutro y la línea a tierra. Aquí también incluida la protección contra rayos o también conocida como puesta a tierra, que también se utiliza para mitigar el riesgo de contacto con la corriente al operador, ya que puede entrar en cortocircuito el motor y esto afecta al operador, el sistema de puesta a tierra debe ser instalado en el sitio o área específica donde va a quedar totalmente instalada y funcionando la máquina.

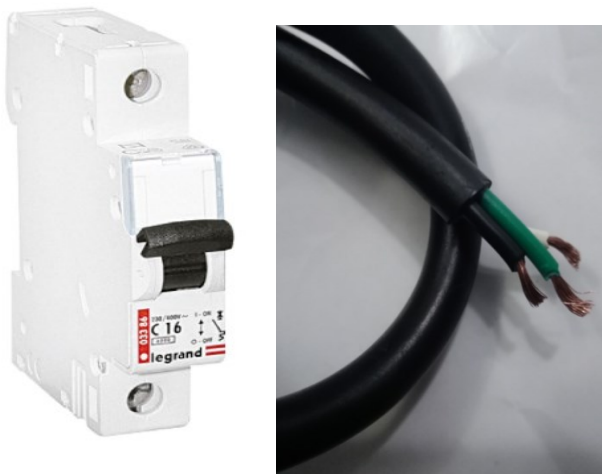


Ilustración 36 protección termomagnética y conductor eléctrico

7.2.13 Diseño electrónico

Los criterios de diseño electrónico se observan en la máquina bloquera en el pedal del motor el cual cuenta con un sistema de potenciómetros que son los encargados de regular la velocidad y al mismo tiempo sirven como protección para el motor, este funciona con una bobina, este está conectado al sistema eléctrico para su respectiva alimentación y posteriormente conecta el motor el cual conecta a sus embobinados primarios.



Ilustración 37 Pedal con potenciómetro y bobina

8 HERRAMIENTAS UTILIZADAS

Dentro de las principales Herramientas Utilizadas para la construcción de la máquina bloqueadora se utilizaron las siguientes herramientas: pulidora con discos de corte, discos de amolado, soldadura MIG, cincel, maceta, disco de lija -disco flap, pulidora grande, pulidora pequeña para el corte de lámina, flexómetro, escuadra, pie de rey o calibrador, torno industrial, buriles de tungsteno, máquina de corte (tronzadora), cincel de punto, cangrejos o caimanes taladro manual, taladro de banco, brocas de $\frac{1}{4}$, $\frac{3}{8}$ y $\frac{1}{2}$, discos de corte, discos de amolado de 3,4 pulgadas para las pulidora pequeña, disco de amolado de 6 pulgadas para la pulidora grande, esmeril de banco, juego de llaves de 10 milímetros hasta 24 milímetros, llave pico de loro o llave expansiva, destornilladores o atornilladores de pala, de estrella, palancas de fuerza, entre otros

9 MANUAL DE INSTALACIÓN

Para poder instalar la máquina bloqueadora se debe tener en cuenta que el lugar debe ser adecuado con una buena iluminación, ventilación, que posea espacio suficiente para el acceso de los diferentes componentes que se usaran en el proceso de la máquina, también para poder realizar su mantenimiento y limpieza.

Por mínimo se debe dejar un espacio de 2 metros perimetral a la máquina, ya que esto puede generar problemas en el funcionamiento. El piso debe estar completamente nivelado, pues al estar desnivelado puede afectar las diferentes partes de la maquina afectando el proceso. El lugar donde se realice el montaje de maquina deberá tener una adecuada conexión eléctrica.

Determinando que la instalación va en conjunto con los manuales de operación y de mantenimiento se presenta cada uno de ellos.

10 MANUAL DE OPERACIONES Y PUESTA EN MARCHA DE LA MÁQUINA BLOQUERA.

El riesgo mecánico es uno de los factores que se identifican en la normatividad vigente en Colombia y se define como la posibilidad de que ocurra un accidente por manipulación inadecuada o mal estado de máquinas y herramientas en cumplimiento de una función laboral por parte de operarios. Según la Norma NTC 5254 Gestión del Riesgo, menciona que el riesgo es la posibilidad de que suceda algo que tendrá

impacto en los objetivos. Se mide en términos de consecuencias y posibilidad de ocurrencia.

Por lo tanto, el riesgo mecánico es un factor que existe debido al uso diario que se puede hacer de la máquina bloquera poniendo en riesgo la integridad física de los operarios; además, se puede ver agravado por los comportamientos inseguros de los mismos lo que puede ocasionar accidentes de trabajo.

Es así como se hace necesario disponer de un manual que sirva como herramienta para adoptar una cultura de seguridad y salud ocupacional, en donde operarios y cualquier persona que opere la máquina bloquera, tome conciencia de la exposición al riesgo y actúe acorde con los parámetros establecidos para reducir el riesgo mecánico.

El riesgo mecánico contempla todos los factores presentes en objetos, máquinas movidas por algún tipo de energía, equipos, herramientas de mano y de fuerza motriz, que pueden ocasionar accidentes laborales, por falta de mantenimiento preventivo y/o correctivo, carencia de guardas de seguridad en el sistema de transmisión de fuerza, punto de operación y partes móviles y salientes, falta de herramientas de trabajo y elementos de protección personal. (Universidad del Valle, 2011).

10.1 Objetivo del Manual

Establecer los procedimientos adecuados para cada proceso de alto riesgo de tal manera que los operadores realicen de forma eficiente y con menor riesgo las actividades.

Si realizamos una buena instalación, siguiendo uno a uno los pasos sin omitir alguno, nos da garantía de que la máquina funcionará en un estado óptimo y con muy baja probabilidad de fallas. El plan de mantenimiento va relacionado con la instalación y la buena operación de esta ya que el operador deberá entender y acatar las precauciones de seguridad antes de usarla.

El operador de esta máquina deberá ser dotado con elementos de protección personal tales como: protectores de oídos, guantes, casco, gafas y zapatos especiales para esta labor ya que está expuesto a una máquina electromecánica y puede presentar una falla en pleno funcionamiento y el operario debe ser protegido, cabe mencionar que el operario no debe introducir las manos en las áreas de moldeo, vibrado y compactado, con el fin de prevenir accidentes.

Verificar que la máquina se encuentre libre de escombros y de accesorios adicionales para evitar daños y alteraciones a la máquina.

Cerciorarse que la máquina y sus sistemas se encuentren en su posición y en buen estado para comenzar con la operación.

La máquina trabaja en su estado óptimo siempre y cuando no haya alteraciones en la misma ni factores externos que lo provoquen.

Verificar y comprobar el área donde se coloque la máquina esté a nivel, ya que esto puede afectar la operación de la misma. Se requiere que el lugar de instalación y trabajo de la máquina cuente con las dimensiones mínimas requeridas que son: 2.50 metros de alto, 2.0 metros de ancho y 2.0 metros de largo.

En el sitio de trabajo se requiere que exista conexión de corriente alterna a 110 voltios.

Verificar que la máquina esté alimentada con 110 voltios y la instalación eléctrica de la máquina esté en perfecto estado.

Hay que confirmar que la tolva alimentadora cuente con el material necesario para comenzar su producción.

Cargar los moldes de la mezcla y contar con que queden llenos y nivelados.

Accionar el pedal que da paso a voltaje y corriente para activar el motor que genera los movimientos repetitivos o vibraciones para hacer que tenga una mejor configuración la mezcla en el molde.

Hacer el paso de las planchas que moldean y dan forma al adoquín.

Ejecutar la acción del movimiento de palancas para hacer el desmolde del producto y con ello regresar y anclar las planchas a su lugar.

No dejar el proceso de desmolde a mitad de trabajo ya que puede sufrir deformaciones el producto y también puede generar riesgos para el operador.

En caso de emergencia, el sistema eléctrico cuenta con una protección térmica y sistema de aterrizado a tierra la cual impedirá accidentes al operador

Una vez terminado el periodo de trabajo, se debe desconectar la máquina de energía eléctrica, se hace una limpieza previa con el fin de retirar residuos de mezcla que

queden en los bordes y evitar que presenten alteraciones y desgastes en el funcionamiento de la máquina.

Este equipo de funcionamiento electromecánico tiene un desgaste de su configuración estructural, también puede presentar daños lo cual para ello existe un manual de mantenimiento correctivo y preventivo

11 MANUAL DE MANTENIMIENTO

Este manual tiene como objetivo mitigar los daños haciendo un buen uso de la máquina, acompañado de un mantenimiento preventivo, hacer que no presente fallas y sostener la máquina para que trabaje en un estado óptimo y sin perturbaciones a la hora de producción.

Para este tipo de mantenimiento, se toma puntos de la máquina, los cuales se consideran críticos dentro del funcionamiento.

Inspección: se recomienda hacer una inspección diaria de la máquina, con el fin de encontrar piezas deterioradas, mal funcionamiento de uno de sus sistemas o imperfecciones en esta misma. dentro de su funcionamiento la máquina tiene que ser detallada parte por parte para verificar que todo esté en correcto funcionamiento o de lo contrario notificar aquellas anomalías que se observen en ella, esta inspección previene que algún daño pequeño se convierta en uno más grande e impida el funcionamiento de la máquina

totalmente. durante la inspección si se encuentran partes rotas, deben ser reemplazadas o reparadas.

Este manual se hace con el objetivo de prevenir todos los daños a futuro, por eso mismo se trabaja más en el mantenimiento preventivo que el correctivo.

Limpieza: procurar hacer aseo cada que se deje de utilizar la máquina por intervalo mayores a 30 minutos, ya que lo que recibe la maquina es una mezcla de concreto la cual se puede adherir con facilidad a la estructura de la máquina y ocasionar daños y con ellos a mal uso de la maquina como también le reduce la vida útil. denominamos dos partes como las de mayor exposición al concreto y que si necesitan ser cuidados para un buen funcionamiento de esta, una de ellas es las guías verticales de moldes y los rieles que soportan la tolva de llenado. Al igual se recomienda hacer una limpieza detallada de la máquina cada 8 horas que son los intervalos diarios de trabajo.

Ajustes: debido a que la esencia y funcionamiento de la máquina es un 90% vibraciones, tiene un alto índice de desajuste de las piezas, por eso se recomienda chequear como mínimos pasando un día todos los sistemas de la máquina los cuales están atornillados, como lo son las guías de moldeo y el motor con su biela excéntrica para generar movimientos o vibraciones.

Lubricación: esta es una de las partes más importantes dentro del mantenimiento que es la lubricación para disminuir el desgaste de las piezas, de esto depende parte de la eficiencia de la máquina como del operador, ya que, al lubricar las piezas con mayor fricción, disminuye la fuerza aplicada por el operador y así mismo se baja el desgaste de las piezas utilizadas.

Esta parte del mantenimiento se debe aplicar con más frecuencia en las guías de moldeo y en los rieles de la tolva, de igual manera los rodamientos de motor como los que usa la tolva.

También cabe destacar que después de cumplir con cada uno de estos pasos para el mantenimiento, hay que colocar puntos como mantenimiento de pintura para evitar el desgaste por oxidación, y darle mejor estética a la máquina.

Dentro del protocolo de mantenimiento existe variedad de tablas o listados los cuales llevan una serie de datos los cuales se deben diligenciar para hacer un registro de cada mantenimiento tanto preventivo como correctivo realizado a la máquina. Las tablas son las siguientes:

No deben dejar residuos o insumos en las áreas de circulación, cada vez que se termina una jornada, éstos deben llevarse al área definida para residuos.

12 Prueba de la máquina

Para realizar este tipo de pruebas se tomó de base la información adquirida, esta va dada en la capacidad de producción de las bloqueras manuales con las semiautomáticas, donde las fabricas de adoquines manuales que se utilizan en la ciudad de Pasto Nariño, tienen una productividad tomada de un día de trabajo, entre 350 y 400 adoquines, mientras que las semiautomáticas actualmente operadas producen entre 700 a 1000 adoquines dependiendo la forma y que capacidad de puestos por molde tenga.

Teniendo en cuenta lo anterior, la producción deseada de esta maquina que es fabricada con un sistema hibrido entre las manuales y las semiautomáticas, es de 500 a 600 adoquines diarios lo que quiere decir que tiene que producir un adoquín por minuto aproximadamente para mejorar la rentabilidad tanto de los productores como de los clientes, así la maquina será competente ante las demás y con costos mas bajos ya que una maquina semiautomática en el comercio oscila entre los 9 y 15 millones.

Realizando las pruebas reales de la máquina, tenemos que la maquina totalmente funcional tiene una capacidad de producción de 2 adoquines en 90 segundos lo que equivale a un minuto y medio $1 \frac{1}{2}$ de minutos, teniendo así que cumplió y superó las expectativas esperadas ya que en un día normal de trabajo la maquina producirá 640 adoquines aproximadamente, estos valores se dan por cálculos matemático no en pruebas reales de un día de trabajo.

En esta fase se procedió a la proyección de pruebas teniendo en cuenta los parámetros de la Norma NTC 2017 que menciona que por 2 sacos de arena se debe utilizar 2 sacos de grava y 1 de cemento para esto se debe adicionar 18 litros de agua o más si la arena está seca, por lo tanto, esta varía dependiendo del estado de la arena, si la arena está húmeda puede ser 16 litros.

12.1 Preparación de mezclas

Este paso presenta como se realizó la composición de las mezclas, donde se agregó arena, cemento, grava y los materiales reciclados que son caucho granulado y plástico de envases.

Las muestras para realizar las pruebas se hicieron con arena seca, esto para determinar mejor los porcentajes de cada composición y aplicar las medidas exactas según lo determinan los criterios técnicos.



Ilustración 38 Secado de arena

Con la arena seca, procedemos a realizar la mezcla con todos sus agregados como son cemento, grava, plástico y caucho granulado.



Ilustración 39 Mezcla con caucho y plástico

12.2 Configuración de las pruebas de la mezcla para ser procesada en la máquina bloquera

Tabla 5 Pruebas realizadas máquina bloquera

Materiales	Norma - NTC2017	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
Kilogramos de cemento	1,56	1,56	1,56	1,56
Kilogramos de grava	3,125	2,725	2, 5	2,5
Gramos de grava			150	
Kilogramos de arena	3,125	3,125	2,725	2,5
litros de agua	0,562			
Gramos de caucho		300	625	950
Gramos de plástico		100	250	300

Resultados por teoría

Mejor configuración

teórica -

compactación,

menor pérdida de

propiedades

12.3 Análisis costo – beneficio

PROCESO	ADOQUÍN CONVENCIONAL	ADOQUÍN CON MATERIAL RECICLADO
SEMIAUTOMÁTICO	\$ 9.000	\$ 8.000

la diferencia en el costo del adoquín producido con material reciclado y el que se produce convencionalmente es de \$ 1.000 lo cual si es rentable tanto para el comprador como para el productor.

13 PRESUPUESTO.

13.1 Materiales, mano de obra y transporte

Tabla 6 Presupuesto de Inversión

Descripción	Fuentes			Total
	Recursos propios	Entidad externa	UAN	

Recursos Humanos	\$500.000			\$500.000
Lamina de hierro convencional	\$370.000			\$370.000
Tubo redondo de 1 ¼" x 6 mts	\$56.250			\$56.250
Ángulos de 2"x 6 mts 1 ¼" x 6 mts	\$160.000			\$160.000
Ejes de ¾" y 1"	\$110.000			\$110.000
Bujes de 1", 7/8" y ¾"	\$162.500			\$162.500
Tornillos de acero tipo 5 y 6	\$34.250			\$34.250
Accesorios y demás	\$361.000			\$361.000
Motor eléctrico de 1 Hp monofásico 110v	\$437.500			\$437.500

Equipos (Computador – Internet)	\$250.000			\$250.000
Impresora	\$150.000			\$150.000
Materiales – papelería, fotocopias	\$100.000			\$100.000
Subtotal				2'691.500
		Transporte		\$310.000
		Mano de obra		\$1'700.000
		TOTAL, MAQUINA		\$4'701.500

14 CONCLUSIONES.

Del trabajo realizado se puede concluir la necesidad de realizar un diagnóstico acertado de los criterios electromecánicos cuando se están adelantando acciones de diseño o construcción de algún tipo de maquinaria que este destinada a mejorar la productividad o eficiencia de los mismos, lo anterior teniendo en cuenta la relación directa que existe entre estos criterios y las características finales de la maquinaria y a su vez en el producto final, ya que existen algunos factores que pueden favor o afectar la productividad y rendimiento de la misma, dentro de los criterios antes mencionados se encuentra contar con un sistema

de control eléctrico con accionamiento, que ocasiona mayor eficiencia del trabajo realizado mejorando así la productividad y permitiendo una disminución en los costos de producción.

Otro aspecto a concluir de la presente investigación es la importancia que tiene la academia en los procesos de desarrollo e innovación para el desarrollo de maquinaria y equipo para los diferentes sectores productivos, en este caso para el sector construcción, se hace necesario avanzar en el desarrollo de procesos de fabricación más eficientes, que en su gran medida permita la disminución de los costos de producción, que a su vez permitan la incorporación de materias primas alternativas como es el caso de los residuos plásticos, que representa una alternativa prometedora para este sector de la industria y que a su vez sean procesos responsables ecológicamente y con el medio ambiente.

De la investigación realizada se puede concluir en el momento de diseñar y construir maquinaria para la producción de adoquines se debe de hacer mucho énfasis en la sincronización que debe de haber en todo el sistema mecánico de vibración y compresión que va dirigido a la mezcla, siendo quizás el de mayor relevancia dentro de toda la estructura, lo anterior teniendo en cuenta que casi el noventa por ciento de las propiedades finales del producto como son, densidad, dureza, resistencia, estabilidad entre otros dependen de esta etapa, es por ello que desde la etapa de diseño se deben contemplar todos los criterios electromecánicos que permitan un proceso eficiente y adecuado.

Por otra parte, durante el proceso de construcción se debe de realizar un análisis detallado de los factores a los que estará expuesta la maquinaria en mención, teniendo en cuenta que de ello depende en gran medida la selección de los materiales a utilizar en la etapa de fabricación, con el fin de evitar que durante el proceso de fabricación se presenten inconvenientes cuyo efecto sea bastante marcado, de igual manera en el proceso de diseño y construcción se debe garantizar que el equipo sea accesible y de fácil maniobrabilidad para los procesos de mantenimiento preventivo o correctivo.

Se logró concluir de la investigación el papel tan importante que tiene la institucionalidad para el diseño y construcción de maquinaria y equipo de bajo costo con gran eficiencia capaz de competir con los sistemas tradicionales de fabricación de adoquines, la presente propuesta representa una oportunidad para que las pequeñas y medianas empresas empiecen a competir en mayor medida con productos de calidad, con menores costos de producción y amigables con el medio ambiente.

Otro de los aspectos a concluir de la presente investigación es el constante riesgo al que se encuentran expuestos los operarios de la maquinaria para la fabricación de adoquines, principalmente por todo el movimiento mecánico, especialmente durante las etapas de compresión y desmolde, es por ello que se hace necesario contar con el diseño de un manual de operación y puesta en funcionamiento de la maquinaria, el cual debe de ser socializado constantemente con el personal que opera este tipo de maquinaria, generando

así una conciencia del riesgo al que se está expuesto, y a su vez generar una cultura de autoprotección e incentivando los comportamientos seguros contribuyendo a disminuir los accidentes de trabajo por un desconocimiento.

15 BIBLIOGRAFIA

Aguilar, C. & Otros. (2005). Utilización del hormigón reciclado como material de reemplazo de árido grueso para la fabricación de hormigones. Universidad de Santiago de Chile, 1-10.

Arango, L. J. (2006). Adoquines de concreto. Propiedades físico-mecánicas y sus correlaciones. Medellín: Tecnológicas.

Castillo, A., Salazar, J., Regalado, R., Camacho, A., & Zapata, J. (2015). Diseño de planta productora de adoquines a base de cemento y plástico reciclado. Piura, Perú: Área departamental de Ingeniería Industrial y de Sistemas. Facultad de Ingeniería.

Chica, P. F., & Molina, G. S. (2010). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BLOQUERA ADOQUINERA AUTOMATIZADA SUSTENTADA EN UN PROGRAMA DE ANÁLISIS POR ELEMENTOS FINITOS. Latacunga: ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO EXTENSIÓN LATACUNGA.

Chaux, C; Perea, B. (2016). Elaboración de una máquina que optimice la producción de unidades de mampostería estructural para mediados del año 2016 en la región de los Llanos Orientales. Villavicencio, Meta, Colombia.

Godoy, P.; Mora, C. (2009). Diseño y construcción de una máquina automática para la fabricación de prefabricados de hormigón. Riobamba, Ecuador.

Guatamal, E.; Pullay, P. (2017). Diseño y construcción de una máquina semiautomática para la fabricación de bloques vibro-prensados de 15 centímetros con capacidad de cuatro unidades por minuto para la empresa Mayorga Ponce. Quito, Ecuador.

ICONTEC. (Tercera actualización 2018). Norma Técnica Colombiana NTC 2017 "Adoquines de concreto para pavimentos" . Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) .

López, C. & Otros. (2010). Optimización del proceso de fabricación de bloques en la máquina A-2 de la bloquera El Rosario. Puerto Ordaz. Venezuela: Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José De Sucre”.

Menichetti, A. (2015). Diseño de Máquina para la Producción de Productos de hormigón Pre-Elaborados. Análisis y Verificación de sus Componentes. Córdoba, Argentina.

Mise, D. (2014). Diseño y construcción de una máquina semiautomática para la fabricación de bloques. Quito Ecuador.

Molinari, J. (2006). Proyecto para la creación de una fábrica productora de bloques de cemento y tierra para las empresas constructoras. Cuenca, Ecuador: Universidad del Asuay.

Olaya, R. (2019). Adoquines en concreto. Bogotá: Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=DvB502-eMTE>. Consultado el 17 de noviembre de 2019.

Pabón, N. (2011). Estudio de factibilidad para la creación de una empresa productora y comercializadora de adoquines. Quito, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito.

RAKAN. I+D+i Ingenieros. (2011). Elaboración de Eco-adoquines. Quetzaltenango, Guatemala: Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=UJ9FrXUFSXw>.



Universidad de Stanford de California (2019). Metodología. Disponible en <https://www.creatividad.cloud/design-thinking-una-metodologia-para-innovar-en-cinco-pasos/>. Consultado el 29 de abril del 2020.

Urbina, M., & Zamudio, R. (2005). Máquina bloquera semi-automática. México: Instituto Politécnico Nacional.