

**DISEÑO DE UN PROTOTIPO AUTOMATIZADO PARA LA MEJORA DEL
MEZCLADO DE MORTERO DE CEMENTO EN LA CONSTRUCCIÓN DE
INMUEBLES**

ANDRÉS EFRÉN BOTERO MUÑOZ

OMAR DAVID CASTRO SERRANO

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CARIBE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
BARRANQUILLA - COLOMBIA**

2020

**DISEÑO DE UN PROTOTIPO AUTOMATIZADO PARA LA MEJORA DEL
MEZCLADO DE MORTERO DE CEMENTO EN LA CONSTRUCCIÓN DE
INMUEBLES**

ANDRÉS EFRÉN BOTERO MUÑOZ

OMAR DAVID CASTRO SERRANO

**ANTEPROYECTO DE GRADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO
DE INGENIERO MECATRÓNICO**

ASESORES DISCIPLINARES:

SAÚL PÉREZ PÉREZ

CARLOS SOTO MONTAÑO

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CARIBE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
BARRANQUILLA - COLOMBIA
2020**

Nota de aceptación

Firma del jurado 1

Firma del jurado 2

DEDICATORIA

La presente investigación la dedicamos principalmente a Dios, por ser nuestro principal guía en medio de este arduo trabajo lleno de objetivos, adversidades y triunfos semestre a semestre, año a año, y permitirnos terminar este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A nuestros padres, hermanos(a) por su amor y demás familiares, por su trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes por la confianza puesta en nosotros demostrarles en que nos hemos convertido y en los profesionales que seremos. Ha sido un orgullo y privilegio ser sus hijos y hermanos.

A nuestros docentes por su paciencia, exigencia y valores enseñados e impuestos, sus conocimientos, experiencia y apoyo moral que nos brindaron formaron nuevos profesionales que están orgullosos de haber pasado por el alma mater de la facultad de ingeniería y demás departamentos de la universidad Autónoma del Caribe.

Y a todas las personas y amigos de carrera que de una u otra forma estuvieron presentes viendo y apoyando, crecimos junto a ustedes.

A todos, Gracias le damos.

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS.....	8
LISTA DE TABLAS.....	10
LISTA DE ECUACIONES.....	11
GLOSARIO.....	12
RESUMEN.....	14
ABSTRACT.....	15
INTRODUCCIÓN.....	16
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
1.2 ANTECEDENTES.....	18
1.3 . FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	21
1.4 . JUSTIFICACIÓN Y ALCANCE.....	21
2. OBJETIVOS.....	23
2.1 . OBJETIVO GENERAL.....	23
2.2 . OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	23
3. MARCO DE REFERENCIA.....	24
3.1 ESTADO DEL ARTE.....	24
3.2 MARCO TEÓRICO.....	30
3.2.1 GENERALIDADES.....	30
3.2.2 DEFINICION.....	30
3.2.2.1 Cemento.....	30
3.2.2.2 Cemento portland.....	31
3.2.2.3 Mortero de cemento.....	31
3.2.3 PROCESO DE FABRICACION DEL CEMENTO.....	31
3.2.3.1 Obtención y preparación de materias.....	31
primas.....	31
3.2.3.2 Trituración.....	31
3.2.3.3 Pre-homogeneización.....	32
3.2.3.4 Molienda de crudo.....	32
3.2.3.5 Pre-calentador de ciclones.....	32
3.2.3.6 Fabricación de clinker: horno.....	33
3.2.3.7 Fabricación de clinker: enfriador.....	33
3.2.3.8 Molienda de clinker y fabricacion de cemento.....	33

3.2.3.9	Almacenamiento del cemento	34
3.2.3.10	Envasado o expedición a granel	34
3.2.4	USO DEL MORTERO	34
3.2.5	PROPIEDADES DE LOS MORTEROS	35
3.2.5.1	Propiedades de los morteros en estado fresco	35
3.2.5.2	Propiedades de los morteros en estado de edurecido	37
3.2.6	DOSIFICACIÓN DE MORTEROS	38
3.2.6.1	Proceso	38
3.2.6.1.1	Datos de la obra	38
3.2.6.1.2	Datos de los materiales	39
3.2.6.2	Pasos a seguir	39
4.	PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO	45
4.1.	METODOLOGÍA	45
4.1.1.	Fase 1:	48
4.1.2.	Fase 2:	50
4.1.3.	Fase 3:	54
4.2.	CRONOGRAMA – PLAN DE TRABAJO	56
5.	PRESUPUESTO	57
5.1	PRESUPUESTO GENERAL	57
5.2	PERSONAL CIENTÍFICO Y DE APOYO	58
5.3	CONSULTORIA ESPECIALIZADA	59
5.4	MATERIALES, INSUMOS Y EQUIPOS	59
6	PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	61
6.1	DISEÑO DEL PROTOTIPO	61
6.2	DISEÑO DISPOSITIVO FINAL	62
6.2.	MATERIALES	62
6.2.1.	SISTEMAS DE CONTROL	62
6.2.2.	SENSORES	64
6.2.3.	ACTUADORES	66
6.2.4.	RECIPIENTES DE ALMACENAMIENTO	68
6.3.	RECOLECCIÓN DE DATOS	70
6.3.1.	MUESTRA POBLACIONAL	70
6.4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	73

6.4.1.	ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS POR EL PROTOTIPO	73
6.4.2.	ENSAYOS DE IMPACTO	76
6.5.	MANUAL DE USUARIO.....	81
6.5.1.	DESCRIPCION DE LOS COMPONENTES:.....	81
7.	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.....	90
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	92
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	94
10.	ANEXOS	97

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Maquina dosificadora [7].	24
Figura 2. Molienda [11].	27
Figura 3. Visualización del experimento de Hashimoto. (Okamura, 1997). [12].	28
Figura 4. Pesadora ensacadora [14].	29
Figura 5. Molino vertical. [10]	32
Figura 6. Almacenamiento en silos [10]	34
Figura 7. Relación agua/cemento [15].	43
Figura 8. Planeacion diseño de maquina automatizada para la mejora del proceso de mezclado de mortero de cemento	46
Figura 9. Requerimientos del dispositivo	47
Figura 10. realización de mezcla. Propia autoría.	48
Figura 11. realización de probetas. Propia autoría.	49
Figura 12. Probetas después de 28 días de secado. Propia autoría.	49
Figura 13. Control de calidad. [13]	50
Figura 14. tanques de almacenamiento. Propia autoría.	50
Figura 15. código nivel en los silos. Propia autoría.	51
Figura 16. Pantalla de inicio. Propia autoría.	51
Figura 17. Código sensor de temperatura y humedad. Propia autoría.	52
Figura 18. Compuerta silos. Propia autoría.	52
Figura 19. Código control de compuertas silo. Propia autoría.	53
Figura 20. Código sensor de caudal y electroválvula. Propia autoría.	54
Figura 21. Diseño del prototipo. Propia autoría.	54
Figura 22. Prototipo final. Propia autoría.	54
Figura 23. Prototipo final fase de prueba. Propia autoría.	55
Figura 24. Vista isométrica del prototipo con cotas milimétricas (mm) (propia autoría).	61
Figura 25. Arduino mega (propia autoría).	62
Figura 26. Arduino uno (propia autoría).	63
Figura 27. Dimmer (propia autoría).	64
Figura 28. Sensor de humedad y temperatura (propia autoría).	64
Figura 29. Sensor de caudal (propia autoría).	65
Figura 30. Sensor de ultrasonido con sonda (propia autoría).	65
Figura 31. Módulo de pulsadores (propia autoría).	66
Figura 32. Servomotor (propia autoría).	66
Figura 33. Electroválvula 12V (propia autoría).	67
Figura 34. Motor AC (propia autoría).	67
Figura 35. Modulo relé (propia autoría).	68
Figura 36. Silos de almacenamiento (propia autoría).	69
Figura 37. Mezcladora (propia autoría).	69
Figura 38. Grafica área en construcción II trimestre 2020.	72
Figura 39. Prototipo final enumerado. Propia autoría.	73
Figura 40. Diagrama del dispositivo de impactos. Propia autoría.	77
Figura 41. Grafica resistencia. Propia autoría.	78
Figura 42. Grafica comparación de impactos. Propia autoría.	79

Figura 43. Figura de energía acumulada por las probetas. Propia autoría.....	80
Figura 44. Arduino mega (propia autoría).....	81
Figura 45. Arduino uno (propia autoría).	82
Figura 46. Dimmer (propia autoría).	82
Figura 47. Modulo relé (propia autoría).....	83
Figura 48. Módulo de pulsadores (propia autoría).	83
Figura 49. Silos de almacenamiento (propia autoría).	84
Figura 50. Motor AC (propia autoría).	85
Figura 51. Electroválvula 12V (propia autoría).....	85
Figura 52. Sensor de caudal (propia autoría).	86
Figura 53. Fuente de poder (propia autoría).....	86
Figura 54. Servomotor (propia autoría).	87
Figura 55. Jumpers (propia autoría).	87
Figura 56. Sensor de humedad y temperatura (propia autoría).	88

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Fluidéz recomendada del mortero para diversos tipos de estructura	36
Tabla 2. porcentaje de materiales. Suministrada ULTRACEM.	48
Tabla 3. Cronograma de actividades.	56
Tabla 4. Presupuesto general.	57
Tabla 5. Costo personal científico.	58
Tabla 6. Costo personal de apoyo.	58
Tabla 7. Costo consultoría especializada.....	59
Tabla 8. Costo materiales e insumos.....	59
Tabla 9. Costo trabajo de campo.	59
Tabla 10. Costo equipos usados.....	60
Tabla 11. cantidad de impactos. Propia autoría.	79
Tabla 12. de energía acumulada por las probetas. Propia autoría.	79

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1

GLOSARIO

Cemento: Sustancia pulverulenta muy usada en la construcción que, mezclada con agua, forma una pasta blanda que se endurece en contacto con el aire.

Mortero: Mezcla de cemento, arena y agua.

Curado: Endurecido, seco, fortalecido o curtido.

Mampostería estructural: La mampostería estructural usa bloques de concreto u otro material que al unirse forman sistemas monolíticos con la capacidad de soportar cargas de gravedad, sismo o viento.

Retracción: Acción y resultado de retraer.

Fluidez: Calidad de fluido.

Dosificación: Determinación de la dosis de una cosa cualquiera, material o inmaterial.

Estimación: Valor que se da o en que se tasa una cosa y que es el resultado de un estudio o análisis.

Proporciones: Dimensión o tamaño de algo.

Automatizada: Lo que opera automáticamente.

Mezclar: Juntar, unir o incorporar una cosa con otra, obteniendo una homogeneidad real o aparente.

Prototipo: Primer ejemplar de una cosa o molde original que sirve de modelo para fabricar otras iguales.

Silo: Lugar convenientemente seco y preparado para guardar trigo u otros granos, semillas, tubérculos, raíces o forrajes.

Clinker: Principal componente del cemento portland.

cemento portland: Cemento compuesto de una mezcla de caliza y arcilla, que fragua muy despacio y es muy resistente; al secarse adquiere un color semejante al de la piedra de las canteras inglesas de Portland.

RESUMEN

Debido a las problemáticas presentadas en el sector de la construcción de inmuebles, surgió la necesidad de crear un estándar en la producción de mortero de cemento, con el fin de evitar o disminuir considerablemente las fallas estructurales en edificaciones pequeñas y medianas. El problema surge principalmente por la mala dosificación de materias primas, debido a que esto suele ser según el criterio del albañil, omitiendo la norma vigente.

Como objetivo principal se planteó el diseño y construcción de un dispositivo capaz de realizar el mezclado de las tres materias primas usadas para la elaboración de mortero de cemento, esto con la intención de evitar una mala dosificación.

Se realizó un prototipo automatizado capaz de mejorar el mezclado de mortero de cemento para la construcción de inmuebles, este tipo de mezcla consiste en partes porcentuales de materias primas exactas para optimizar recursos y garantizar que el material final tenga las propiedades sismo resistentes deseadas. Este dispositivo fue planteado para el trabajo en construcciones de corto y mediano alcance con el fin de reducir tiempos en la fabricación del mortero sin dejar de lado la calidad del producto final.

En este documento se encuentra la investigación, diseños de prototipo en software tipo CAD y los resultados obtenidos con base al estudio que se realizó, y la construcción e implementación del prototipo.

Se muestran resultados de pruebas realizadas con el prototipo, se describen las pruebas realizadas y se explica el funcionamiento del dispositivo final y el cómo deberá usarse. El desarrollo de este dispositivo permitió satisfacer a cabalidad los objetivos planteados a cubrir.

Palabras claves:

Mortero, automatizado, cemento, mezcla, robot.

ABSTRACT

Due to the problems presented in the real estate construction sector, the need to create a standard in the production of cement mortar arose, in order to avoid or considerably reduce structural failures in small and medium-sized buildings. The problem arose mainly due to the poor dosage of raw materials, which is usually at the discretion of the bricklayer, disregarding the current standard.

The main objective was the design and construction of a device capable of mixing the three raw materials used for the manufacture of cement mortar, this, with the intention of avoiding a bad dosage.

An automated prototype capable of improving the mixing of cement mortar for the construction of buildings was made, this type of mixture consists of percentages of exact raw materials to optimize resources and guarantee that the final material has the desired earthquake resistant properties. This device was designed for work in short and medium-range constructions in order to reduce mortar manufacturing times without neglecting the quality of the final product.

This document contains the research made, the prototype designs in CAD-format software, the results obtained based on the study that was carried out, and the construction and implementation of the prototype.

Results of tests carried out with the prototype are shown, the tests carried out are described and the operation of the final device and how it should be used is explained. The development of this device allowed to fully satisfy the objectives set to be met.

Keyword:

Mortar, automated, cement, mixing, robot.

INTRODUCCIÓN

A medida que avanzamos como sociedad y como humanidad, se ha requerido ampliar las zonas urbanas debido al crecimiento exponencial de la población. Muchas de las construcciones de corto alcance, es decir, toda aquella construcción que no requiera de maquinaria pesada para la ejecución de esta, sino de albañiles preparando la mezcla de mortero de cemento con medidas establecidas, suelen ser elaboradas según el criterio y experiencia de estos mismos. Sin embargo, muchas veces quedan sobrantes, debido a la mezcla no estandarizada del material, lo cual es dinero que se pierde.

Para la elaboración de mortero es imprescindible tener en cuenta las cantidades de materias prima requeridas para la mezcla estipulada por el fabricante, puesto que así se tendría la combinación óptima de cada uno de los componentes de la mezcla, con el fin de elaborar un producto final con el grado requerido de manejabilidad, que en el momento de endurecer a la velocidad estipulada adquiriera las condiciones de resistencia y durabilidad necesarias para el tipo de construcción que habrá de utilizarse. A partir del estudio que se realizó se encontraron distintas problemáticas que erradican por la mala elaboración de mortero de cemento, las más destacables en la actualidad son “los edificios enfermos” que se encuentran en la ciudad de Medellín, entre otros como los conjuntos residenciales que han sido desalojados por orden del Departamento Administrativo de Gestión del Riesgo de Desastres.

La finalidad de esta investigación era desarrollar un prototipo que determinara la cantidad de material para hacer el correcto mezclado de mortero de cemento teniendo en cuenta las cantidades preestablecidas que nos otorgan los fabricantes y la optimización de materias primas para garantizar una excelente calidad del producto final.

Para lograr el diseño de la máquina automatizada se requirió realizar un tipo de investigación descriptiva puesto que teníamos que identificar las herramientas a utilizar y los factores que influían en el diseño de esta y el método de investigación

aplicado fue analítico – sintético el cual consiste en descomponer sus partes o elementos para observar las causas.

Como resultado se obtuvo un prototipo capaz de suplir la necesidad descrita en el planteamiento del problema, el dispositivo es capaz de realizar mezcla de mortero de cemento de una forma eficiente, economizando materiales y otorgándole a esta la resistencia requerida por la norma NTC 3318.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2 ANTECEDENTES

Si bien es cierto, día a día evidenciamos un sin número de situaciones relacionadas con derrumbes de inmuebles en el medio que nos rodea. No es secreto para nadie, que cada día es mayor el número de casas, apartamentos, edificios, y demás tipos de construcciones que sufren de derrumbamiento a razón de múltiples motivos, desde su planeación hasta su construcción.

Según un estudio realizado en octubre por el Colegio de Ingenieros y Arquitectos CFIA y el Instituto Costarricense del Cemento y el Concreto ICCYC, la forma de alistar el cemento en el sitio de la construcción está plagada de errores. Desde no respetar las dosis de agua y otros agregados como piedra y arena, hasta mezclar el producto en sitios donde se puede contaminar y afectar seriamente su calidad.

El CFIA y el ICCYC tomaron una muestra aleatoria de 30 viviendas, de 300 metros cuadrados o menos de construcción, distribuida en diez cantones del área metropolitana de Tibás. Al analizar los resultados, se encontraron con que el concreto usado en el 55 por ciento de ellas no reúne las condiciones de resistencia que exige el Código Sísmico del 2002. La norma estipula que la resistencia ideal para soportar los temblores es de 210 kilogramos por centímetro cuadrado. Sin embargo, hubo casos, más específicamente el 23% de las muestras tomadas, donde los valores estaban por debajo de los 105 kilogramos por centímetro cuadrado de resistencia.

Estos datos preocupan, pues el concreto es uno de los elementos más importantes en cualquier construcción. Su función es dar amarre al "esqueleto" sobre el cual se sostendrá, en este caso, todo tipo de inmueble [1].

Problemas como el cambio de proporciones para adaptar las mezclas a las condiciones de manejabilidad, durabilidad y resistencia exigidas en cada obra específica, sólo pueden resolverse mediante el conocimiento amplio y profundo de las características y propiedades del concreto y de los materiales con los cuales se

elabora. Las mezclas obtenidas actualmente en los proyectos de construcción, presentan inconvenientes en su consistencia, creando malos acabados en las infraestructuras, y al no tener una estandarización del material total que se necesita para la realización de la mezcla, se adquieren distintas composiciones, estableciendo diferencias entre unas y otras, considerando unas de buena calidad y otras no tanto [2].

En el barrio La Mota, Comuna 16 de Medellín, las autoridades evacuaron un edificio que presenta fallas estructurales luego de que una de las columnas se fracturara y sonara un duro estruendo que alertó a sus habitantes.

El director del Departamento Administrativo de Gestión del Riesgo de Desastres, Dagrd, explicó que la evacuación se hizo de manera preventiva. La edificación está ubicada en la calle 3A Sur con la 81A.

El funcionario manifestó que se están verificando las condiciones de seguridad del inmueble, junto al cuerpo de bomberos de la ciudad.

El director del Dagrd confirmó que son dos torres evacuadas, con un total de 240 apartamentos en los que habitan cerca de 750 personas.

Detalló que la orden de evacuación se dio al notar que una de las columnas se fracturó. A esta hora las autoridades continúan evacuando la edificación y algunas mascotas que quedaron al interior de los apartamentos [3].

W Radio conoció un reciente informe de la Sociedad Colombiana de Ingenieros, en el que expuso su preocupación y entregó un análisis de las posibles causas que terminan generando problemas estructurales en edificios a nivel nacional y con un número importante en Medellín. En total se presume que en Colombia existirían 200 edificios con posibles problemas que tendrían que ser revisados.

En el inicio del análisis, de la Sociedad Colombiana de Ingenieros, llama la manifiesta que las fallas presentadas en edificios le están sucediendo a empresas reconocidas en el sector de la construcción, a empresas de diseño y diseñadores estructurales que llevan muchos años ejerciendo su labor, y no a ingenieros inexpertos, asegurando que la única causa posible para esto, radica en que la ambición desmedida por las utilidades ha llevado a buscar “ahorros” donde no puede haberlos, como es el caso de los honorarios, de los diseñadores, curadores, revisores y supervisores, o en lograr estructuras más baratas con menos refuerzo o concreto debido a las llamadas “hiper-optimizaciones”, que no son otra cosa según los ingenieros que bajar los factores de seguridad de las estructuras y no cumplir con las normas establecidas [4].

En la capital de Bolívar, la Fiscalía identificó 36 edificios construidos de manera ilegal, de los cuales 16 han sido sometidos a estudios y revisiones para determinar si están en riesgo de colapso y si representan un peligro para sus residentes.

Esta situación ha conllevado a que 108 familias resulten afectadas, pues a través de una alerta, la alcaldía ordenó la evacuación de estos inmuebles. Estos edificios cuentan con 6 pisos y cada uno tiene 4 apartamentos por piso, lo que permite calcular un promedio de 864 familias afectadas.

De acuerdo a los estudios preliminares de la Universidad de Cartagena, estos edificios fueron construidos no solo sin licencia, sino que además carecían de planos y violaban las normas de sismo resistencia.

En lo corrido del año, las autoridades de Cartagena han sellado cerca de 30 construcciones, por violar las normas urbanísticas [5].

A través de una llamada, Heidi Ferrer Guerrero, familiar de los habitantes de la propiedad, dice que allí había siete personas cuando la casa se derrumbó. A eso de las 8:30 de la mañana, cuando todos los ocupantes se habían levantado y empezado con su rutina diaria, un fuerte ruido los asustó. Cuando fueron a ver qué había sido, la vivienda empezó a desplomarse. En ese momento, los tíos y primos

de Heidi estaban en la sala junto a su abuela, de 89 años, sentados en mecedoras y tomando café. En una de las seis habitaciones de la casa familia estaba su tía Ana Luisa Guerrero García, de 56, y en el patio su otra tía, Yeny Guerrero García, de 60 [6].

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El problema principal de una mala consistencia en la mezcla radica en que no se poseen las proporciones óptimas, creando de esta manera, mezclas que dejan porosidades en los acabados, permitiendo que cualquier movimiento del terreno al momento de su asentamiento, manifieste fallas en la estructura. De allí, surge el interrogante. **¿De qué manera se podría mejorar el proceso de mezclado de mortero de cemento para la construcción de inmuebles en la ciudad de Barranquilla?**

1.4. JUSTIFICACIÓN Y ALCANCE

En el desarrollo de construcciones de edificios y casas en la actualidad, la tecnología es una gran aliada, puesto que las construcciones se ejecutan en un periodo de tiempo más corto, ya que hay maquinaria que otorga una gran ayuda a los obreros como equipos de agrimensura y medición en la grandes obras de construcciones, sin embargo, esto no se puede decir en las construcciones de corto alcance debido a que no están compuesta de grandes edificios y numerosas casas, y son más que todo personas que quieren remodelar su casa, construir una casa en un lote, y por esta razón tanto los materiales y la mano de obra tienden a ser justos y una pequeña equivocación en la medición puede a generar gastos de más, ya que los controles de calidad y resistencia de los materiales no son verificados por personas capacitadas para este trabajo, por ende en algunos casos esto causa que se cometan graves errores en la integridad estructural de lo que se está construyendo, los cuales se harían notar en un corto o largo plazo evidenciándose

roturas, grietas, particiones y desmoronamiento del material con el cual se está haciendo el inmueble.

Para prever este tipo de problema, se desarrolla un prototipo capaz de elaborar una dosificación exacta de materiales en el momento de mezclado de mortero de cemento para prevenir que la mezcla quede mal realizada por el operario encargado, por hacer una mala dosificación de los ingredientes lo que esto conllevaría a presentar fallas estructurales en los cimientos a futuro. También se incorpora un medidor de nivel para materiales utilizados, es decir nos muestra gráficamente en qué nivel se encuentran los silos de almacenamiento para evitar que la maquina se quede sin material e impedir perdida de materiales sin causa aparente.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un prototipo que determine la cantidad de material para hacer mortero de cemento.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la cantidad de material ideal para la mezcla de cemento.
- Diseñar un prototipo con capacidad de dosificar cantidades precisas para hacer mortero de cemento.
- Validar técnica y funcionalmente el prototipo automatizado para la mejora en el momento de hacer mortero de cemento.

3. MARCO DE REFERENCIA

3.1 ESTADO DEL ARTE

En el desarrollo de este trabajo de grado se plantea la necesidad de hacer una maquina dosificadora de grano pequeño proyectada para pequeñas industrias las cuales necesitan aumentar su capacidad productiva, tomando en cuenta que estos desarrollos ya se llevan a cabo en otros países se requiere hacer un ajuste para suplir las necesidades y contribuir al desarrollo de nuestro país dependiendo de la necesidad de la industria.

Desde el punto de vista ingenieril se hará la investigación de varios sistemas para lo cual se aplicará varias áreas que la ingeniería abarca. Algunas de ellas serian el manejo de micro controladores y el manejo de motores para el control de esta misma entre otras [7].

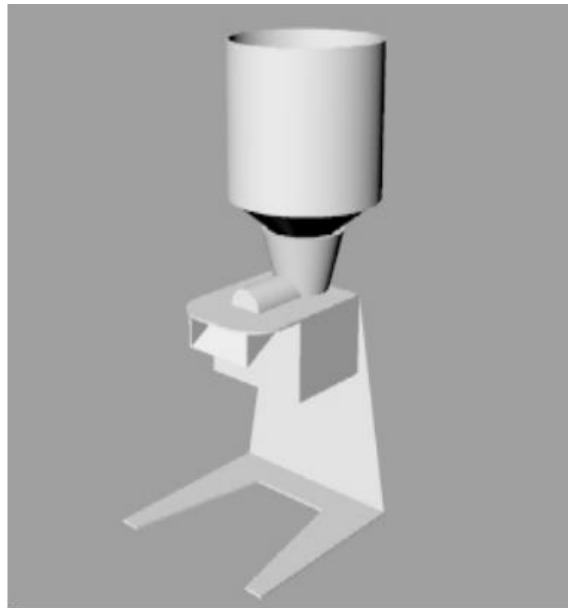
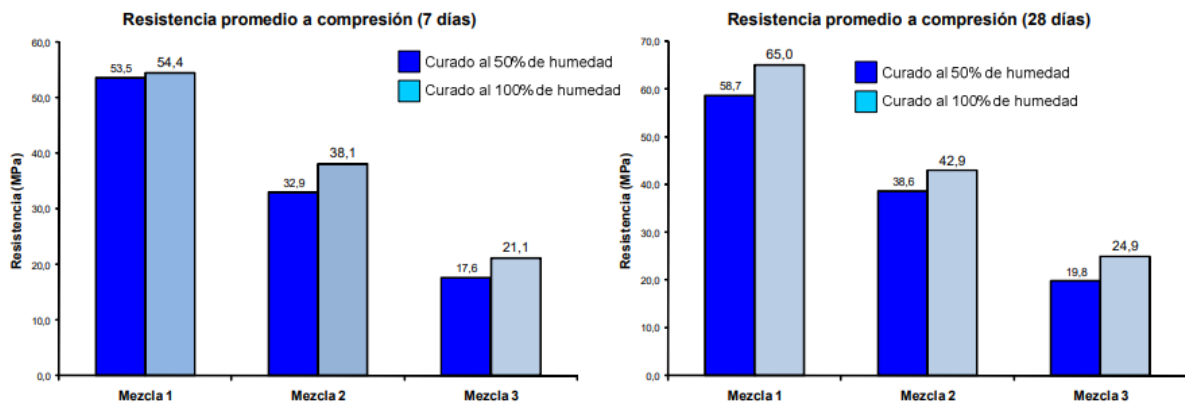


Figura 1. Maquina dosificadora [7].

Para la ejecución de este anteproyecto, se estudiarán los diferentes métodos de obtención de resultados, mediante el análisis de datos arrojados por análisis estadísticos. Se estudiarán, además, los factores como manejabilidad de la

máquina, tamaño y economía. Para ello se hicieron las investigaciones pertinente las cuales nos permite saber lo que corresponde a saber dosificar y las causas de no hacerlo bien, ya que no solo es la cantidad sino el transporte de la mezcla, la temperatura adecuada, medidas ajustadas, la temperatura a la cual está sometida para esto J.A. Ortiz, A. Agudelo, J. roncero y M.E. Zermoña, hicieron un estudio acerca de cómo influenciaba la temperatura del medio ambiente sobre las propiedades de trabajabilidad y microestructural de los morteros y las pastas de cemento. Todo esto se hace mediante ensayos de error los que cuales permite ir ajustando las medidas en cada mezcla de prueba por ello se realizaron comprobaciones experimentales sobre la influencia del curado en la resistencia a compresión del mortero de cemento. El estudio consiste en ensayar a compresión probetas provenientes de una misma mezcla de mortero, pero sometidas a condiciones de humedad de curado distintas (100% y 50% de humedad). [8]



Trabajabilidad y microestructural de los morteros y las pastas de cemento [8].

Sin embargo, hay que tener en cuenta las características que debe tener una mezcla de mortero para considerarse con óptimas condiciones y el proceso de control de calidad del mortero en obra, con especificaciones exactas de los parámetros a tener en cuenta [9].

El fenómeno de la carbonatación del hormigón y su incidencia en el proceso de corrosión de las armaduras es uno de los temas que más ha empezado a preocupar en los últimos años debido a las desfavorables consecuencias que ésta tiene sobre

la durabilidad de las estructuras de hormigón armado. Al reaccionar el CO₂ atmosférico con los productos hidratados del cemento se produce un fuerte descenso del pH en la solución de los poros del hormigón que desencadena la corrosión de las armaduras. Cuando el frente carbonatado alcanza la armadura durante el tiempo de vida útil para el cual la estructura fue proyectada, ésta se empieza a corroer de forma generalizada originando una paulatina disminución de sección y un posible agrietamiento del recubrimiento de hormigón.

Los parámetros inherentes a la naturaleza del hormigón (proporción de cemento por ms, relación a/c, etc.) han sido estudiados a nivel de laboratorio para conocer su influencia en la velocidad de carbonatación. En el presente trabajo se aportan una primera serie de resultados sobre la influencia en la velocidad de corrosión (calculada mediante medidas de resistencias de polarización) del tipo de cemento empleado en la fabricación del mortero, la dosificación de cemento y la relación a/c [10].

La implementación se realizó durante el periodo comprendido entre el 14 al 21 de junio de 1999, el proyecto se efectuó apegado al cuaderno de tareas; en el que se resumió los criterios vertidos en el presente trabajo. A partir de la puesta en funcionamiento del área de molienda con el nuevo sistema de control, se han venido realizando algunos ajustes al proyecto y gracias a su arquitectura abierta el sistema queda totalmente predispuesto para realizar mejoras en el campo de la Seguridad Industrial, protección de las máquinas y la aplicación de nuevos algoritmos de control en el proceso de dosificación y molienda de cemento [11].

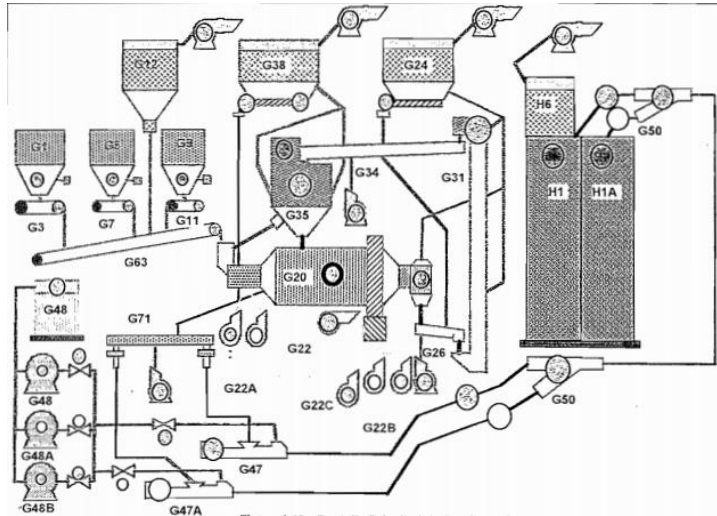


Figura 2. Molienda [11].

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad estudiar el comportamiento de las propiedades mecánicas del hormigón autocompactante, tanto de manera general como en función de los tipos de cemento y de las adiciones utilizadas en sus dosificaciones. Por otro lado, estudiar también la aplicabilidad en el hormigón autocompactante de los actuales modelos de cálculo con las que se miden esas propiedades mecánicas en el hormigón convencional. Las propiedades mecánicas estudiadas en el hormigón autocompactante en el presente trabajo fueron la resistencia a compresión, el módulo de deformación, la resistencia a tracción y la resistencia a flexotracción. Los tipos de cemento escogidos para llevar a cabo el estudio fueron los cementos tipo I, II y III, de manera general y los tipos I y II de manera específica, mientras que las adiciones minerales consideradas fueron, el humo de sílice, las cenizas volantes, el filler calizo y las escorias de alto horno. Para llevar a cabo la investigación fue necesario construir una extensa base de datos, que permitiera discriminar y agrupar las distintas dosificaciones de hormigón autocompactante, primero por tipos de cemento y posteriormente subdividiéndolas por tipo de adición, para poder analizar de esta manera como inciden en las propiedades mecánicas del hormigón autocompactante, el tipo de dosificación y la utilización de distintos tipos de cemento y de adiciones. El estudio de las propiedades mecánicas del hormigón autocompactante contempla también

analizar, partiendo de los datos recopilados en la base de datos, el comportamiento del hormigón autocompactante con respecto a las distintas propuestas de modelos normativos de cálculo utilizadas para el hormigón convencional y observar cómo se ajusta el hormigón autocompactante a esas propuestas normativas [12].



Figura 3. Visualización del experimento de Hashimoto. (Okamura, 1997). [12].

la automatización aporta una estabilidad en la marcha de la fábrica. Si para pequeñas unidades de producción (100/200 t/día) una irregularidad en la marcha no es difícil de eliminar, para unidades de producción de 1.500, 2.000 e incluso 3.000 t/ día, resulta muy molesto, las perturbaciones más peligrosas para el material y además necesitan más tiempo para eliminarse. Ahora bien, una automatización evita el error humano en el mando y previene a tiempo de cualquier perturbación. Esta estabilidad de marcha asegura principalmente la obtención de una mejor calidad en el cemento, siendo naturalmente de gran importancia, ya que tarde o temprano las normas de fabricación del cemento serán cada vez más severas. Queda, por tanto, bien claro que la automatización permite reducir en su mayor parte las tolerancias existentes en las diversas calidades del cemento [13].

construcción y automatización de una pesadora ensacadora por fluidificación para pegantes cerámicos o cemento, partiendo desde los diseños de construcción hasta la automatización de dicha máquina con la ayuda de un controlador lógico programable. En la construcción de la máquina se utilizó acero para el armazón, además de una serie de válvulas de control para el correcto funcionamiento de la misma. Se ha planteado este proyecto debido a las pérdidas que se presentan en el pesaje y ensacado de la empresa HormiAzuay la cual ha solicitado una solución a este tipo de problema, así como la optimización en el tiempo de ensacado de cada bolsa [14]

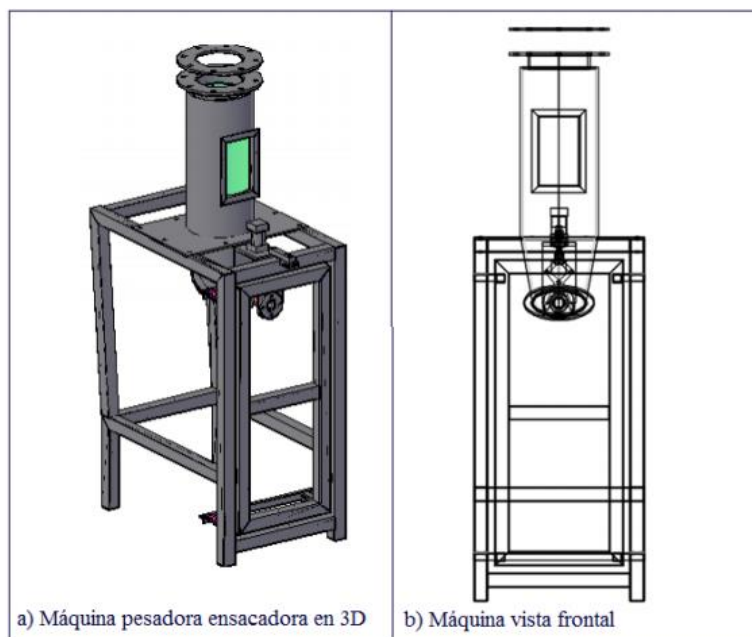


Figura 4. Pesadora ensacadora [14].

3.2 MARCO TEÓRICO

3.2.1 GENERALIDADES

El mortero es, en el mundo y en especial en Colombia, uno de los materiales de uso más frecuente en las construcciones en general, por su variada gama de posibilidades de utilización. En los últimos años debido al auge que ha tomado el empleo de la mampostería estructural y su influencia en la ejecución de obras civiles principalmente edificaciones, el consumo de mortero se ha incrementado enormemente, siendo utilizado como elemento de pega o de relleno. Sin embargo, hasta el momento, no han existido procedimientos técnicos de diseño, producción y control que garanticen una buena calidad de este material, como sí se tienen para el concreto [15].

3.2.2 DEFINICION

Para hablar de cemento, mortero de cemento hay que tener claro los significados, a continuación, se definen los términos más usado y los que harán parte de nuestra investigación:

3.2.2.1 Cemento

Es el producto resultante de la cocción de Caliza y Arcilla. Su nombre deriva de caementum, que en latín significa "argamasa", y procede a su vez del verbo caedere (precipitar).

El cemento es un conglomerante hidráulico, es decir, un material inorgánico finamente molido que, amasado con agua, forma una pasta que fragua y endurece por medio de reacciones y procesos de hidratación y que, una vez endurecido conserva su resistencia y estabilidad incluso bajo el agua. [10].

3.2.2.2 Cemento portland

Se da el nombre de Portland a un cemento por la mezcla de materiales calcáreos y arcillosos u otros materiales asociados con sílice, alúmina y óxido de hierro, que son calentados a temperaturas que provoquen que se formen escorias, para posteriormente moler el producto resultante. [11]

3.2.2.3 Mortero de cemento

El mortero es una mezcla homogénea de un material cementante (cemento), un material de relleno (agregado fino o arena), agua y en algunas ocasiones aditivos, prácticamente es hormigón sin el agregado grueso. [12]

3.2.3 PROCESO DE FABRICACION DEL CEMENTO

3.2.3.1 Obtención y preparación de materias primas

Las canteras se explotan mediante voladuras controladas, en el caso de materiales duros como calizas y pizarras, mientras que en el caso de materiales blandos (arcillas y margas) se utilizan excavadoras para su extracción [19].

3.2.3.2 Trituración

Una vez extraído y clasificado el material, se procede a su trituración hasta obtener una granulometría adecuada para el producto de molienda y se traslada a la fábrica mediante cintas transportadoras o camiones para su almacenamiento en el parque de pre-homogeneización [19].

3.2.3.3 Pre-homogeneización

El material triturado se almacena en capas uniformes para ser posteriormente seleccionadas de forma controlada. La pre-homogeneización permite preparar la dosificación adecuada de los distintos componentes reduciendo su variabilidad [19].

3.2.3.4 Molienda de crudo

Estos materiales se muelen para reducir su tamaño y favorecer así su cocción en el horno.

En el molino vertical se tritura el material a través de la presión que ejercen sus rodillos sobre una mesa giratoria. A partir de ahí, la materia prima (harina o crudo) se almacena en un silo para incrementar la uniformidad de la mezcla [19].

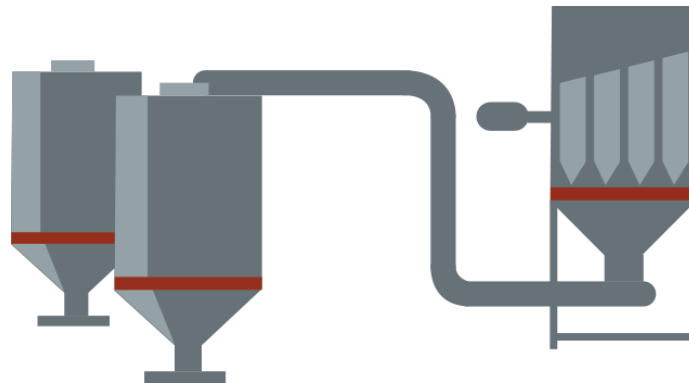


Figura 5. Molino vertical. [10]

3.2.3.5 Pre-calentador de ciclones

La alimentación al horno se realiza a través del precalentador de ciclones, que calienta la materia prima para facilitar su cocción.

La materia prima molida se introduce por la parte superior de la torre y va descendiendo por ella. Mientras tanto, los gases provenientes del horno ascienden a contracorriente precalentando así el crudo, que alcanza los 1.000°C antes de entrar al horno [20].

3.2.3.6 Fabricación de clinker: horno

A medida que la harina va avanzando en el interior del horno la temperatura va aumentando hasta alcanzar los 1.500°C, produciéndose entonces las complejas reacciones químicas que dan lugar al Clinker.

Para alcanzar las temperaturas necesarias para la cocción de las materias primas y la producción de Clinker, el horno cuenta con una llama principal que arde a 2.000°C [20].

3.2.3.7 Fabricación de clinker: enfriador

A la salida del horno, el Clinker se introduce en el enfriador, que inyecta aire frío del exterior para reducir su temperatura de los 1.400°C a los 100°C.

El aire caliente generado en este dispositivo se introduce nuevamente en el horno para favorecer la combustión, mejorando así la eficiencia energética del proceso [20].

3.2.3.8 Molienda de clinker y fabricación de cemento

El Clinker se mezcla con yeso y adiciones dentro de un molino de cemento.

Los molinos pueden ser de rodillos y de bolas. Este último consiste en un gran tubo que rota sobre sí mismo y que contiene bolas de acero en su interior. Gracias a la rotación del molino, las bolas colisionan entre sí, triturando el Clinker y las adiciones hasta lograr un polvo fino y homogéneo: el cemento [20].

3.2.3.9 Almacenamiento del cemento

El cemento se almacena en silos, separado según sus clases.

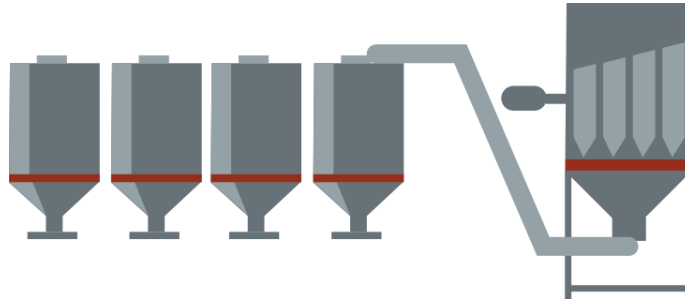


Figura 6. Almacenamiento en silos [10]

3.2.3.10 Envasado o expedición a granel

El cemento se ensaca o se descarga en un camión cisterna para su transporte por carretera o ferrocarril [10].

3.2.4 USO DEL MORTERO

Los morteros pueden tener una función estructural, y pueden usarse entonces en la construcción de elementos estructurales, o en la mampostería estructural en donde puede ser de pega o de relleno en las celdas de los muros.

Existen otros morteros que no tienen función estructural y se destinan a recubrimiento como pañetes, repellos o revoques.

- Mortero de pega: debe tener cualidades especiales, diferentes a los morteros usados para otros fines porque está sometido a las condiciones especiales del sistema constructivo, y una resistencia adecuada ya que debe absorber esfuerzos de tensión y compresión.

- Morteros de relleno: Se utilizan para llenar las celdas de los elementos en la mampostería estructural, y al igual que el mortero de pega debe tener una adecuada resistencia.
- Morteros de recubrimiento: Ya que su función no es estructural sino de embellecimiento, o la de proporcionar una superficie uniforme para aplicar la pintura, no requieren una resistencia determinada; la plasticidad juega en ellos un papel muy importante [20].

3.2.5 PROPIEDADES DE LOS MORTEROS

3.2.5.1 Propiedades de los morteros en estado fresco

En esta propiedad se considera trabajable, deformable plásticamente bajo la acción de mínimos esfuerzos. Determinan las condiciones de uso del mortero.

- Manejabilidad: Es una medida de la facilidad de manipulación de la mezcla, es decir, de la facilidad para dejarse manejar. La manejabilidad está relacionada con la consistencia de la mezcla en cuanto a blanda o seca, tal que como se encuentra en estado plástico; depende de la proporción de arena y cemento y de la forma, textura y módulo de finura de la arena.

Para medir la manejabilidad del mortero se usa el ensayo de fluidez descrito en la Norma NTC No. 111, aunque en la práctica, hasta ahora, se ha definido por la apreciación del albañil [20].

- Retención de agua: se refiere a la capacidad del mortero de mantener su plasticidad cuando queda en contacto con la superficie sobre la que va a ser colocado, por ejemplo, un ladrillo.

Para mejorar la retención de agua se puede agregar cal, o aumentar el contenido de finos en la arena, o emplear aditivos plastificantes o incorporadores de aire. La retención de agua influye en la velocidad de endurecimiento y en la resistencia final, pues un mortero que no retenga el agua no permite la hidratación del cemento.

- Velocidad de endurecimiento: Los tiempos de fraguado final e inicial de un mortero están entre 2 y 24 horas; dependen de la composición de la mezcla y de las condiciones ambientales como el clima y humedad [20].

CONSISTENCIA	FLUIDEZ %	CONDICIÓN DE COLOCACIÓN	EJEMPLO DE TIPOS DE ESTRUCTURA	EJEMPLO DE SISTEMA DE COLOCACIÓN.
Dura (seca)	80-100	Secciones sujetas a vibración	Reparaciones, recubrimiento de túneles, galerías, pantallas de cimentación, pisos	Proyección neumática, con vibradores de formaleta
Media (plástica)	100-120	Sin vibración	Pega de mampostería, baldosines, pañetes y revestimientos.	Manual con palas y palustres
Fluida (húmeda)	120-150	Sin vibración	Pañetes, rellenos de mampostería estructural, morteros autonivelantes para pisos	Manual, bombeo, inyección

Tabla 1. Fluides recomendada del mortero para diversos tipos de estructura

3.2.5.2 Propiedades de los morteros en estado de edurecido

- **Retracción:** se debe principalmente a la retracción de la pasta de cemento y se ve aumentada cuando el mortero tiene altos contenidos de cemento. Para mejorar esta retracción y evitar agrietamientos es conveniente utilizar arenas con granos de textura rugosa, y tener en cuenta además que en clima caliente y de muchos vientos, el agua tiende a evaporarse más rápidamente produciendo tensiones internas en el mortero, que se traducen en grietas visibles.
- La retracción es proporcional al espesor de la capa, a la riqueza en cemento de la mezcla y a la mayor absorción de la pared sobre la que se vaya a aplicar.
- **Adherencia:** es la capacidad de absorber, tensiones normales y tangenciales a la superficie que une el mortero y una estructura, es decir a la capacidad de responder monolíticamente con las piezas que une ante solicitudes de carga.

En el caso de la mampostería, para obtener una buena adherencia es necesario que la superficie sobre la que se va a colocar el mortero sea tan rugosa como sea posible y tenga una absorción adecuada, comparable con la del mortero.

- **Resistencia:** Si el mortero es utilizado como pega, debe proporcionar una unión resistente. Si el mortero va a ser utilizado para soportar cargas altas y sucesos, tal es el caso de la mampostería estructural, debe poseer una alta resistencia a la compresión.

El tamaño de los granos de la arena juega un papel importante en la resistencia del mortero; un mortero hecho con arena fina será menos denso

que un mortero hecho con arena gruesa para un mismo contenido de cemento. Por último, el contenido de agua del mortero tiene influencia sobre su resistencia; los morteros secos dan mayor resistencia que los morteros húmedos, porque pueden ser más densamente compactados.

- Durabilidad: Al igual que en el concreto, la durabilidad se define como la resistencia que presenta el mortero ante agentes externos como: Baja temperatura, penetración de agua, desgaste por abrasión y agentes corrosivos. En general, se puede decir que morteros de alta resistencia a la compresión tienen buena durabilidad.
- Apariencia: La apariencia del mortero después de fraguado juega un importante papel en las mamposterías de ladrillo a la vista; para lograr una buena apariencia es necesario aplicar morteros de buena plasticidad
- Secado: Para evitar agrietamiento del mortero al secarse, debe considerarse la temperatura a la que se encuentre expuesto, debido a que, si está presente una temperatura alta, el cemento se secura considerablemente rápido en su área externa, generándose de esta manera las grietas. En el hipotético caso de que la mezcla se encuentre presente en un ambiente con temperaturas altas, será necesario hidratar la capa expuesta de forma gradual y controlada [12].

3.2.6 DOSIFICACIÓN DE MORTEROS

3.2.6.1 Proceso

Como toda preparación de alguna mezcla se debe tener en cuenta los datos sobre lo que vamos a tratar, en este caso, la obra a realizar, las propiedades de los materiales que serán utilizados para la preparación del mortero.

3.2.6.1.1 Datos de la obra

Se obtendrán los requisitos correspondientes y planos de la obra, partiendo de ahí se determina todos o algunos de los datos a continuación:

- Finura del agregado recomendado (Módulo de finura)
- Máxima relación agua/cemento
- Fluidez recomendada
- Mínimo contenido de cemento
- Condiciones de exposición
- Resistencia a la compresión de diseño del mortero.

3.2.6.1.2 Datos de los materiales

Por medio de ensayos de laboratorio se establecen las características de los materiales basados en muestras representativas del material a utilizar en la obra. Una buena guía son las normas NTC. Las propiedades que se deben determinar son:

- Cemento:
 - Densidad (G_c).
 - Masa unitaria suelta (MUS_c).
- Agua
 - Densidad (G_a), se puede asumir $G_a = 1,00 \text{ kg/dm}^3$.
- Agregado Fino
- Análisis granulométrico del agregado incluyendo el cálculo del módulo de finura (MF).
- Densidad aparente seca (G_f) y porcentaje de absorción del agregado ($\% ABS_f$).
- Porcentaje de humedad del agregado inmediatamente antes de hacer las mezclas (W_n).
- Masa unitaria suelta (MUS_f).

3.2.6.2 Pasos a seguir

Para obtener la mezcla ideal se hacen pruebas basadas en unas proporciones iniciales como se indica a continuación:

- A. Selección de la fluidez.
- B. Determinación de la resistencia de dosificación.
- C. Selección de la relación agua/cemento.
- D. Estimación del contenido de cemento.
- E. Cálculo de la cantidad de agua.
- F. Cálculo del contenido de agregado.
- G. Cálculo de las proporciones iniciales.
- H. Primera mezcla de prueba. Ajuste por humedad del agregado.
- I. Ajustes a las mezclas de prueba.

A. Selección de la fluidez.

El % de Fluidez debe determinarse de acuerdo con la norma NTC 111. O en su defecto tomar como guía la tabla 2.

B. Determinación de la resistencia de dosificación

El mortero debe dosificarse y producirse para asegurar una resistencia promedio lo suficientemente alta, minimizando la frecuencia de resultados de pruebas de resistencia por debajo de la resistencia tomada para diseño. La NSR/98 "Norma Colombiana de diseño y construcción sismo resistente" clasifica los morteros así:

- Morteros de pega.
- Mortero de relleno.
- Mortero de inyección.

C. Selección de la relación A/C.

La relación agua/cemento (A/C) requerida se debe determinar no sólo por los requisitos de resistencia, sino también por factores de durabilidad, retracción, etc. Puesto que distinto cemento, agua y agregado producen generalmente resistencias diferentes con la misma A/C, es muy conveniente encontrar la relación entre la resistencia y la A/C para los materiales que se usarán realmente.

Ecuación para el límite superior arenas gruesas

$$R_{cMortero\ 28d} = \frac{666.57}{6.59^{\frac{A}{C}}}$$

Ecuación para límite inferior (arenas finas).

$$R_{cMortero\ 28d} = \frac{851.12}{19.86^{\frac{A}{C}}}$$

$R_{cMortero\ 28d}$ = Resistencia a la compresión del mortero a los 28 días en $\frac{kg}{cm^2}$.

$\frac{A}{C}$: Relación Agua - Cemento en masa.

La durabilidad no se tendrá en cuenta en este procedimiento, debido a que no existen en el país normas reglamentarias al respecto, como sí sucede con el concreto.

D. Estimación del contenido de cemento

$$\text{Cantidad de cemento} \left(\frac{kg}{m^3} \text{ concreto} \right) = C = \frac{A}{\left(\frac{A}{C} \right)}$$

Si se va a emplear aditivo, se determina la cantidad así: (teniendo en cuenta las recomendaciones del fabricante, por lo general, la cantidad de aditivo se da como un % de la masa del cemento).

$$\text{Cant. Aditivo} = Ad. \left(\frac{kg}{m^3} \text{ concreto} \right) = \% \text{ escogido} * C$$

E. Cálculo de la cantidad de agua.

$$A = \text{Cantidad de agua} \left(\frac{kg}{m^3} \text{ mortero} \right) = A = C * \left(\frac{A}{C} \right)$$

Si se va a emplear aditivo se deben consultar las recomendaciones del fabricante, si es del caso reducir la cantidad de agua y cemento.

$$Ad. = \text{Cant. de aditivo} = \left(\frac{kg}{m^3} \text{ de mortero} \right) = C * \% \text{ escogido}$$

Cálculo del contenido de agregado.

Vf = Volumen absoluto del agregado dm³

$$Vf = 1000 - \frac{C}{G_c} - \frac{A}{G_a} - \frac{Ad}{G_{Ad}}$$

C = Cantidad de Cemento (kg.)

A = Cantidad de Agua (kg.)

Ad. = Cantidad de Aditivo (kg.)

G_c = Densidad del Cemento $\left(\frac{\text{kg.}}{\text{dm}^3}\right)$

G_a. = Densidad del Agua $\left(\frac{\text{kg.}}{\text{dm}^3}\right)$

G_{ad.} = Densidad del Aditivo $\left(\frac{\text{kg.}}{\text{dm}^3}\right)$

Vol. absoluto material = $\frac{\text{Masa material}}{\text{Densidad}}$

Pf = Masa seca del agregado $\left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ mortero}\right)$

Pf = Vf * Gf

[15]

F. Cálculo de las proporciones iniciales

El método más práctico para expresar las proporciones de un mortero es indicarlo en forma de relación por masa de agua, cemento y agregado tomando como unidad el cemento.

Fórmulas para calcular las proporciones iniciales (en masa seca del agregado):

a : c : f

a/c : 1 : f

$$\frac{a}{c} = \frac{A}{C}$$

$$f = \frac{Pf}{C}$$

[15]

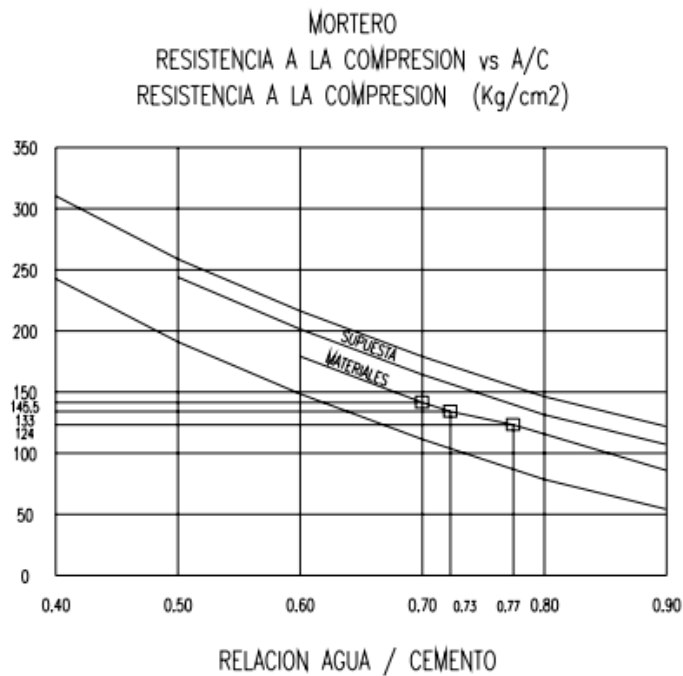


Figura 7. Relación agua/cemento [15].

G. Primera mezcla de prueba. Ajuste por humedad del agregado.

Para el cálculo de las proporciones adecuadas se deben verificar las proporciones iniciales calculadas las cuales se verifican por medio de ensayos de fluidez y resistencia hechos a mezclas de prueba elaboradas ya sea en el laboratorio o en el campo, teniendo en cuenta la humedad del agregado.

Cuando no se cumple con la fluidez y/o la resistencia requerida se debe hacer los ajustes a la mezcla de prueba [15].

H. Ajustes a la mezcla de prueba

a. Ajuste por fluidez

Al momento de elaborar la primera mezcla se establecerá la cantidad de agua necesaria para producir la fluidez requerida. Si esta cantidad no cumple los requisitos, es necesario calcular los contenidos ajustados de cemento y agregado, y las proporciones ajustadas, teniendo en cuenta que, si se mantiene constante el volumen absoluto de agua por unidad de volumen de mortero, la fluidez no presenta mayor cambio al variar un poco los volúmenes absolutos de cemento y agregado fino [15].

b. Ajuste por resistencia

Se prepara una segunda mezcla de prueba con las proporciones ajustadas, que debe cumplir con la fluidez y se elaboran muestras para el ensayo de resistencia. Si las resistencias obtenidas difieren de la resistencia de dosificación (R'_{mm}), se reajustan los contenidos de cemento y agregado, determinando las proporciones ajustadas, dejando constante la cantidad de agua por volumen unitario de mortero, para mantener la fluidez [15].

4. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

4.1. METODOLOGÍA

Para lograr el diseño de una máquina automatizada para la mejora del proceso de mezclado de cemento y lograr el objetivo general planteado al inicio de este documento, se realiza una investigación descriptiva en la cual se identifican las herramientas a utilizar y los factores que influyen en el diseño del sistema, identificando varias etapas, las cuales son fundamentales para entregarle a la comunidad, una herramienta diseñada para facilitar el proceso de mezclado.

El método de investigación aplicado en este proyecto es analítico - sintético que consiste en descomponer sus partes o elementos para observar las causas, la naturaleza y los efectos, para después relacionar cada reacción mediante la elaboración de una síntesis general del fenómeno estudiado.

Teniendo en cuenta las pruebas que realizamos las cuales consistieron en hacer una docena de probetas que se encuentran divididas en grupos de tres, las mezclas de mortero de cada grupo de estas, tenían dosificaciones diferentes de materia prima el primer grupo contaba con las dosificaciones otorgadas por la empresa Ultracem la cual tuvo colaboración en este proyecto suministrándonos información, el resto de grupos tenía en exceso un material específico de cada uno ya fuera cemento, arena o agua.

Todo esto con la finalidad de mejorar la calidad de vida de las personas que trabajan en las construcciones y están encargadas de la elaboración de mezcla, garantizando los siguientes resultados: generación de nuevo conocimiento o desarrollo tecnológico, fortalecimiento de la capacidad científica tecnológica y apropiación social del conocimiento.

Figura 3. planeación diseño de máquina automatizada para la mejora del proceso de mezclado de cemento.

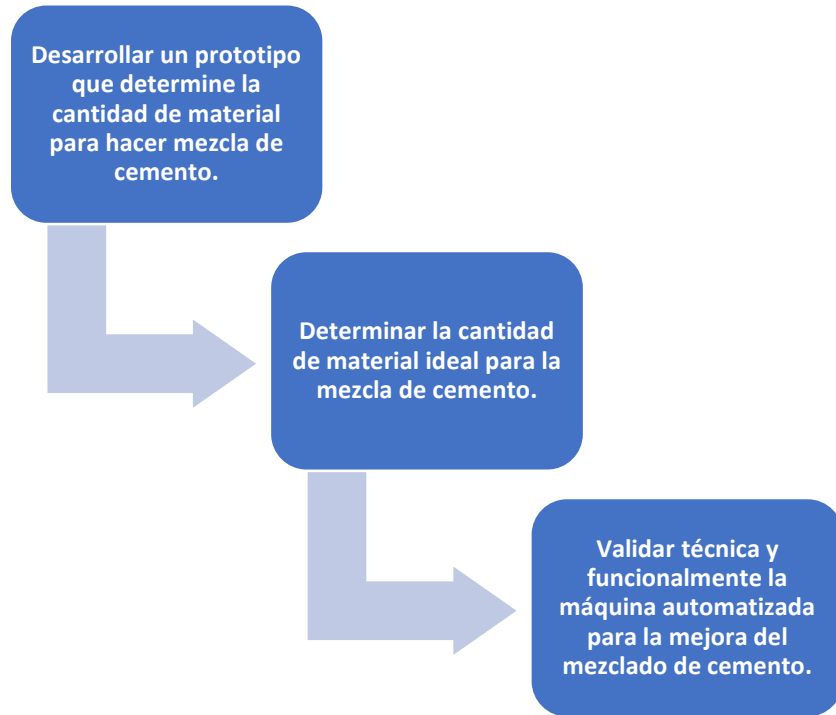


Figura 8. Planeacion diseño de maquina automatizada para la mejora del proceso de mezclado de mortero de cemento

Principalmente, para comenzar con la investigación empezamos a analizar los materiales que son utilizados en construcciones comunes y que tipo de cemento es el más utilizado para así poder determinar las diferentes cantidades de materiales que se utilizan para la elaboración de una mezcla de cemento optima y así poder emplear que medidas vamos a utilizar en la estandarización de la máquina ya que para cada tipo de cemento hay una manera distinta de hacer su mezclado; llegamos a la conclusión que el tipo de cemento que normalmente se utiliza en las construcción de casas y edificios no muy grandes es el cemento tipo 1 el cual es obtenido al mezclar el Clinker con el yeso. Describimos a continuación la metodología para saber las cantidades de materiales para una mezcla óptima.

Desarrollar un prototipo que determine la cantidad de material para hacer mezcla de cemento.

Cantidad minima de material con los cuales se puede llegar hacer una buena mezcla de cemento para ser utilizada de una manera segura.

Cantidad ideal sin alejarse demasiado de los niveles minimos de material para la mezcla optima.

Crear base de almacenamiento de datos para saber la cantidad de material a utilizar y que tanto se encuentra en la maquina.

Ejecucion de codigo para la separacion de material.

Generacion de resultados.

Figura 9. Requerimientos del dispositivo

4.1.1. Fase 1:

Realizar un estudio que muestre las cantidades óptimas de material para la mezcla de cemento.



Figura 10. realización de mezcla. Propia autoría.

En esta fase se hace el primer contacto práctico en el cual se basa el trabajo, aquí después de analizar y probar que combinaciones de material es la mejor para su fabricación se llega a la conclusión que se tomaran una cantidad de cemento por 3 cantidades de arena y una de agua, esto para cemento tipo 1 que es el más utilizado en construcciones comunes; se llegan a estas medidas mediante información que muy amablemente fue proporcionada por la empresa de cemento ULTRACEM para posteriormente validarla haciendo pruebas mezclándolo y dejando secar para luego pasar hacer su respectiva prueba de resistencia.

POR TONELADA							
TOTAL PRODUCCION	MORTERO TIPO S 125 kg/cm2 TM N°16 V.1 G	MORTERO TIPO N 75 kg/cm2 TM N°8 V.1	MORTERO TIPO M 175 kg/cm2 TM N°16 V.1	MORTERO TIPO GROUT PROCESO	MORTERO TIPO PISO PROCESO	MORTERO TIPO N ESP CAL PROCESO	MORTERO ESPECIAL PROCESO
Descripcion	FACTOR REAL	FACTOR REAL	FACTOR REAL	FACTOR REAL	FACTOR REAL	FACTOR REAL	FACTOR REAL
ARENA FINA							
ARENA FINA SECA	77,00%	81,00%	73,00%	79,80%	73,00%	82,00%	60,00%
CEMENTO MAMPOSTERIA	23,00%	19,00%	27,00%		27,00%		40,00%
CEMENTO ART				17,00%		13,50%	
CAL HIDRATADA				3,00%		4,50%	
Total Costos Variables \$							

Tabla 2. porcentaje de materiales. Suministrada ULTRACEM.



Figura 11. realización de probetas. Propia autoría.

Después de haber esperado que la muestra cumpla con el tiempo requerido para su correcto secado el cual la NTC 3546 nos indica que son 28 días se procede a su prueba de resistencia el cual se hace mediante una prensa la cual va ir aplicando presión y consecuentemente va aumentando hasta llegar al punto donde la probeta falle y se fracture.



Figura 12. Probetas después de 28 días de secado. Propia autoría.

Al fracturarse la muestra de prueba se guardan los datos para poder analizarlos y verificar a que presión fallo y así poder determinar si la combinación de material que se utilizo estuvo muy deficiente o si por el contrario fue una combinación ideal.



Figura 13. Control de calidad. [13]

4.1.2. Fase 2:

Diseñar una máquina con capacidad de mejora en la disponibilidad de materia prima, permitiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.



Figura 14. tanques de almacenamiento. Propia autoría.

Para el desarrollo de esta fase ya tenemos visto cómo será nuestra máquina la cual contara con 2 tanques de almacenamiento en los que se encontrarán ubicados los materiales que son arena y cemento, cada uno en un tanque diferente. Para hacer el proceso de medición cada tanque cuenta con sensores de ultra sonido los cuales nos muestran una lectura interna de cómo está el nivel de material dentro de los

silos de almacenamiento, como esta información es visual y está en la primera pantalla que muestra nuestra maquina siempre al momento de iniciarse o hacer otro ciclo nos mostrara en qué nivel se encuentra los materiales.

```

void nivel2()
{
  long t1; //timepo que demora en llegar el eco
  long dl; //distancia en centimetros
  digitalWrite(Trigger1, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(Trigger1, LOW);
  t1 = pulseIn(Echol, HIGH);
  dl = t1/59;
  if ( dl >= 29)
  {
    myGLCD.setColor(220, 218, 201);
    myGLCD.fillRoundRect(192, 151, 258, 139);
  }
  if ( dl <=29 && dl >=25)
  { myGLCD.setColor(220, 218, 201);
    myGLCD.fillRoundRect(192, 151, 258, 126);
  }
  if ( dl<=24 && dl>=21)
  { myGLCD.setColor(220, 218, 201);
    myGLCD.fillRoundRect(192, 151, 258, 113);
  }
  if (dl<=20 && dl >=17){
    myGLCD.setColor(220, 218, 201);
    myGLCD.fillRoundRect(192, 151, 258, 100);
  }
  if ( dl<= 16 && dl>=13){
    myGLCD.setColor(220, 218, 201);
    myGLCD.fillRoundRect(192, 151, 258, 87);
  }
  if ( dl<= 16 && dl>=13){
    myGLCD.setColor(220, 218, 201);
    myGLCD.fillRoundRect(192, 151, 258, 87);
  }
  if ( dl<=12 && dl>=9){
    myGLCD.setColor(220, 218, 201);
    myGLCD.fillRoundRect(192, 151, 258, 74);
  }
  if ( dl<=8 && dl>=5){
    myGLCD.setColor(220, 218, 201);
    myGLCD.fillRoundRect(192, 151, 258, 61);
  }
  if (dl<=4){
    myGLCD.setColor(220, 218, 201);
    myGLCD.fillRoundRect(192, 151, 258, 51);
  }
  delay(100);
}

```

Figura 15. código nivel en los silos. Propia autoría.

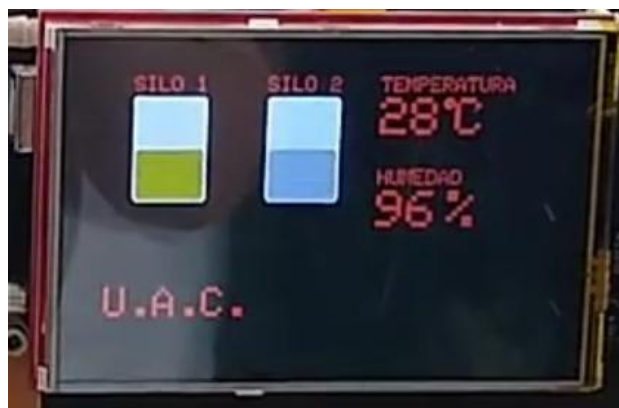


Figura 16. Pantalla de inicio. Propia autoría.

Para tener más control de las condiciones internas de los silos se le fue agregado un sensor de temperatura y humedad DHT22 el cual testea al momento de encender la máquina y después de cada proceso terminado manteniendo siempre la temperatura y humedad relativa en tiempo real.

```

void temperatura() {
  delay (2000);
  for (int p=0; p<5 ; p++)
  {
    T = dht.readTemperature ();
    H = dht.readHumidity ();
    myGLCD.setTextSize (2);
    myGLCD.setTextSize (5);
    myGLCD.setColor (255, 0, 0);
    myGLCD.setCursor (300,50);
    myGLCD.println (T);
    myGLCD.fillCircle (367,55, 5);
    myGLCD.print ( "C", 373,50);
    myGLCD.setTextSize (2);
    myGLCD.setTextSize (5);
    myGLCD.setColor (255, 0, 0);
    myGLCD.setCursor (300,140);
    myGLCD.println (H );
    myGLCD.print ("%", 370,140);
    delay (500);
  }
}

```

Figura 17. Código sensor de temperatura y humedad. Propia autoría.

La salida de material está controlada por una compuerta en cada boca de los silos los cuales se abren por una cantidad de tiempo determinada y se vuelven a cerrar así tenemos el control del material que está entrando a la mezcladora.



Figura 18. Compuerta silos. Propia autoría.

```

void loop() {

digitalWrite(4,LOW);
digitalWrite(7,LOW);
digitalWrite(8,LOW);

while (digitalRead(4) == HIGH) {

    servoMotor.write(70);
    servo2.write(70);
    delay(1000);
    servoMotor.write(0);
    delay(14000); // tiempo de apertura en segundos
    servoMotor.write(70);
    servo2.write(0);
    delay(5000); // tiempo de apertura en segundos
    servo2.write(70);
    delay(8000); // tiempo de espera para activar la electroválvula
}
}

```

Figura 19. Código control de compuertas silo. Propia autoría.

En el control de salida del agua y conteo por litros de la misma que pasa a través del sistema de tuberías del prototipo, se instaló un dispositivo el cual va a permitir o impedir el flujo de esta, dicho dispositivo es una electroválvula, la cual se activa y desactiva por medio de un módulo relé, el cual se activara a su vez con una señal alta que será proporcionada por uno de los dos Arduino, para que posteriormente esta permita el paso del agua que va directo hasta el sensor de caudal para comenzar con la lectura en la cual se hace el mismo procedimiento, le decimos cuanto en agua queremos que deje pasar y cuando este llega a la cantidad de agua se vuelve a desactivar la electroválvula impidiendo el paso de agua.

```

digitalWrite(pinRELE, HIGH); //se activa el rele y abre la electroválvula
do{
float frecuencia=ObtenerFrecuecia();
float caudal_L_m=frecuencia/factor_conversion;
dt=millis()-t0;
t0=millis();
volumen=volumen+(caudal_L_m/60)*(dt/1000);
}while (volumen<=0.500);
digitalWrite(pinRELE, LOW); // se desactiva el rele y cierra la electro válvula
volumen=0; // llevamos los datos a cero de nuevo
delay (2000);
}

```

Figura 20. Código sensor de caudal y electroválvula. Propia autoría.

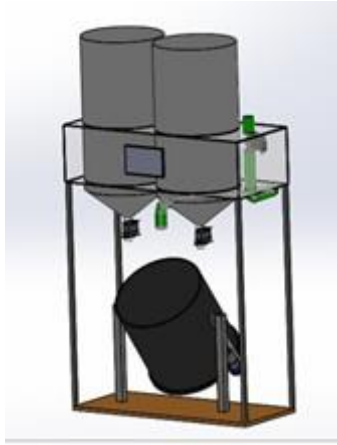


Figura 21. Diseño del prototipo. Propia autoría.

4.1.3. Fase 3:

Validar técnica y funcionalmente el prototipo.



Figura 22. Prototipo final. Propia autoría.

Con el prototipo final ensamblado y en funcionamiento, se procede a realizar un testeo de cada etapa de funcionamiento, comenzando con la interfase gráfica y los sensores los cuales presentan cierta información en la pantalla. todo este tramo de proceso se encuentra controlado por el Arduino mega; luego de corroborar que todo se encuentra funcionando correctamente, continuamos con la verificación de la etapa de actuación, que se encuentra controlada por el Arduino uno, el cual simula un subproceso que depende del sistema de control principal, haciendo que este sea

el controlador MASTER y el Arduino uno funciona como el controlador ESCLAVO puesto que este no empezara su labor hasta que el controlador MASTER le dé la orden de iniciar el proceso. Al probar que todo funcionara correctamente procedimos a hacer la primera probeta, haciendo que todo funcione en conjunto. Y todo esto controlado por el módulo de pulsadores selectores de probeta, haciendo disposición de estos, seleccionamos la función con la que hicimos la prueba realizando una probeta especifica.



Figura 23. Prototipo final fase de prueba. Propia autoría.

4.2. CRONOGRAMA – PLAN DE TRABAJO



 Universidad Autónoma del Caribe Proyecto de Grado - Ingeniería Mecatrónica PLAN DE TRABAJO 					
Componentes	Descripción	Fecha Inicio	Fecha Final	Duración	Valores Presupuesto
OBJETIVO 1	Determinar la cantidad de material ideal para la mezcla de mortero de cemento.				
Actividad 1	Ancuesta con albañiles.			Dos	\$ 20.000
Actividad 2	realizar muestras con los datos de los albañiles.			Dos	\$ 20.000
Actividad 3	investigar las cantidades preestablecidas en el comercio.			Dos	\$ -
Actividad 4	realizar muestras con los datos preestablecidos en el comercio.			Dos	
Actividad 5	hacer prueba de resistencias a las muestras obtenidas.			Uno	
Actividad 6	comparar resultados de ambas pruebas.			Dos	
Actividad 7	conclusiones.			Uno	
OBJETIVO 2	Diseñar un prototipo con capacidad de dosificar cantidades precisas para hacer mortero de cemento.				
Actividad 8	Realizar un diseño a mano alzada para determinar las dimensiones que tendrá el prototipo.			Tres	
Actividad 9	Elaborar diseño en SolidWorks con las medidas correspondientes.			Diez	
Actividad 10	Definir materiales, procesos de manufactura, técnicas de ensamblado y montaje.			Dos	
Actividad 11	Contemplar los costos de cada componente y su correspondiente herramienta.			Cinco	
Actividad 12	Estimar tiempos de desarrollo de equipos, herramientas y producto				
Actividad 13	Aprovechamiento de material			Uno	
OBJETIVO 3	3. Validar técnica y funcionalmente el prototipo automatizado para la mejora en el momento de hacer mortero de cemento.				
Actividad 14	Comprobar el cumplimiento de las especificaciones establecidas en las fases anteriores, facilitando su paso a producción.			Dos	
Actividad 15	Realizar ensayos para facilitar el nexo entre la fase de diseño y la fase de producción			Cuatro	
Actividad 16	Sofisticar las especificaciones y proveedores.			Cuatro	
Actividad 17	Verificación del embalaje, logística y distribución del producto.			Dos	
Actividad 18	Asegurar la trazabilidad del producto.			Uno	
	Actualización de la Líneas Base del Proyecto				
	Admon y Gerencia del Proyecto				
	Procesos de selección objetiva				
TOTAL	Estudio de Resultados del proyecto				

Tabla 3. Cronograma de actividades.

5. PRESUPUESTO

5.1 PRESUPUESTO GENERAL


 <p style="font-size: small;">UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CARIBE Barranquilla, Atlántico</p>	PRESUPUESTO PARA PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN				GC-IV-PR-05-03
					Versión 4
					16/10/2018
PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO					
RUBROS	Fuentes de Financiamiento				Total
	Vicerrectoría de Investigación y Transferencia UAC	Facultad / Programa	Otras fuentes Externas	Contrapartida UAC	
1. Personal Científico	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 5.156.928	\$ 5.156.928
2. Personal de Apoyo	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 1.784.800	\$ 1.784.800
3. Consultoría Especializada y Servicios Técnicos	\$ 0	\$ 0	\$ 500.000	\$ 0	\$ 500.000
4. Materiales e Insumos	\$ 0	\$ 350.000	\$ 0	\$ 0	\$ 350.000
5. Salidas de Campo	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
6. Equipos	\$ 0	\$ 1.800.000	\$ 0	\$ 2.500.000	\$ 4.300.000
7. Bibliografía	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
8. Difusión de Resultados	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 600.000	\$ 600.000
9. Viajes	\$ 0	\$ 34.000	\$ 0	\$ 0	\$ 34.000
TOTAL, PRESUPUESTO DEL PROYECTO	\$ 0	\$ 2.184.000	\$ 500.000	\$ 10.041.728	\$ 12.725.728

Tabla 4. Presupuesto general.

5.2 PERSONAL CIENTÍFICO Y DE APOYO

El presupuesto invertido en este rubro consiste en el costo del tiempo empleado por el personal de investigación vinculados a este proyecto, que incluye a los directores y a los auxiliares de investigación.

1. Personal científico										
Nombres y Apellidos	Función dentro del Proyecto	Tipo de Contrato	Valor Hora (\$)	Dedicación Horas/semana	No. de Semanas	Fuentes de Financiamiento				
						vicerectoría de Investigación y Transferencia	Facultad / Programa	Otras Fuentes Externas	Contrapartida UAC	SUB-TOTAL
SAUL PEREZ.	Invest. Principal	Titular	\$ 46.666	2	32				\$ 2.986.624	\$ 2.986.624
CARLOS SOTO.	Co-Investigador	Instructor	\$ 33.911	2	32				\$ 2.170.304	\$ 2.170.304
3.			FALSO						\$ 0	\$ 0
4.			FALSO						\$ 0	\$ 0
5.			FALSO						\$ 0	\$ 0
6.			FALSO						\$ 0	\$ 0
SUB-TOTAL						\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 5.156.928	\$ 5.156.928

Tabla 5. Costo personal científico.

2. PERSONAL DE APOYO										
Nombres y Apellidos	Función dentro del Proyecto	Tipo de Vinculación	Valor Hora (\$)	Dedicación Horas/semana	No. de Semanas	Fuentes de Financiamiento				
						Vicerrectoría de Investigación y Transferencia	Facultad / Programa	Otras Fuentes Externas	Contrapartida UAC	SUB-TOTAL
ANDRES BOTERO.	Aux. Investigación	Semillero	\$ 2.231	10	40				\$ 892.400	\$ 892.400
OMAR CASTRO.	Aux. Investigación	Semillero	\$ 2.231	10	40				\$ 892.400	\$ 892.400
3.			FALSO						\$ 0	\$ 0
4.			FALSO						\$ 0	\$ 0
5.			FALSO						\$ 0	\$ 0
SUB-TOTAL						\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 1.784.800	\$ 1.784.800

Tabla 6. Costo personal de apoyo.

5.3 CONSULTORIA ESPECIALIZADA

3. CONSULTORIA ESPECIALIZADA Y SERVICIOS TECNICOS EXTERNOS						
Descripción	Justificación	Fuentes de Financiamiento				
		vicerectoría de Investigación y Transferencia	Facultad / Programa	Otras Fuentes Externas	Contrapartida UAC	SUB-TOTAL
1. Visitas Ingeniero Civil	Determinar condiciones óptimas de la muestra			\$ 500.000		\$ 500.000
2.						\$ 0
3.						\$ 0
SUB-TOTAL		\$ 0	\$ 0	\$ 500.000	\$ 0	\$ 500.000

Tabla 7. Costo consultoría especializada.

5.4 MATERIALES, INSUMOS Y EQUIPOS

El presupuesto dedicado a esta sección incluye materiales utilizados para la elaboración del proyecto, costo de los equipos utilizados, material para la fabricación de las probetas, viajes a comprar insumos y transporte al laboratorio para hacer prueba de resistencia a las probetas hechas.

4. MATERIALES E INSUMOS						
Descripción	Justificación	Fuentes de Financiamiento				
		Vicerrectoria de Investigación y Transferencia	Facultad / Programa	Otras Fuentes Externas	Contrapartida UAC	SUB-TOTAL
Arduinos	controlador del sistema.		\$ 120.000			\$ 300.000
sensor ultrasonido.	control cantidad de material almacenado.		\$ 20.000			\$ 20.000
caudalímetro.	control cantidad agua utilizado.		\$ 30.000			\$ 30.000
electrovalvula.	controlar la apertura y cierre del agua.		\$ 25.000			\$ 25.000
SUB-TOTAL		\$ 0	\$ 170.000	\$ 0	\$ 0	\$ 195.000

Tabla 8. Costo materiales e insumos.

5. SALIDAS DE CAMPO									
Descripción	Lugar	No. de Días	No. de Personas	Costo/día por persona	Fuentes de Financiamiento				
					Vicerrectoria de Investigación y Transferencia	Facultad / Programa	Otras Fuentes Externas	Contrapartida UAC	SUB-TOTAL
prueba de muestras.	UAC	1	\$ 3,00						\$ 0
2.									\$ 0
3.									\$ 0
4.									\$ 0
SUB-TOTAL					\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0

Tabla 9. Costo trabajo de campo.

6. EQUIPOS							
Descripción	Justificación	Cantidad	Fuentes de Financiamiento				SUB-TOTAL
			vicerectoria de Investigación y Transferencia	Facultad / Programa	Otras Fuentes Externas	Contrapartida UAC	
computadores.	programación y simulación del sistema.	2		\$ 1.800.000			\$ 1.800.000
equipo de laboratorio.	pruebas de material.	1				\$ 2.500.000	\$ 2.500.000
3.							\$ 0
4.							\$ 0
SUB-TOTAL			\$ 0	\$ 1.800.000	\$ 0	\$ 2.500.000	\$ 4.300.000

Tabla 10. Costo equipos usados

6 PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1 DISEÑO DEL PROTOTIPO

Para llegar a una idea clara de cómo sería nuestro prototipo tuvimos en cuenta varios factores el primero era en cómo íbamos a tener almacenado el material y el segundo como hacer su dosificación, por esta razón decidimos optar por un diseño tipo silo ya que estos están diseñados para mantener guardados granos y no se afecten por la humedad, en nuestro caso necesitamos mantener el cemento y arena lo más seco posible para que las propiedades de la mezcla de mortero de cemento no se vean afectadas en el proceso de secado. Este diseño también nos funcionaba por la manera en que vamos hacer la dosificación pues este al ser de forma cónica en su parte inferior con la ayuda de la gravedad sale el material sin necesidad de utilizar ningún tipo de agitador, a continuación, se puede apreciar los diseños del dispositivo:

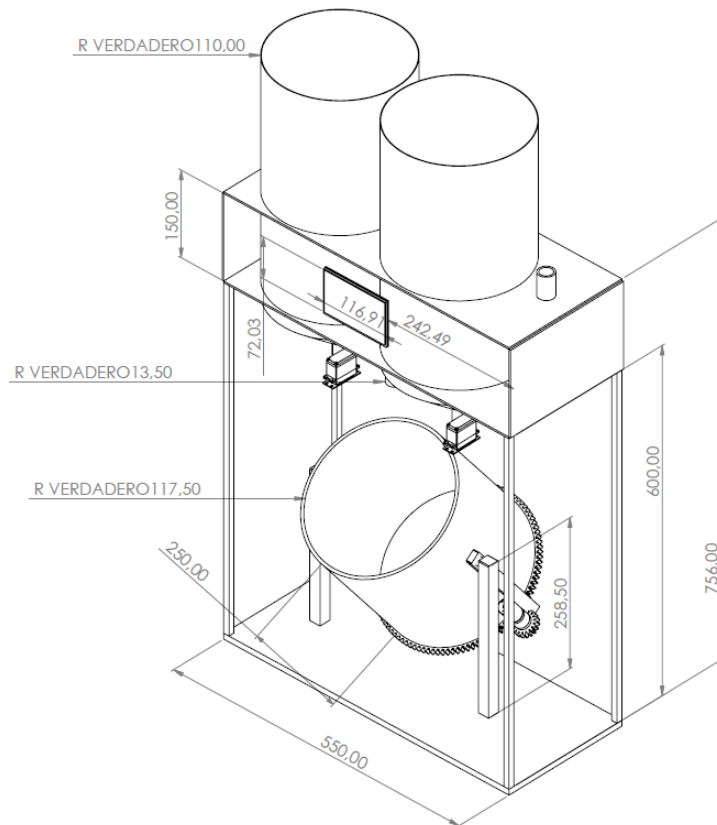


Figura 24. Vista isométrica del prototipo con cotas milimétricas (mm) (propia autoría).

6.2 DISEÑO DISPOSITIVO FINAL

6.2. MATERIALES

A continuación, se hará una descripción de los dispositivos usados para la construcción del prototipo correspondiente a este documento, y se explicara el funcionamiento que desempeñan estos.

6.2.1. SISTEMAS DE CONTROL.

6.2.1.1. ARDUINO MEGA

Se dispuso del uso de un Arduino MEGA como dispositivo de control principal del dispositivo, este está encargada de la recolección de información a través de los sensores, se encarga de la etapa de inicio y selección de funciones, y también se encarga de presentar ciertos datos en la pantalla LCD.

Este sistema de control se encarga también de la comunicación con otro subsistema, por medio de tres pines que tienen como función emitir una señal puntual que será reconocida por el dispositivo receptor, para indicarle a este las acciones que se requieren que haga.



Figura 25. Arduino mega (propia autoría).

6.2.1.2. ARDUINO UNO

Debido a la carencia de terminales libres en el Arduino MEGA implementado, y a la lo extenso que es el código, con fines de optimizar memoria de almacenamiento y poder trabajar de forma más eficiente, se optó por implementar el sistema de actuación en este dispositivo.

El funcionamiento de este Arduino consta en la activación y desactivación de los servomotores implementados en las compuertas de los silos del prototipo, en la activación y desactivación de la electroválvula, y activación y desactivación del motor que se encarga de mover la mezcladora de cemento, además, usa información presentada por el sensor de caudal, para determinar el momento de cierre de la electroválvula.



Figura 26. Arduino uno (propia autoría).

6.2.1.3. DIMMER

Considerando la alta velocidad proporcionada por el motor que fue implementado, se debió implementar este dispositivo con el fin de controlarla, haciendo que de esta forma se evitara el mal funcionamiento del proceso de mezclado.



Figura 27. Dimmer (propia autoría).

6.2.2. SENSORES

6.2.2.1. SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD.

Este módulo se encarga de brindar la información de la arena que estará en uno de los silos, debido a que este material por lo general está expuesto a medio ambiente, se requiere que cumpla con unas condiciones puntuales para evitar obstrucciones en los conductos de salida del silo, y a su vez, nos permite garantizar que el agua contenida en la mezcla que posteriormente se hará, será la que se requería implementar.

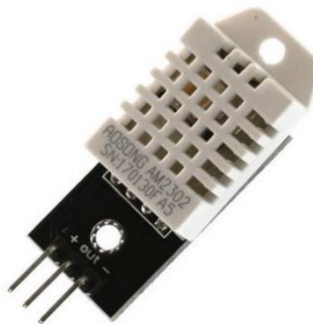


Figura 28. Sensor de humedad y temperatura (propia autoría).

6.2.2.2. CAUDALIMETRO

Como su nombre lo indica, este sensor se encarga de medir el caudal de agua que estará pasando por las tuberías del prototipo, con el fin de determinar el volumen de agua que estará entrando en la mezcladora, y así garantizar que la proporción de agua sea siempre la misma, dependiendo de la cantidad de mortero que se quiera preparar.



Figura 29. Sensor de caudal (propia autoría).

6.2.2.3. SENSORES DE ULTRASONIDO

Estos sensores se encargan de indicar la cantidad de material que se encuentra en cada uno de los silos, con el fin de conocer sin necesidad de abrir estos mismo, que cantidad de material contienen estos, cabe destacar que la empresa cementera en la que nos apoyamos, cuenta con silos similares, pero no tienen un medio para medir la cantidad de material dentro de estos.



Figura 30. Sensor de ultrasonido con sonda (propia autoría).

6.2.2.4. MODULO DE PULSADORES

De este dispositivo depende la selección de las opciones que se despliegan en la pantalla LCD, también es el que se encarga de dar inicio al proceso y cuenta con un botón para cancelar el procedimiento, en dado caso se requiera de dicha cancelación.



Figura 31. Módulo de pulsadores (propia autoría).

6.2.3. ACTUADORES

6.2.3.1. SERVOMOTORES

Los servomotores fueron implementados en las salidas de los silos, con el fin de crear unas compuertas que permitieran controlar la salida de material, se escogieron servomotores, debido a la fuerza con que cuentan, a la velocidad en que se activan y desactivan y a su relativamente fácil instalación y uso.



Figura 32. Servomotor (propia autoría).

6.2.3.2. ELECTROVALVULA

La electroválvula permite hacer control de la entrada de agua en la mezcladora. Gracias a su rápida apertura y cierre, se garantiza que la cantidad de agua que entra es siempre la misma.



Figura 33. Electroválvula 12V (propia autoría).

6.2.3.3. MOTOR AC

Este dispositivo se encarga del movimiento rotacional de la mezcladora, se escogió de corriente alterna debido a su fuerza y robustez, asegurando que iba a funcionar eficientemente sin importar la carga a la que estaría sometido.

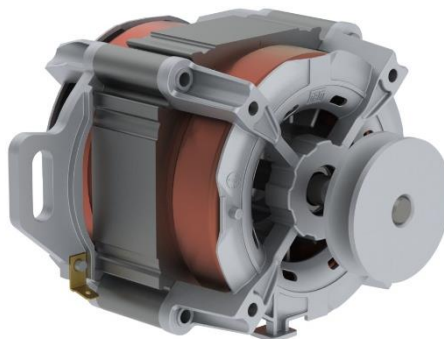


Figura 34. Motor AC (propia autoría).

6.2.3.4. MODULO RELEE

Debido a que requeríamos hacer uso de distintas magnitudes de voltaje, se necesitaba un dispositivo que permitiera manipular estos. Este módulo permite la activación y desactivación de la electroválvula y del motor AC, era indispensable que esto fuese así, debido a que la electroválvula funciona a doce voltios de corriente directa, y el motor a ciento diez voltios de corriente alterna. Así se garantizará que no habrá cortocircuitos o sobrevoltajes en la parte de control.

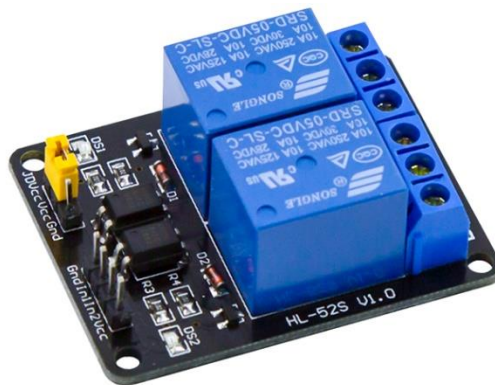


Figura 35. Modulo relé (propia autoría).

6.2.4. RECIPIENTES DE ALMACENAMIENTO

6.2.4.1. SILOS

Estos recipientes tienen como finalidad almacenar la materia prima requerida por el proceso que se implementó.

El prototipo cuenta con dos de estos elementos, uno para el almacenamiento de cemento gris, y el otro para el almacenamiento de arena; debido a que la arena fluye de manera más fácil que el cemento, al respectivo silo se le asignó un tubo con diámetro de una pulgada, y al silo que contendrá el cemento, uno de tres pulgadas, esto garantiza que ambos materiales fluyan continuamente.



Figura 36. Silos de almacenamiento (propia autoría).

6.2.4.2. RECIPIENTE DE LA MEZCLADORA

En este recipiente se depositarán las proporciones requeridas de material, tanto de agua como cemento y arena, y posteriormente se mezclarán dentro del mismo.

La forma de este recipiente garantiza que, al momento de alcanzar la inercia máxima, al motor se le facilite mantener la rotación del mismo.



Figura 37. Mezcladora (propia autoría).

6.3. RECOLECCIÓN DE DATOS

Existen muchos factores que puedan provocar un edificio mal construido, desde elección de productos de mala calidad, falta de conocimientos técnicos básicos o la búsqueda de lo más barato.

Estas construcciones suelen convertirse en un gran dolor de cabeza ya que con el tiempo si no se sabe interpretar las diferentes señales estas construcciones pueden llegar a convertirse en altamente peligrosas tanto para los habitantes como para los moradores aledaños al sector. Según el instituto distrital de gestión de riesgos y cambio climático (INDIGER) solamente “entre el año 2015 y 2017 se han emitido más de 875 actas de recomendación de evacuación o restricción parcial de uso por compromiso de estabilidad y habitabilidad y estas han aumentado a raíz de los requerimientos de la comunidad”, expreso el indiger. Todo esto solo en la ciudad de Bogotá.

Dichas actas de recomendación de evacuación, según explica la entidad, se generan en el marco del principio de precaución. Es decir, cuando se presenta un compromiso total o parcial de la estabilidad de la estructura o en casos donde hay daños que compromete espacios funcionales, como baños y cocinas [22].

6.3.1. MUESTRA POBLACIONAL

Históricamente en Colombia se han vivido muchos casos donde varias edificaciones han presentado fallas estructurales desde las más insignificantes hasta las más graves como lo han sido las caídas de puentes como el puente de chirajara, el desplome del edificio Space con personas dentro de este, siendo estos dos unos de los más destacados a nivel nacional por la poca profesionalidad de las empresas constructoras contratadas. Aparte de estos dos las denuncias por malas construcciones son muchísimas ya que van desde paredes agrietadas columnas fracturadas, pisos rotos y todo esto muchas veces sin que siquiera los propietarios hayan habitado en estos, como ejemplo tenemos los casos de los famosos edificios “enfermos” en la ciudad de Medellín los cuales son Asensi, Altos de San Juan, Colores de Calasania, Altos del Lago, Bernavento, Edificio Babilonia, Edificio

Kampala son otras edificaciones que han dado de qué hablar por fallencias constructivas. Una de las cosas que tienen en común algunos de estos edificios y es algo que ha tenido en cuenta la unidad de investigación de desastres es que señalan de responsable de diseños a Jorge Aristizabal Ochoa, este siendo el mismo ingeniero calculista que fue condenado por la tragedia del edificio Space.

Teniendo en cuenta otro caso destacable de dichas fallas tenemos una casa ubicada en el barrio san José de la ciudad de barranquilla, lo único diferente con respecto a las construcciones antes mencionadas es que al momento de construir la casa no fue mediante ninguna empresa constructora sino mediante los conocidos oficiales de construcción, la falla de dicha casa que cuenta con dos plantas fue la caída total del techo, al respecto del hecho el coordinador operativo de gestión del riesgo Remberto Quintero se pronunció diciendo que “La orden es demoler la vivienda inmediatamente” y concluyo diciendo “La casa no tiene vigas de amarre, esto pudo haber pasado antes. La falla está en la construcción de la vivienda, que quizás se pudo ver afectada por la humedad de estos últimos días. Aunque el problema de origen es que la vivienda estaba mal construida”

Según el DANE al momento de verificar el total del área censada en las 20 áreas de cobertura para el segundo trimestre de 2020, fue 37.076.890 m². De este total, 2.467.335 m² correspondieron a área culminada, 16.806.237 m² a área en proceso y 17.803.318 m² a área que se encontró paralizada. Del área en proceso, 1.852.780 m² son obras nuevas, 12.929.785 m² obras que continúan en proceso y 2.023.672 m² a obras que reiniciaron su proceso constructivo.

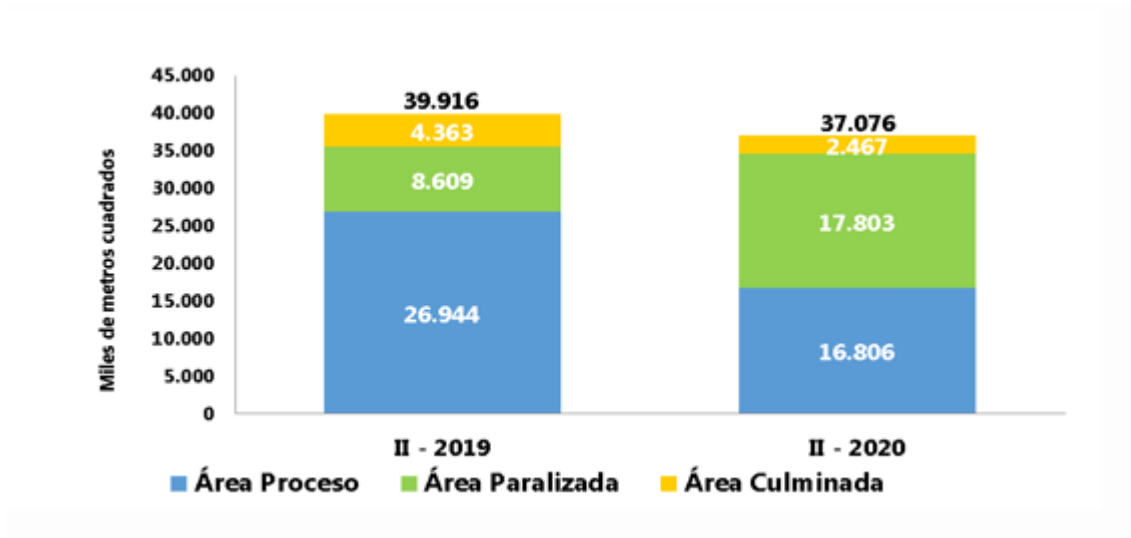


Figura 38. Grafica área en construcción II trimestre 2020.

Teniendo un total de 37.076.890 m² inscritos y 2.467.335 m² de área culminada en el segundo trimestre del 2020, podemos hacer un análisis teniendo en cuenta los antecedentes anteriores mencionados donde las edificaciones y casas fallan nos damos cuenta fácilmente que estos daños no comienzan al inicio de la construcción y raramente finalizando, sino que se dan a ver es cuando ya han pasado un tiempo pero esto es inaceptable ya que una construcción está pensada para durar muchos años en pie y en buenas condiciones con su respectivo mantenimiento.

6.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.4.1. ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS POR EL PROTOTIPO

El diseño de prototipo está construido de tal manera en que sea cómoda su utilización, y que garantice su correcto funcionamiento.

Se implementaron sistemas de seguridad que eviten posibles fallas, acompañados de una correcta disposición de prototipo, será garantizada la correcta funcionalidad de este. a continuación, serán enumeradas las piezas del dispositivo y se hará una breve explicación de en qué consisten estas:



Figura 39. Prototipo final enumerado. Propia autoría.

- **Pieza 1 (Fija):** Representa los circuitos del dispositivo. Los circuitos y dispositivos de control del dispositivo se encuentran resguardados en una caja de madera, la cual se encuentra en la parte superior del dispositivo, esto con el fin de mantenerlos protegidos, puesto que, al manejar agua, arena y cemento, y en el hipotético caso en que estos

llegaran a entrar en contacto con esta parte primordial del dispositivo, podrían presentarse fallas catastróficas y el correcto funcionamiento del prototipo podría verse afectado.

- **Pieza 2 (Fija):** Representara la zona de selección de funciones.
Esta parte del dispositivo es donde se seleccionan las funciones a realizar por este mismo. Se ideo posicionar la en esta parte, debido a que de esta forma los pulsadores estarían cerca de la pantalla, facilitando entender y ver las funciones a escoger.
- **Pieza 3 (Fija):** Representa la parte de almacenamiento de material.
Debido a que en este sector se almacenan las materias primas, las cuales deben cumplir con unas condiciones de humedad puntuales, se decidió situarlos en la parte superior, de esta manera se evitaría que el material se moje por derrames accidentales, y además cuenta con una tapa la cual se ajusta a presión, para evitar el ingreso de líquidos por donde se carga el material.
- **Pieza 4 (Fija):** Representa la zona de admisión de material.
En la zona de admisión de material se encuentra una tapa, la cual es necesario presionar para ajustar su cierre; esta cuenta con tres sensores, dos de ultra sonido y uno de humedad y temperatura. Los sensores de ultra sonido permiten conocer la cantidad de material que se encuentra dentro de cada silo, no obstante, el silo de arena es el único que cuenta con sensor de temperatura y humedad, puesto que este material suele estar en contacto con el ambiente, se requiere que sea secado y tamizado antes de ser ingresado a su respectivo contenedor, puesto que de no ser así, podría generar obstrucciones, para evitar este tipo de inconvenientes y para asegurar una mezcla lo más exacta posible, fue implementado el sensor de temperatura y humedad.

- **Pieza 5 (Movil):** Representa la etapa vaciado de material dentro del recipiente de mezclado.

Estos conductos están conectados directamente a los silos, al final de estos se encuentran una compuerta que permite la salida del material. Los diámetros de los tubos y el tamaño y forma de las compuertas varían por cada silo, debido a que la arena tiene la tendencia a fluir más fácilmente que el cemento, mientras que este último llega a compactarse con su propio peso, teniendo en cuenta esto, se recurrió a hacer el conducto por donde iba a pasar el cemento, más ancho, y el de la arena más pequeño.

- **Pieza 6 (Móvil):** Representa la zona de donde se mezclan las materias primas.

En esta parte encontramos un recipiente que cuenta con una geometría compleja, la cual permite que, al momento de girar, la inercia ayude a que el giro se haga con mayor facilidad, a su vez permite que esta pueda inclinarse hasta llegar a una posición horizontal sin presentar derrames.

- **Pieza 7 (Móvil):** Representa la parte de vaciado manual del producto final.

En esta parte se dispone de una palanca para facilitar la inclinación total de la mezcladora, con el fin de que el material final se desplace hasta caer en el recipiente en que se va a reunir y posteriormente desplazar.

- **Pieza 8 (Fija):** Representa la fijación de todos los componentes.

Esta pieza comprende la estructura principal del dispositivo, siendo la que soporta el peso en conjunto de todos los componentes, además, la que brinda soporte a estos, fue fabricada en ángulos de acero.

- **Piezas 9 (Fija):** Representa la zona de descarga del material final.

Se encuentra en la parte inferior, justo debajo del recipiente de mezclado, es la zona donde se va a colocar el respectivo recipiente para llenar con la mezcla de mortero.

6.4.2. ENSAYOS DE IMPACTO

Se realizaron una serie de probetas con distintas mezclas de mortero, con la finalidad de conocer que mezcla aportaba la mayor resistencia y absorción de energía.

Se ideó crear un dispositivo que permitiera realizar una serie de ensayos de impacto, garantizando que todas las probetas serían expuestas a las mismas condiciones que las demás, y a partir de los resultados obtenidos, poder comparar sus propiedades mecánicas. Para el desarrollo del dispositivo de pruebas se dispuso de un cajón de madera como base y protección ante los fragmentos de probeta que podrían ser proyectados al momento de que estas presentaran rupturas debido a los impactos. El dispositivo contó con un brazo con una longitud de 1,05 metros en los primeros ensayos, en la segunda serie de pruebas esta longitud cambió a 9,6 metros, debido al cambio de proyectil, en un extremo del brazo se fijó un pedazo de madera con el fin de darle estabilidad para posteriormente aferrarlo a una bisagra la cual funcionaría como pivote, y por último se colocó un proyectil, el cual consistió en un martillo para ambos ensayos, debido a la disponibilidad, se usó uno de 1,8kg para la primera serie de ensayos, y posterior a este, se usó uno de 3kg.

Para la realización se posicionaron cada una de las probetas sobre el mismo bloque de madera, la distancia donde se posicionó cada probeta fue determinada por el punto donde reposaba el proyectil, además se usaron unas pequeñas cuñas de madera para evitar que las probetas se movieran. Luego de tener cada probeta en posición, se procedió a levantar el brazo del dispositivo de pruebas hasta estar de forma perpendicular al cajón, es decir, hasta alcanzar un ángulo de 90° , posterior a esto, se dejó caer sobre cada probeta, esto fue repetitivo hasta que estas se fracturaran y presentaran una falla estructural considerable.

El tipo de energía que se evidencia en el dispositivo de pruebas, es la energía potencial, que corresponde a la fórmula:

$P * H * G$

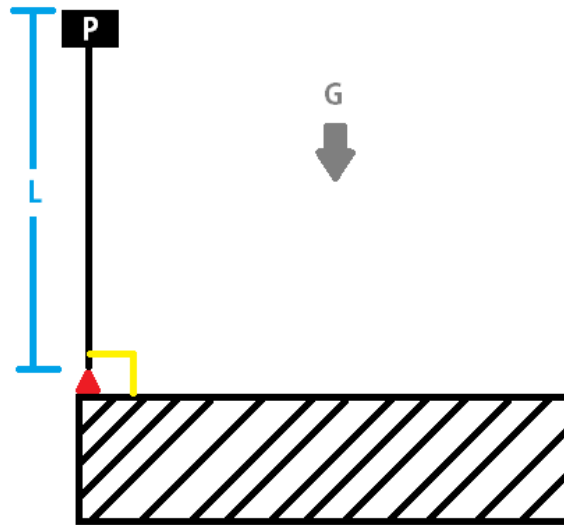


Figura 40. Diagrama del dispositivo de impactos. Propia autoría.

Donde P , corresponde a la masa del proyectil lanzado, H a la altura desde que es lanzado y G a la aceleración de la gravedad.

El ensayo realizado, demuestra además, que la energía proporcionada por el proyectil, al impactar, es absorbida completamente por cada una de las probetas, esto se afirma teniendo en cuenta que los impactos no presentan un retroceso del proyectil, es decir que la energía pasa directa y completamente a la probeta, y eso de manera teórica también es corroborable aplicando la primera ley de la termodinámica que nos dice que la energía no se crea ni se destruye, sino que se transforma, y tenemos su fórmula que es

$$\Delta U = Q - W$$

Donde se tiene que ΔU es el cambio de energía interna, Q por lo general, energía disipada por calor u otra pérdida que tenga el sistema, y W que es el trabajo efectuado por el sistema.

Los resultados obtenidos por la fórmula de la energía potencial se multiplicaron por el número de impactos recibido por cada probeta, para conocer el trabajo que fue efectuado por el dispositivo para poder fracturarlas, es decir que el resultado fue obtenido en "Julios".

El material al cual se le realizaron los ensayos de impacto, fue mortero de cemento, un material cerámico, el cual se considera frágil según las gráficas de deformación de los materiales, es decir que este material tiene poca capacidad de deformarse, puesto que su zona plástica es nula.

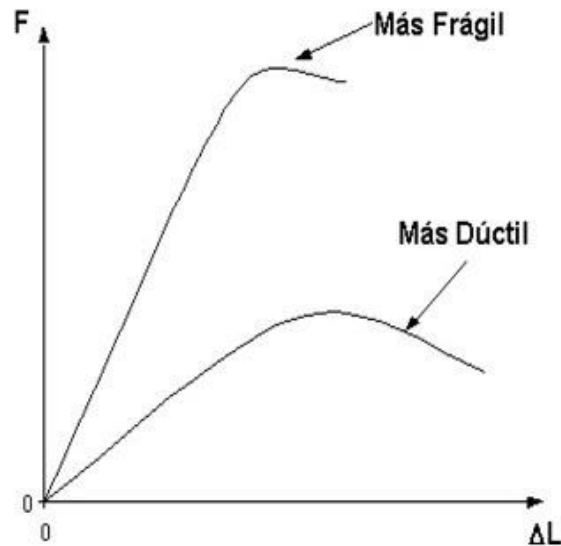


Figura 41. Grafica resistencia. Propia autoría.

Teniendo en cuenta esto, la tenacidad del material será el área que comprende al inicio de la curva y el punto de ruptura, y esto fue medido al número de impactos realizados en cada probeta, citando nuevamente la teoría de la conservación de la energía, cada impacto era energía que acumulaban las probetas, es decir, cada golpe sumaba energía dentro de estas, hasta llegar al punto de fractura o ruptura.

A continuación, se hace el análisis y se comparan gráficamente los resultados obtenidos de los dos ensayos realizados.

Tenemos que la probeta número 1 es la que fue fabricada con mayores proporciones de agua, la numero 2 fue realizada según las especificaciones del fabricante del cemento usado, la numero 3 fue realizada por el prototipo automatizado siguiendo las especificaciones del fabricante, y la numero 4 la que fue realizada con mayor cantidad de arena.

ENSAYOS DE IMPACTO (CANTIDAD DE IMPACTOS)		
PROBETAS	IMPACTOS PRIMER ENSAYO	IMPACTOS SEGUNDO ENSAYO
1. Mayor porcentaje de agua	6	4
2. Según las especificaciones del fabricante	28	18
3. Realizada por el dispositivo	26	16
4. Mayor porcentaje de arena	19	12

Tabla 11. cantidad de impactos. Propia autoría.

Se puede observar el número de impactos soportados por cada probeta, donde la probeta número 1 fue la que menos golpes soporto, y el número 2 la que más resistió.

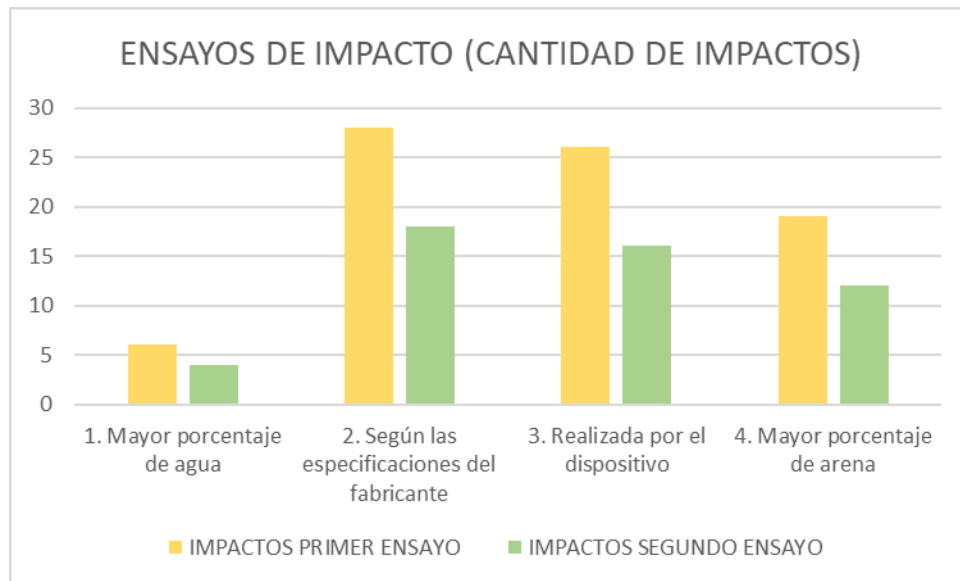


Figura 42. Grafica comparación de impactos. Propia autoría.

Esta grafica nos permite comprar los resultados entre cada probeta y las variaciones según el ensayo.

ENERGIA ACUMULADA (EN JULIOS)		
PROBETAS	PRIMER ENSAYO (J)	SEGUNDO ENSAYO (J)
1. Mayor porcentaje de agua	111,132	112,896
2. Según las especificaciones del fabricante	518,616	508,032
3. Realizada por el dispositivo	481,572	451,584
4. Mayor porcentaje de arena	351,918	338,688

Tabla 12. de energía acumulada por las probetas. Propia autoría.

En esta grafica se puede apreciar la energía máxima que pudo soportar cada probeta en los dos diferentes ensayos realizados, estas tablas también representan la tenacidad de cada probeta frente a cada ensayo.

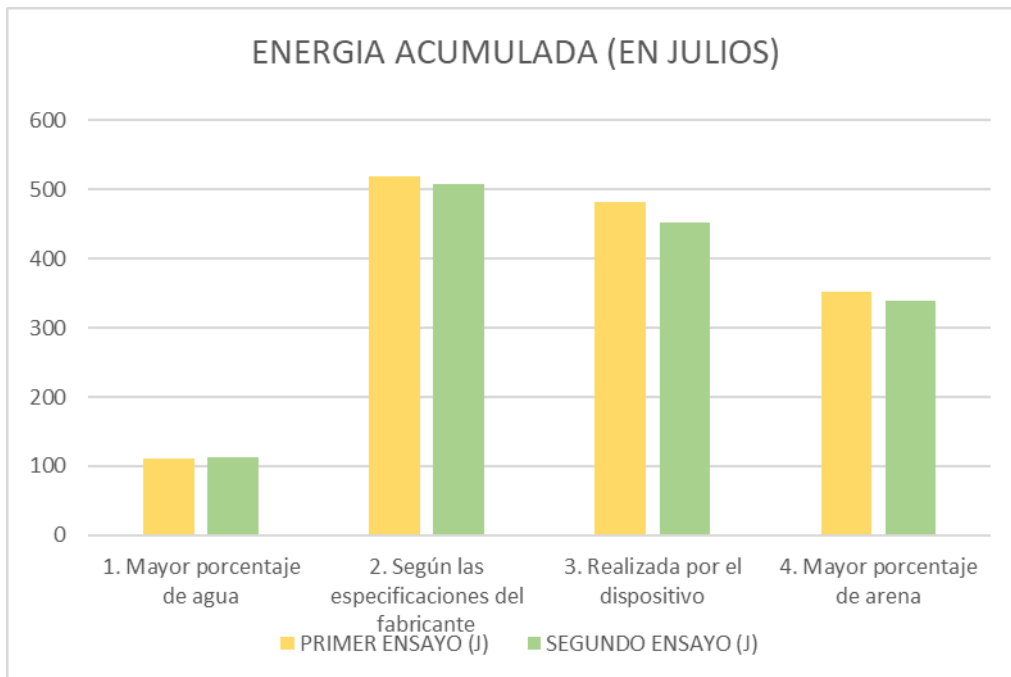


Figura 43. Figura de energía acumulada por las probetas. Propia autoría.

Tenemos la respectiva grafica comparativa, donde se observa que la energía acumulada por el mismo tipo de probeta es similar entre el primer y segundo ensayo. Se puede observar no solo el número de impactos soportados por cada tipo de probeta, sino la similitud en cuanto a la energía que se requirió en cada ensayo para fracturar estas.

Se puede destacar la tenacidad presentada por la probeta realizada según las especificaciones del fabricante, la cual sirve como punto de referencia ante los resultados obtenidos por las demás probetas, se puede apreciar que la probeta realizada por el dispositivo automatizado, presento resultados cercanos a nuestro punto de referencia, además, se nota las consecuencias de realizar de forma indebida la mezcla de mortero de cemento.

6.5. MANUAL DE USUARIO

6.5.1. DESCRIPCION DE LOS COMPONENTES:

Arduino mega 2560:



Figura 44. Arduino mega (propia autoría).

Uso del dispositivo:

Se encargará controlar todos los procesos principales, tiene como función principal coordinar todos los procesos con los demás dispositivos, se encarga de recolectar la información recibida por los sensores, y es el que se encarga de enviar la información a la pantalla LCD de lo que se mostrara en ella.

Este dispositivo tiene tres terminales de comunicación, para interactuar con un segundo subsistema implementado en otro sistema embebido.

Arduino uno:



Figura 45. Arduino uno (propia autoría).

Uso del dispositivo:

Se encarga de la parte de actuación del proyecto, es decir, controla todos y cada uno de los actuadores implementados en este.

Se ideó implementar un subsistema en este dispositivo, siendo controlado principalmente por el Arduino mega, con la intención de liberar carga de memoria de este. sus funciones comprenden la activación y desactivación de los servomotores, la activación de la electroválvula, y el censado del caudal que pasa a través de las tuberías.

Dimmer:



Figura 46. Dimmer (propia autoría).

Uso del dispositivo:

Fue necesario implementar este dispositivo para regular la velocidad del motor que se implementó en la mezcladora, debido a que se requería un tipo de giro más suave y controlado.

Módulo relé:

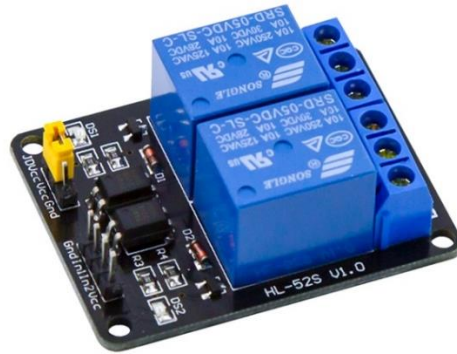


Figura 47. Modulo relé (propia autoría).

Uso del dispositivo:

La función de este dispositivo es permitir controlar la activación del motor de la mezcladora y electroválvula del proyecto, debido a que estos funcionan a con voltajes distintos y este dispositivo era el que mejor convenia para este tipo de funcionamiento.

Módulo de pulsadores:



Figura 48. Módulo de pulsadores (propia autoría).

Uso del dispositivo:

El módulo de pulsadores se encarga de dar inicio al proceso de selección y posteriormente al inicio del proceso de llenado y mesclado del proyecto.

Silos:



Figura 49. Silos de almacenamiento (propia autoría).

Uso del dispositivo:

Son parte fundamental del dispositivo, puesto que en ellos se alojarán las materias primas que se usaran en el proceso de mezclado del mortero, permiten mantener seco el cemento y arena.

Motor AC:

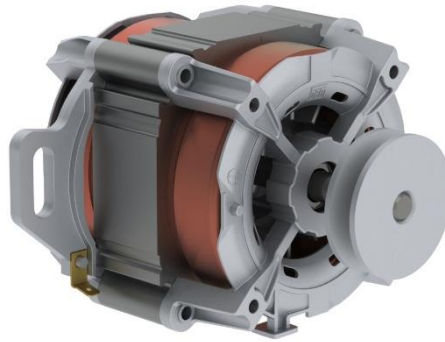


Figura 50. Motor AC (propia autoría).

Uso del dispositivo:

Este motor se encarga del mezclado de los materiales depositados en la mezcladora, se decidió la implementación de este, debido a la gran fuerza que proporciona.

Electroválvula:



Figura 51. Electroválvula 12V (propia autoría).

Uso del dispositivo:

Permite manipular el paso de agua que se dirigirá hacia la mezcladora, funciona a doce voltios y es controlada por uno del relé, que a su vez es controlado por el Arduino uno.

Caudalímetro:



Figura 52. Sensor de caudal (propia autoría).

Uso del dispositivo:

Censa la cantidad de agua que está pasando por las tuberías del dispositivo, con el fin de poder determinar la cantidad de agua que hay en la mezcladora, de esta manera el Arduino uno podrá cerrar la electroválvula cuando este sensor le haya indicado que la cantidad de este fluido es la requerida.

Fuente de poder



Figura 53. Fuente de poder (propia autoría).

Uso del dispositivo:

La fuente de poder de este dispositivo es una fuente de computador de 700W, esta fuente alimenta todos los dispositivos electrónicos, y gracias a sus múltiples salidas y distintos tipos de voltaje que maneja, permite que solo sea necesario implementar una fuente y no varias.

SERVOMOTOR



Figura 54. Servomotor (propia autoría).

Uso del dispositivo:

Los servomotores implementados en este dispositivo se encargan de la apertura y cierre de los silos, son parte fundamental del proyecto, debido a que de ellos depende la cantidad de material que entrara en la mezcladora.

CABLE JUMPER.



Figura 55. Jumpers (propia autoría).

Uso del dispositivo:

Son los encargados de todas las conexiones del dispositivo, debido a que inicialmente es un prototipo no se implementaran conexiones permanentes, por ende, se optó por usar estos.

Sensor de humedad y temperatura:

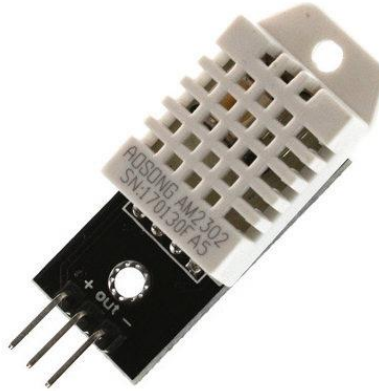


Figura 56. Sensor de humedad y temperatura (propia autoría).

Uso del dispositivo:

Este sensor se encarga de medir la humedad de la arena que está depositada en el respectivo silo, con el fin de saber si el material sirve para este dispositivo o no.

FUNCIONAMIENTO

El dispositivo implementado, se encarga de fabricar mortero de cemento a partir de agua (que sale directamente de las tuberías de abastecimiento de cualquier recinto), cemento, que debe ser previamente depositado en el silo determinado, y arena, esta última debe cumplir con ciertas condiciones específicas, debido a que si tiene una humedad relativa muy alta, o presenta grandes trozos de material, podría obstruir las boquillas del silo correspondiente, para esto se implementó el sensor de temperatura y humedad, el cual permite hacer un seguimiento continuo de estas magnitudes.

Para dar inicio al proceso, es necesario haber hecho las conexiones respectivas, tanto de agua como fluido eléctrico, posteriormente a tener esto, se deberá presionar el switch de encendido, que se encarga de encender la fuente de poder, y posteriormente se energizaran todos los demás dispositivos; al momento de encenderse la pantalla, se deberá esperar unos cuantos segundos para que se cargue la información respectiva de los sensores, luego de estar esta información cargada, el dispositivo estará listo para usarse. Para que el proceso se ponga en marcha, se deberá pulsar el botón de inicio, lo cual hará que la pantalla haga una transición hacia la etapa de selección, donde se deberá pulsar uno de los 4 botones que se encuentran al lado del botón de reinicio o back, luego de la selección, el dispositivo empezara a dejar caer arena dentro de la mezcladora, seguido del cierre de ese silo, se abrirá el de cemento para que finalmente, el agua empiece a fluir, al momento de terminar de fluir el agua, la mezcladora empezara a girar para unificar

los materiales que se encuentran en ella, y luego de un determinado tiempo se detendrá para poder ser vaciada.

En caso de hacer una selección errónea, podrá ser presionado el botón de reinicio, el cual cancelará el proceso y nos dirigirá nuevamente a la pantalla inicial.

Para realizar el vaciado de material, deberá disponerse de la palanca que se encuentra al lado izquierdo del dispositivo, y empezar a alar de ella lentamente hasta lograr verter por completo el material.

7. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

DESCRIPCCION DE LAS FASES DE IMPLEMENTACION:

FASE 1:

La persona interesada en el uso del dispositivo deberá inicialmente verificar que las conexiones de este se encuentran hechas y en óptimas condiciones.

FASE 2:

Antes de usar el dispositivo, deberá encenderse con el respectivo interruptor, el cual se encuentra en la fuente de poder que está situada del lado derecho del dispositivo

FASE 3:

Al momento de encenderse todos los dispositivos, se deberá hacer una revisión en la pantalla, donde se revisarán los niveles de material, en dado caso de que no haya material suficiente, deberán llenarse los silos respectivos y presionar el botón de reinicio para que la información sea actualizada.

FASE 4:

Para iniciar el proceso, se presionará el botón de inicio, seguido de esto se desplegará el menú de selección, donde se verá una lista de cantidades de material a escoger, deberá escogerse la opción requerida, luego de esto saltará a la pantalla de carga y empezará el proceso de deposición de material.

FASE 5:

Luego de que todos los materiales requeridos para el mortero se encuentren dentro del recipiente de la mezcladora, y tanto los silos como la electro válvula se encuentren cerrados, empezara el proceso de mesclado, donde se notara que la mezcladora empezara a girar, y al momento que esta se detenga, y la pantalla de cargue salte a la de inicio, el proceso habrá terminado y se podrá disponer a retirar la mezcla.

FASE 6:

Para retirar la mezcla de mortero finalizada, se deberá colocar un recipiente debajo de la mezcladora y posteriormente halar la palanca que se encuentra del lado derecho del dispositivo.

FASE 7:

Para apagar el dispositivo, solo basta con presionar nuevamente el botón que se usó para encenderlo.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los objetivos que se debían desarrollar en la parte de anteproyecto se cumplieron, pues mediante las investigaciones realizadas se recopiló información importante sobre la tasa de construcciones afectadas por incorrecta fabricación del mortero usado para la construcción de inmuebles.

El diseño, manufactura y ensamble del prototipo trato de ser lo más fiel posible al diseño original, sufrió modificaciones en dicho proceso de construcción con la intención de cumplir su función principal a total cabalidad y de la manera más eficientemente posible, dicho prototipo será construido con fines de estudio, aprendizaje e investigación.

- Se realizaron investigaciones las cuales permitieron concluir la cantidad óptima de materias primas para la elaboración de la mezcla de mortero, además, se realizaron pruebas las cuales ayudaron a corroborar la información recolectada. Por otro lado, la empresa Ultracem también aportó información útil, la cual se usó para determinar las partes porcentuales de mezclado de mortero.
- El dispositivo fue desarrollado con base a los diseños planteados, debieron hacerse correcciones y cambios a lo largo de la construcción de este, pero se cumplió el objetivo requerido, garantizando la correcta dosificación del material.
- Se realizaron las pruebas pertinentes para validar la técnica y funcionamiento del prototipo, se realizaron llenados de probetas donde se pudo apreciar que no solo la mezcla era lo requerido, sino que, a su vez, el llenado era bastante exacto.

Como recomendación, será de ayuda permanecer en contacto con los usuarios del dispositivo, puesto que de esta manera podrán hacerse ajustes de este, dependiendo de las necesidades que presenten las personas que hagan uso de este, debido a que puede ser una propuesta para uso comercial.

Existen muchas variantes del proceso realizado por el dispositivo, debido a los distintos tipos de mortero que se usan en la industria, no obstante, este dispositivo

puede cumplir con estos parámetros, únicamente es necesario realizar un reajuste en la programación de apertura y cierre de las compuertas y válvulas de las que preside el prototipo.

En trabajos a futuro sería recomendable realizar más pruebas de resistencia y agregar más variantes de la mezcla, para ampliar su alcance en el mercado.

Otro aspecto destacable sería mejorar la estética e interfase de usuario para una mayor comodidad de aquellas personas que vayan a hacer uso de este.

9. BIBLIOGRAFÍA

- [1] N. Soto, «La Nación,» 10 Diciembre 2005. [En línea]. Available: <https://www.nacion.com/el-pais/fallos-en-preparacion-de-mezclas-de-concreto-para-casas/BDRWRQUQHFDQXEQBSHHHBFLKNQ/story/>.
- [2] J. D. OSORIO, «DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO: CONCEPTOS BÁSICOS,» 13 Octubre 2018. [En línea]. Available: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/calidad-y-aspectos-tecnicos/disen-de-mezclas-de-concreto>. [Último acceso: 24 Junio 2020].
- [3] P. A. TAPIAS, «La FM,» 24 Octubre 2019. [En línea]. Available: <https://www.lafm.com.co/colombia/otro-space-edificio-en-medellin-fue-evacuado-por-fallas-estructurales>. [Último acceso: 23 Junio 2020].
- [4] J. S. Cristo, «La W,» 8 Noviembre 2019. [En línea]. Available: <https://www.wradio.com.co/noticias/actualidad/se-investigaran-200-edificios-por-posibles-problemas-estructurales-sci/20191108/nota/3976685.aspx>. [Último acceso: 25 Junio 2020].
- [5] S. Hernandez, «RCN Radio,» 27 Septiembre 2018. [En línea]. Available: <https://www.rcnradio.com/colombia/fallas-estructurales-dejan-sin-vivienda-miles-de-personas-en-el-pais>. [Último acceso: 25 Junio 2020].
- [6] N. R. RODRÍGUEZ, «El Universal,» 07 Diciembre 2019. [En línea]. Available: <https://www.eluniversal.com.co/sucesos/se-desplomo-techo-de-casa-y-dejo-a-una-mujer-herida-HG2109292>. [Último acceso: 26 Junio 2020].
- [7] J. L. S. Z. CHRISTIAN GONZALES AVELLA, «Biblioteca usbbog,» 2008. [En línea]. Available: <http://biblioteca.usbbog.edu.co:8080/Biblioteca/BDigital/42144.pdf>. [Último acceso: 27 Junio 2020].
- [8] L. Garin, A. Santilli y E. Pejoja, *Influencia del curado en la resistencia a compresión del hormigón: estudio experimental*, 2012.
- [9] J. D. Osorio, «360 en concreto,» [En línea]. Available: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/como-se-evalua-la-calidad-de-un-mortero>. [Último acceso: 25 Junio 2020].
- [10] C. A. y. C. ANDRADE, *Efecto que el tipo de cemento y la dosificación*, Madrid/España, 1987.]
- [11] J. E. C. Galabay, *Modernización a nivel de automatización del control del proceso en el área de dosificación y molienda de cemento, utilizando un PLC*, Quito/Ecuador, 2000.]

- [12 A. V. Fernández, «Archivo Digital UPM,» 2009. [En línea]. Available:
] http://oa.upm.es/1813/1/ANGEL_VILANOVA_FERNANDEZ.pdf. [Último acceso: 26 Junio 2020].
- [13 J. G. O. y. J. M. BATALLA, «Automatización en fábricas de cemento- una reciente realización:
] ALTKIRCH,» de *Materiales de construccion*, 1970, p. 248.
- [14 J. P. J. C. C. R. Torres Avilés, «<https://dspace.ups.edu.ec/>,» Octubre 2016. [En línea].
] Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/12898>. [Último acceso: 28 Junio 2020].
- [15 G. A. R. L., «Dosificador de morteros,» Bogota, 2009.
]
- [16 «IECA,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.ieca.es/componentes-y-propiedades-del-cemento/>.
]
- [17 J. J. B. Adam Neville, «Tecnología del concreto,» de *Tecnología del concreto*, México , trillas,
] 1998, p. 14.
- [18 L. G. d. López, «El concreto y otros materiales para la construcción,» de *El concreto y otros
] materiales para la construcción*, Manizales, 2003, p. 115.
- [19 ieca.es, «ieca.es,» ieca.es, 2017. [En línea]. Available: <https://www.ieca.es/proceso-de-fabricacion/>. [Último acceso: 20 Junio 2020].
]
- [20 «cementosdeandalucia,» cementosdeandalucia, 2018. [En línea]. Available:
] <https://www.cementosdeandalucia.org/el-cemento/proceso-de-fabricacion/>. [Último acceso: 23 Junio 2020].
- [21 «360 en concreto,» 7 Febrero 2014. [En línea]. Available:
] <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/muestras-de-concreto-endurecido>.
- [22 «decoracion.tendencias,» decoracion.tendencias, 31 Enero 2018. [En línea]. Available:
] <https://decoracion.tendencias.com/paredes/una-mala-eleccion-de-materiales-en-tu-edificio-puede-causar-problemas-respiratorios-jaquecas-irritacion-o-somnolencia-descubre-el-sindrome-del-edificio-enfermo>. [Último acceso: 20 junio 2020].
- [23 M. M. Julian Pérez porto, «Definición.De,» Julian Pérez porto, María Merino, 2014. [En línea].
] Available: <https://definicion.de/rgb/>. [Último acceso: 02 08 2018].
- [24 Arkray, «Arkray,» [En línea]. Available:
] http://www.arkraylatam.com/spanish/products/laboratory/test_strips/aution_sticks_10ea.html. [Último acceso: 30 mayo 2019].
- [25 «EUROGAN,» [En línea]. Available: <https://www.eurogan.com/es/ingenieria-silos.php>.
]

- [26 Isbelg, « El blog de Isbelg,» 30 Mayo 2011. [En línea]. Available: <http://isbelg.overblog.com/article-cintas-transportadoras-86799588.html>.
]
- [27 J. D. Osorio, «360 en concreto,» 28 Junio 2013. [En línea]. Available:
] <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/resistencia-mecanica-del-concreto-y-compresion>.
- [28 v. y. d. t. Ministerio de ambiente, «Reglamento colombiano de construcción sismo resistente.,» 19 Marzo 2010. [En línea]. Available:
] <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/3titulo-c-nsr-100.pdf>.
- [29 G. A. R. L., de *Tecnología del Concreto y Mortero*, Cauca, 2014, pp. 169-173.
]

10. ANEXOS

Para efectos técnicos del mezclado del concreto se debe cumplir el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 (capítulo C.5) y la norma NTC 3318 o ASTM C94. Todos los concretos producidos en obra deben ser mezclados mecánicamente. El equipo debe ser capaz de combinar los componentes para producir una mezcla uniforme, dentro del tiempo y a la velocidad especificada, y descargar la mezcla del equipo sin que se produzca segregación de materiales. Se debe tener como mínimo una mezcladora de reserva para garantizar que la programación en el vaciado sea continua. La mezcladora debe girar a velocidad uniforme, y no puede ser operada a velocidades mayores o en exceso de la capacidad recomendadas por el fabricante. El contenido de la mezcladora se debe vaciar completamente antes de iniciar un nuevo mezclado. Sólo se permite el mezclado por métodos manuales en sitios que presenten condiciones difíciles para el transporte o uso de la mezcladora mecánica y previa autorización de EPM. Esta mezcla se debe hacer sobre superficies limpias y en ningún caso sobre tierra u otras superficies que puedan afectar la calidad del concreto. Además, el mezclado no puede exceder de 0,50 m³ y se debe cumplir rigurosamente la dosificación establecida por el diseño y en particular la relación agua cemento. Bajo ninguna circunstancia se permite la preparación o almacenamiento de la mezcla directamente sobre pavimento. Cuando se utilicen concretos preparados y mezclados en planta, estos deben cumplir todos los requisitos exigidos en los diseños, normas y especificaciones en lo referente a materiales, resistencias, consistencias, impermeabilidad, manejabilidad, durabilidad, y en especial lo concerniente a transporte y al tiempo requerido, entre la fabricación y la colocación en la obra. Se deben asegurar las siguientes condiciones siguientes al momento de recibir la mezcla:

- Especificación de la mezcla.
- Antes de comenzar la descarga de la mezcla debe verificarse el documento llamado remisión, con el siguiente contenido:
- Nombre de la empresa suministradora de mezclas.

- Número consecutivo de la remisión.
- Nombre de la empresa compradora y la obra.
- Fecha y hora. - Volumen de la mezcla enviada.