



UNIVERSIDAD
DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

Diseño del Proceso de Producción de Ladrillos Basados en Plástico Reciclado

Trabajo de Investigación para el curso de Proyectos del
Programa de Ingeniería Industrial y de Sistemas

**Katherine Liliana Campos Barboza
Fiorella Felicita Gomez Montalban
Maria Alejandra Montero Nuñez
Francisco Eduardo Pantoja Guillen
Jorge Antonio Pasco Soto**

**Asesor(es):
Dr. Ing. Dante Guerrero Chanduví**

Piura, noviembre de 2019

Resumen

El mundo atraviesa una crisis ambiental causada, entre muchos factores, por la contaminación producida por los seres humanos. El extenso consumo de plástico, dada su inmensa versatilidad y bajo costo de producción, es uno de los principales catalizadores de este problema, pues es una práctica común desecharlos después del primer uso.

La ciudad de Piura no está exenta de esta crisis, pues sólo en esta región se producen anualmente 20,000 toneladas de residuos plásticos, de los cuales sólo un 0.3% es reciclado. Una explicación de esto se puede encontrar en la falta de opciones con las que cuenta la población para reciclar, así como la ignorancia de las consecuencias que el excesivo uso de este polímero produce. Por lo tanto, el grupo optó por llevar a cabo un proyecto que acapare la necesidad de opciones para la reutilización de este material. Además, se buscó crear un material de construcción de alta calidad y precios más accesibles para las poblaciones de bajos recursos de la ciudad de Piura.

El objetivo del trabajo de investigación es diseñar un proceso de producción para ladrillos basados en plástico reciclado y analizar los aspectos complementarios relevantes. Para ello, se elaboró un prototipo de ladrillo ecológico, con las proporciones óptimas de cada material que lo compone, procurando cumplir con los requerimientos de las Normas Técnicas peruanas pertinentes, respecto a dimensionamiento, absorción, alabeo y resistencia a la compresión; se determinó también la ubicación y distribución óptima de la teórica planta de producción de estos ladrillos. Finalmente, se comprobó la factibilidad del proyecto, mediante una investigación de mercado y una evaluación económica-financiera, en la cual se evaluó el proyecto utilizando los índices de rentabilidad de Valor Actual Neto, Tasa Interna de Retorno y el punto de equilibrio del precio, de acuerdo con el entorno en el que se determinó que competiría la empresa que lleve a cabo el proyecto.

Mediante la experimentación y la aplicación de herramientas y metodologías relevantes se concluyó que los ladrillos hechos con hojuelas de polietileno tereftalato (PET) cumplen con los requerimientos de calidad establecidos por las normas técnicas peruanas, cuando el plástico se encuentra en bajas proporciones dentro de la mezcla. Además, se determinó que la implementación de una planta de producción de ladrillos ecológicos es factible en la Zona Industrial III de la ciudad de Piura, y que el proyecto es rentable financieramente en un período de 5 años. Se comprobó además que los pobladores de bajos recursos muestran interés en materiales de construcción que sean amigables con el medioambiente, y que el precio de 70 céntimos, aquel que permite generar rentabilidad, es atractivo para ellos.

Abstract

The world is going through an environmental crisis caused, among many factors, by the pollution produced by human beings. The extensive plastic consumption, given its immense versatility and low production cost, is one of the main catalysts for this problem, given the prevailing practice of discarding them after the first use.

The city of Piura is not extent to this crisis. 20,000 tons of plastic waste is generated annually in this region alone, and only a tiny 0.3% of it is recycled. An explanation for this can be found in the lack of recycling alternatives for the citizenship, and the ignorance of the emerging consequences from the excessive use of this polymer. As a response to this, the team opted for a project that handles the necessity for plastic reutilization alternatives. And, on top of that, creating an alternative to traditional bricks — with the same quality and lower costs for the low-income populations from Piura — was sought.

The target of this investigation is designing a productive process for plastic-based bricks and analyzing the relevant complementary factors. For that, an “eco-brick” prototype was elaborated, with the optimal proportions for each of its components, ensuring the fulfillment of the pertinent Peruvian technical rules, regarding the sizing, absorptivity, warping and compressive strength; the theoretical plant location and distribution for these bricks was also determined. Finally, the feasibility of the project was ascertained through a market research and an economical-financial evaluation, in which the project was evaluated through indicators of profitability, such as the Net present value, the internal rate of return and the price break even.

Through experimentation and the appliance of relevant tools and methodologies, it was concluded that the eco-bricks made with PET (polyethylene terephthalate) flakes fulfill the quality requirements established by the Peruvian technical rules, with low percentages of plastic in the mix. Moreover, it was determined that the implementation of a production plant for these bricks is feasible in the Industrial Zone III of Piura city, and that the project is profitable in a period of 5 years. It was also found that the low-income populations show a high interest in eco-friendly building materials, and that the price of 70 cents, which assures the profitability, is attractive for them.

Tabla de Contenido

| | |
|---|----|
| Capítulo 1: Antecedentes | 1 |
| 1.Revisión bibliográfica..... | 1 |
| 1.1.1 Pirhua..... | 1 |
| 1.1.2 Alicia | 2 |
| 1.1.3 Google Académico | 2 |
| 1.1.4 Dialnet. | 3 |
| Capítulo 2: Situación actual | 6 |
| 2.1. Análisis del Macroentorno..... | 6 |
| 2.1.1 El plástico y el medio ambiente..... | 6 |
| 2.1.2 Estudio de la Industria de la construcción | 10 |
| 2.2 Situación actual de Piura | 13 |
| 2.2.1 Empresas de la construcción..... | 13 |
| 2.2.2 El plástico en la ciudad de Piura..... | 15 |
| 2.2.3 Fenómenos ambientales..... | 17 |
| 2.2.4 Reciclaje en la ciudad de Piura..... | 17 |
| 2.2.5 Situación socioeconómica de Piura..... | 18 |
| 2.2.6 Poblaciones de bajos recursos | 18 |
| Capítulo 3: Marco Teórico | 20 |
| 3.1. Materiales de construcción | 20 |
| 3.1.1. Clasificación | 20 |
| 3.1.2. Materiales pétreos artificiales | 21 |
| 3.1.2.1. Las cerámicas | 21 |
| 3.1.2.2. Materiales aglomerantes | 22 |
| 3.1.3. Propiedades de los materiales de construcción..... | 23 |
| 3.1.3.1. Propiedades organolépticas | 23 |

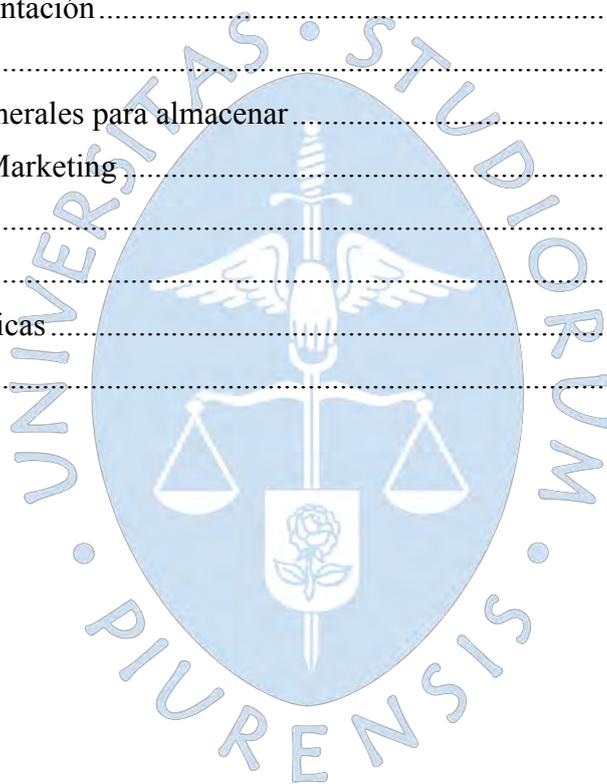
| | |
|---|----|
| 3.1.3.2. Propiedades físicas | 23 |
| 3.1.3.3. Propiedades térmicas | 25 |
| 3.1.3.4. Transmisión de calor | 25 |
| 3.1.3.5. Propiedades acústicas | 27 |
| 3.1.3.6. Propiedades eléctricas..... | 27 |
| 3.1.3.7. Propiedades ópticas | 27 |
| 3.1.3.8. Propiedades químicas | 28 |
| 3.1.3.9. Propiedades mecánicas | 28 |
| 3.1.4. Ensayos de materiales de construcción | 31 |
| 3.1.4.1. Pruebas según la NTP 399.613 | 32 |
| 3.1.4.2. Otras pruebas pertinentes..... | 40 |
| 3.2. Materia Prima | 41 |
| 3.2.1. Cemento..... | 41 |
| 3.2.2. Arena | 43 |
| 3.2.3. Plástico..... | 44 |
| 3.2.3.1. Polietileno tereftalato (PET)..... | 45 |
| 3.2.3.2. Policloruro de Vinilo (PVC)..... | 47 |
| 3.2.3.3. Polietileno de Baja Densidad (PEBD)..... | 49 |
| 3.3. Procesos de transformación para ladrillos ecológicos..... | 51 |
| 3.3.1. Lavado | 51 |
| 3.3.2. Triturado | 52 |
| 3.3.3. Aglutinamiento | 53 |
| 3.3.4. Curado | 53 |
| 3.3.5. Secado..... | 54 |
| 3.4. Características de plantas de producción de ladrillos convencionales | 56 |
| 3.4.1 Localización y distribución de planta óptimas | 56 |
| 3.4.1.1. Localización de la planta | 56 |
| 3.4.1.2. Distribución de planta..... | 62 |
| 3.4.2. Tecnología, maquinaria y equipo | 68 |
| 3.4.2.1. Mezcladora de cemento | 68 |
| 3.4.2.2. Moldes de concreto..... | 73 |
| 3.4.2.4. Cuarto de Curado..... | 74 |
| 3.4.3. Capacidad de Producción | 75 |
| 3.4.3.1. Dimensionamiento de la Capacidad de Producción | 75 |
| 3.4.3.2. Consideraciones para la decisión sobre la capacidad | 76 |

| | |
|--|-----|
| 3.4.4. Manual de organización y funciones (MOF)..... | 76 |
| 3.4.5. Financiamiento | 77 |
| 3.4.5.1. Evaluación financiera | 78 |
| 3.4.6. Estructura de costos | 79 |
| 3.4.6.1. Contabilidad de Costos..... | 79 |
| 3.4.6.2. Costos por proceso..... | 80 |
| 3.4.6.3. Costos por pedido | 821 |
| 3.4.6.4. Análisis del Costo – Volumen- Utilidad..... | 81 |
| 3.4.6.5. Estimación de costos basada en una Empresa del sector..... | 82 |
| 3.5. Normas técnicas y aspectos legales | 85 |
| 3.5.1. Calidad de un ladrillo | 86 |
| 3.5.2. Regulación legal de una planta de producción de ladrillos | 88 |
| 3.5.2.1. Constitución de la empresa..... | 88 |
| 3.5.2.2. Licencias y autorizaciones..... | 89 |
| 3.5.2.3. Certificado de Defensa Civil | 89 |
| 3.5.2.4. Informes SUNAT sobre Libros y Registros | 90 |
| 3.5.2.5. Legislación laboral | 90 |
| Capítulo 4: Metodología | 92 |
| 4.1. Planteamiento del problema | 92 |
| 4.1.1. Causas directas | 93 |
| 4.1.2. Causas indirectas | 93 |
| 4.2. Objetivos..... | 94 |
| 4.2.1. Objetivo general | 94 |
| 4.2.2. Objetivos específicos..... | 94 |
| 4.3. Justificación | 96 |
| 4.4. Hipótesis | 97 |
| 4.5. Herramientas y técnicas..... | 97 |
| 4.5.1. Estudio de mercado | 97 |
| 4.5.2. Elaboración del prototipo | 98 |
| 4.5.3. Ingeniería del proyecto | 98 |
| 4.5.4. Estudio y evaluación económica y financiera | 99 |
| 4.5.5. Plan de Marketing..... | 99 |
| Capítulo 5: Estudio de Mercado | 100 |
| 5.1. Objetivos específicos..... | 100 |
| 5.2. Diagnóstico del mercado regional | 100 |

| | |
|--|------------|
| 5.2.2. Cadena de suministros | 103 |
| 5.3. Identificación del segmento | 103 |
| 5.3.1. Segmentación geográfica..... | 103 |
| 5.3.2. Segmentación Demográfica..... | 105 |
| 5.3.3. Población Económicamente Activa..... | 106 |
| 5.3.4. Investigación Cuantitativa | 107 |
| 5.4. Análisis de Porter..... | 114 |
| 5.4.1. Amenaza de nuevos competidores entrantes | 114 |
| 5.4.2. Poder de negociación de los clientes | 115 |
| 5.4.3. Poder de negociación de los proveedores..... | 116 |
| 5.4.4. Amenaza de productos sustitutivos | 117 |
| 5.4.5. Rivalidad entre competidores existentes | 117 |
| Capítulo 6: Elaboración del Prototipo | 120 |
| 6.1. Planteamiento de objetivos..... | 121 |
| 6.2. Desarrollo de la experimentación | 122 |
| 6.2.1. Obtención de la materia prima y maquinaria..... | 122 |
| 6.2.2. Elaboración de los bloques de concreto | 124 |
| 6.2.2.1. Diseño de mezcla..... | 124 |
| 6.2.2.2. Preparación de la mezcla | 128 |
| 6.2.2.3. Procedimientos finales..... | 131 |
| 6.2.3. Ensayos a los bloques de concreto | 133 |
| 6.2.3.1. Ensayo de dimensionamiento | 133 |
| 6.2.3.2. Ensayo de absorción | 136 |
| 6.2.3.3. Ensayo de alabeo | 137 |
| 6.2.3.4. Ensayo de compresión..... | 140 |
| 6.3. Conclusiones y recomendaciones de la experimentación..... | 143 |
| Capítulo 7: Ingeniería del Proyecto | 146 |
| 7.1. Diseño y proceso de Producción | 146 |
| 7.1.2. Manual de procesos (MAPRO) | 149 |
| 7.1.3. Capacidad de Producción | 157 |
| 7.1.3.1. Dimensionamiento de la Capacidad de Producción | 157 |
| 7.2. Cadena de Suministro | 161 |
| 7.3. Manual de Operaciones y Funciones (MOF) | 163 |
| 7.4. Tecnología, maquinaria y equipo | 167 |
| 7.4.1. Mezcladora de cemento | 167 |

| | |
|---|------------|
| 7.4.2. Trituradora de plástico..... | 168 |
| 7.4.3. Moldes de concreto..... | 168 |
| 7.4.4. Máquina compactadora de concreto..... | 168 |
| 7.4.5. Cuarto de Curado..... | 170 |
| 7.5. Localización y Distribución en planta..... | 171 |
| 7.5.1. Localización de la planta..... | 171 |
| 7.5.1.1. Consideraciones legales..... | 172 |
| 7.5.1.2. Determinación de localización óptima..... | 174 |
| 7.5.2. Distribución de planta..... | 176 |
| 7.5.2.1. Tipos de distribución en planta..... | 177 |
| 7.5.2.2. Características de distribución de plantas..... | 178 |
| Capítulo 8: Estudio y evaluación económica y financiera..... | 182 |
| 8.1. Estructura de Costos: Inversión..... | 182 |
| 8.1.1. Inversión en activos fijos tangibles..... | 182 |
| 8.1.1.1. Inversión en maquinaria..... | 182 |
| 8.1.1.2. Inversión en equipos..... | 183 |
| 8.1.1.3. Inversión en inmobiliaria..... | 184 |
| 8.1.2. Costo de Construcción..... | 185 |
| 8.1.3. Activos Intangibles..... | 185 |
| 8.1.4. Resumen de la inversión..... | 186 |
| 8.1.5. Capital de Trabajo..... | 186 |
| 8.1.6. Inversión Total..... | 186 |
| 8.2. Estudio Financiero y Proyecciones..... | 187 |
| 8.2.1. Presupuesto de ingresos..... | 188 |
| 8.2.2. Presupuesto de materia prima..... | 188 |
| 8.2.3. Presupuesto de Mano de Obra Directa (MOD)..... | 189 |
| 8.2.4. Presupuesto de Costos Indirectos de Fabricación..... | 189 |
| 8.2.5. Presupuesto de Depreciación..... | 190 |
| 8.2.6. Presupuesto de Costo de Ventas..... | 190 |
| 8.2.7. Presupuesto de Gastos Administrativos..... | 190 |
| 8.2.8. Presupuesto de Gastos Financieros..... | 191 |
| 8.2.9. Estado de Ganancias y Pérdidas..... | 191 |
| 8.2.10. Flujo de caja o Cash Flow..... | 191 |
| 8.3. Punto de Equilibrio, VAN y TIR..... | 192 |
| 8.3.1. Punto de equilibrio..... | 192 |

| | |
|---|-----|
| 8.3.2. VAN y TIR | 193 |
| Capítulo 9: Plan de Marketing | 194 |
| 9.1. Las 4 Ps de marketing..... | 194 |
| 9.1.1. Producto..... | 194 |
| 9.1.2. Precio..... | 194 |
| 9.1.3. Punto de venta | 195 |
| 9.1.4. Promoción..... | 195 |
| 9.2. Canales de Distribución..... | 196 |
| 9.2.1. Canal indirecto largo | 196 |
| 9.2.2. Canal directo..... | 197 |
| 9.3. Diseño de presentación..... | 198 |
| 9.3.1. Pallet..... | 198 |
| 9.3.2. Requisitos generales para almacenar..... | 199 |
| 9.4. Estrategias de Marketing..... | 200 |
| Conclusiones | 202 |
| Recomendaciones..... | 206 |
| Referencias bibliográficas..... | 208 |
| Apéndices..... | 216 |



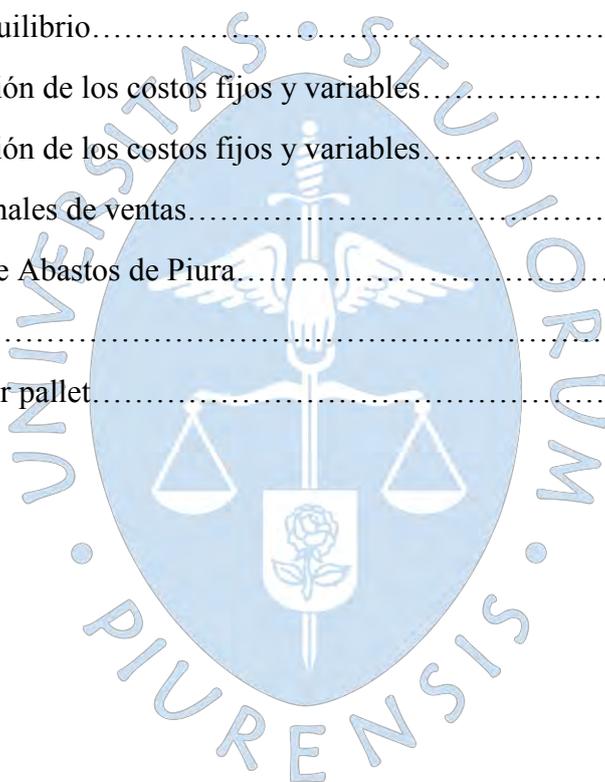
Lista de Tablas

| | |
|--|-----|
| Tabla 1. Clasificación de plásticos atendiendo a su reciclabilidad..... | 26 |
| Tabla 2. Tipos de reciclaje de plásticos..... | 27 |
| Tabla 3. Actividades incluidas en el sector Construcción..... | 30 |
| Tabla 4. Marco legal de la empresa..... | 74 |
| Tabla 5. Factores de Microlocalización..... | 75 |
| Tabla 6. Evaluación de factores de Microlocalización..... | 77 |
| Tabla 7. Características de la distribución de planta..... | 81 |
| Tabla 8. Tipos de Mezcladoras..... | 86 |
| Tabla 9. Dimensionamiento de Producción..... | 99 |
| Tabla 10. Asignación de empleados..... | 99 |
| Tabla 11. Equipos para producción..... | 100 |
| Tabla 12. Equipos para administración..... | 100 |
| Tabla 13. Niveles de aprobación para el funcionamiento de una planta..... | 105 |
| Tabla 14. Empresas ladrilleras de la región..... | 116 |
| Tabla 15. Población de Piura..... | 119 |
| Tabla 16. Población de Piura entre 30 y 60 años..... | 120 |
| Tabla 17. Población seleccionada..... | 120 |
| Tabla 18. Resultados de la pregunta 1..... | 122 |
| Tabla 19. Resultados de la pregunta 2..... | 117 |
| Tabla 20. Resultados de la pregunta 3..... | 124 |
| Tabla 21. Resultados de la pregunta 4..... | 124 |
| Tabla 22. Resultados de la pregunta 5..... | 125 |
| Tabla 23. Resultados de la pregunta 6..... | 126 |
| Tabla 24. Resultados de la pregunta 7..... | 126 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 25. Resultados de la pregunta 8..... | 127 |
| Tabla 26. Resultados de la pregunta 9..... | 128 |
| Tabla 27. Resultados de la pregunta 10..... | 128 |
| Tabla 28. Tipos de ladrillos de arcilla..... | 132 |
| Tabla 29. Datos técnicos del PET..... | 134 |
| Tabla 30. Requerimientos de la Norma Técnica E070 para unidades de Albañilería con fines estructurales..... | 136 |
| Tabla 31. MP, maquinaria y herramientas..... | 137 |
| Tabla 32. Proporciones cemento-arena-piedra..... | 139 |
| Tabla 33. Resistencia a la compresión por porcentaje de PET..... | 140 |
| Tabla 34. Clasificación de cada porcentaje de PET de acuerdo con los parámetros de calidad..... | 141 |
| Tabla 35. Diseño de mezcla sin PET..... | 142 |
| Tabla 36. Masas de materiales para mezcla sin hojuelas..... | 142 |
| Tabla 37. Masas de materiales para mezcla con hojuelas..... | 143 |
| Tabla 38. Variación máxima de la dimensión según norma E070..... | 148 |
| Tabla 39. Ensayo de dimensionamiento..... | 149 |
| Tabla 40. Desviación dimensional..... | 149 |
| Tabla 41. Clasificación según variación de dimensión..... | 150 |
| Tabla 42. Clasificación por % de absorción..... | 151 |
| Tabla 43. Alabeo máximo según norma E.070..... | 151 |
| Tabla 44. Alabeo máximo de cada bloque..... | 153 |
| Tabla 45. Clasificación según alabeo..... | 154 |
| Tabla 46. Resultados de la prueba de compresión..... | 156 |
| Tabla 47. Clasificación según resistencia a la compresión..... | 157 |
| Tabla 48. Clasificación final de los bloques..... | 158 |
| Tabla 49. Descripción del producto..... | 161 |
| Tabla 50. Elaboración de ladrillos de plástico..... | 165 |
| Tabla 51. Reciclaje de residuos plásticos..... | 166 |
| Tabla 52. Curado y secado de ladrillos..... | 170 |
| Tabla 53. Producción estimada por horizonte de tiempo..... | 172 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 54. Producción estimada de ecoladrillos en función a la masa del producto..... | 173 |
| Tabla 55. Variables para definir capacidad de planta de producción..... | 173 |
| Tabla 56. Alternativas de tamaño óptimo de planta..... | 173 |
| Tabla 57. Requerimientos de recursos físicos..... | 174 |
| Tabla 58. MOF del administrador..... | 178 |
| Tabla 59. MOF del gerente de operaciones..... | 178 |
| Tabla 60. MOF del operario de producción..... | 179 |
| Tabla 61. MOF del técnico..... | 179 |
| Tabla 62. MOF del asistente administrativo..... | 180 |
| Tabla 63. MOF del vendedor..... | 180 |
| Tabla 64. MOF del asistente de campo..... | 181 |
| Tabla 65. Marco legal de la empresa..... | 186 |
| Tabla 66. Factores de Microlocalización..... | 188 |
| Tabla 67. Evaluación de factores de Microlocalización..... | 189 |
| Tabla 68. Características de la distribución de planta..... | 172 |
| Tabla 69. Zonas dentro de Planta de producción..... | 193 |
| Tabla 70. Costos de maquinaria..... | 195 |
| Tabla 71. Costo de equipos..... | 196 |
| Tabla 72. Costo de inmuebles y enseres..... | 197 |
| Tabla 73. Costos de construcción..... | 197 |
| Tabla 74. Costo de Activos Intangibles..... | 198 |
| Tabla 75. Resumen de la inversión..... | 198 |
| Tabla 76. Capital de trabajo en días..... | 199 |
| Tabla 77. Inversión total del proyecto..... | 199 |
| Tabla 78. Fuentes de Financiamiento..... | 199 |
| Tabla 79. Cronograma de amortizaciones y pago de interés..... | 200 |
| Tabla 80. Cálculo del COK..... | 200 |
| Tabla 81. Presupuesto de ingresos..... | 201 |
| Tabla 82. Presupuesto de materia prima..... | 201 |
| Tabla 83. Presupuesto de MOD..... | 201 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 84. Presupuesto de costos indirectos de fabricación. (Sin IGV)..... | 202 |
| Tabla 85. Presupuesto de mano de obra indirecta..... | 202 |
| Tabla 86. Total de costos indirectos..... | 202 |
| Tabla 87. Presupuesto de depreciación y pago de las amortizaciones | 202 |
| Tabla 88. Presupuesto de Costo de Ventas..... | 203 |
| Tabla 89. Presupuesto de Gastos Administrativos..... | 203 |
| Tabla 90. Presupuesto de Gastos Financieros..... | 204 |
| Tabla 91. Estado de Ganancias y Pérdidas..... | 204 |
| Tabla 92. Flujo de caja..... | 204 |
| Tabla 93. Punto de equilibrio..... | 205 |
| Tabla 94. Determinación de los costos fijos y variables..... | 205 |
| Tabla 95. Determinación de los costos fijos y variables..... | 206 |
| Tabla 96. Tabla de canales de ventas..... | 209 |
| Tabla 97. Mercados de Abastos de Piura..... | 210 |
| Tabla 98. Pallets | 211 |
| Tabla 99. Ladrillos por pallet..... | 212 |



Lista de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1: Clasificación de los materiales de construcción..... | 38 |
| Figura 2: Productos cerámicos empleados en la construcción..... | 39 |
| Figura 3: Aislamiento por factor multicapa..... | 44 |
| Figura 4: Tipos de fuerzas..... | 46 |
| Figura 5: Esfuerzo nominal..... | 46 |
| Figura 6: Tabla de dureza de Mohs..... | 48 |
| Figura 7: Clasificación de los termoplásticos..... | 61 |
| Figura 8: Estructura química del PET..... | 62 |
| Figura 9: Estructura química del PVC..... | 64 |
| Figura 10: Proceso de reciclado con VinyLoop..... | 65 |
| Figura 11: Estructura molecular PEBD..... | 66 |
| Figura 12: Estructura molecular del monómero..... | 67 |
| Figura 13: Diagrama de flujo de los procesos..... | 71 |
| Figura 14: Requerimiento de área de terreno..... | 81 |
| Figura 15: Layout de la planta..... | 82 |
| Figura 16: Distribución de maquinaria, equipos y sectores..... | 82 |
| Figura 17: Distribución de planta industrial..... | 83 |
| Figura 18: Distribución de maquinaria y equipos en una planta..... | 84 |
| Figura 19: Mezcladora de cemento..... | 85 |
| Figura 20: Mezcladora de Tolva y mezcladora de trompo..... | 86 |
| Figura 21: Mezcladora de tambor Basculante..... | 87 |
| Figura 22: Camión hormigonera..... | 87 |
| Figura 23: Mezcladora de eje horizontal..... | 88 |
| Figura 24: Mezcladora móvil automática DOMAT..... | 88 |

| | |
|---|-----|
| Figura 25. Mezcladora planetaria de eje vertical..... | 89 |
| Figura 26. Moldes de concreto..... | 89 |
| Figura 27. Máquina compactadora de concreto..... | 90 |
| Figura 28. Organigrama de una empresa ladrillera..... | 93 |
| Figura 29: Fuentes y usos de la composición del financiamiento..... | 93 |
| Figura 30: VAN y TIR financiero..... | 94 |
| Figura 31. Cálculo del ROE..... | 95 |
| Figura 32. Punto de equilibrio..... | 98 |
| Figura 33. Proceso de producción de ladrillos..... | 101 |
| Figura 34. Árbol de problemas..... | 109 |
| Figura 35. Árbol de objetivos..... | 111 |
| Figura 36. Mapa de zonas productoras de ladrillos..... | 117 |
| Figura 37. Cadena de suministros de empresas ladrilleras en Piura..... | 118 |
| Figura 38. Distritos incluidos en la segmentación..... | 119 |
| Figura 39. Gráfico de barras..... | 121 |
| Figura 40. Gráfico del índice de empleo en Piura..... | 121 |
| Figura 41. Diagrama de Barras de la pregunta 1..... | 123 |
| Figura 42. Gráfico circular de la pregunta 2..... | 123 |
| Figura 43. Diagrama circular de la pregunta 3..... | 124 |
| Figura 44. Diagrama circular de la pregunta 4..... | 125 |
| Figura 45. Diagrama circular de la pregunta 5..... | 125 |
| Figura 46. Diagrama circular de la pregunta 6..... | 126 |
| Figura 47. Diagrama circular de la pregunta 7..... | 127 |
| Figura 48. Diagrama circular de la pregunta 8..... | 127 |
| Figura 49. Diagrama circular de la pregunta 9..... | 128 |
| Figura 50. Diagrama circular de la pregunta 10..... | 129 |
| Figura 51. Resistencia a la compresión vs %PET en la mezcla..... | 141 |
| Figura 52. Tamizado de arena..... | 143 |
| Figura 53. Recubrimiento con aceite..... | 144 |
| Figura 54. Pesado de materiales..... | 144 |

| | |
|--|-----|
| Figura 55. Mezcla de materiales..... | 145 |
| Figura 56. Colocación en moldes y compactación..... | 145 |
| Figura 57. Desentornillado manual..... | 146 |
| Figura 58. Bloques en pozo de curado..... | 147 |
| Figura 59. Bloques en el horno..... | 147 |
| Figura 60. Distancias para medir alabeo del bloque..... | 146 |
| Figura 61. Medición de alabeo para área transversal..... | 152 |
| Figura 62. Bloque destruido..... | 155 |
| Figura 63. Valor de kg.f de la máquina..... | 156 |
| Figura 64. Trituración de plástico..... | 167 |
| Figura 65. Mezclado de plástico con cemento y agua..... | 168 |
| Figura 66. Mezclado de plástico con cemento y agua..... | 169 |
| Figura 67. Cadena de suministros de empresas ladrilleras en Piura..... | 176 |
| Figura 68. Organigrama de la empresa..... | 177 |
| Figura 69. Mezcladora de cemento..... | 182 |
| Figura 70. Trituradora de media capacidad..... | 183 |
| Figura 71. Moldes de concreto..... | 183 |
| Figura 72. Máquina compactadora de concreto..... | 184 |
| Figura 73. Requerimiento de área de terreno..... | 193 |
| Figura 74. Esquema general del canal indirecto largo de distribución..... | 209 |
| Figura 75. Esquema general del canal directo de distribución..... | 211 |
| Figura 76. Pallet para ladrillos..... | 212 |



Capítulo 1

Antecedentes

En este capítulo se describirá los proyectos relacionados con el que se realizará. Es decir, aquellos trabajos ya existentes que pueden servir como base para la realización del proyecto, ya sea en aspectos esenciales o secundarios.

1.Revisión bibliográfica

1.1.1. Pirhua

Basado en esta fuente de información, se encontró un documento llamado “DISEÑO DE PLANTA PRODUCTORA DE ADOQUINES A BASE DE CEMENTO Y PLÁSTICO RECICLADO”¹, se trata de un proyecto ya culminado de la producción de adoquines en base a plástico reciclado en donde se concluyó que la sustitución de la arena, un componente del adoquín, por plástico reciclado es factible demostrando que no afecta en gran medida en el desempeño de este. Uno de sus objetivos es utilizar material reciclado para la elaboración de materiales de construcción contribuyendo con la reducción de elementos contaminantes y perjudiciales para el medio ambiente. El documento se centra en los siguientes puntos:

1. Diseño de planta.
2. Diseño productivo de los adoquines.
3. Descripción de las pruebas y ensayos del producto.

En el año 2018 se realizó en la ciudad de Piura junto con el apoyo de la empresa DINO, en la cual todos los procedimientos y/o actividades descritas están adaptados a la realidad de esta empresa. La red DINO comercializa una gran variedad de materiales de construcción como la producción de ladrillos, adoquines, etc. La empresa fue un punto clave para desarrollar el proyecto bajo este enfoque.

¹ Ayrton Pastor Castillo, Jean Pierre Salazar Oliva, Ricardo Seminario Regalado, Andrés Tineo Camacho, Jean Carlo Zapata Valladolid . (2015). DISEÑO DE PLANTA PRODUCTORA DE ADOQUINES A BASE DE CEMENTO Y PLÁSTICO RECICLADO. 2019, de PIRHUA.

Los adoquines de concreto son elementos obtenidos por compactación que pueden variar tanto en dimensiones como en colores. Se utiliza para tránsito vehicular pesado (industrial), los adoquines y gramoquines para Tránsito Vehicular Ligero y los adoquines solo para uso peatonal. En la región de Piura los adoquines que más se utilizan son el tipo 6 y 8 para pavimentos adecuados en tránsito peatonal y vehicular, son altamente resistentes a la presión, como por ejemplo vehículos pesados.

El proyecto informe dio por concluir que gracias a la utilización de plástico reciclado en los adoquines reduce su costo de producción, sin embargo, al ser un producto que no se ha realizado antes, muy pocas empresas quieren aplicarlo. Los resultados de las pruebas realizadas tuvieron éxito, se observó que los adoquines si cumple las normas NTP 399.611 que indica una absorción permitida de 3.17%.

En cuanto a la consistencia de los adoquines, la dosificación de los componentes no fue la óptima por lo que se tendría que mejorar el diseño de mezcla de la misma para se ofrezca unos buenos indicadores como la absorción de humedad, su resistencia a compresión y su eficiencia en cuanto a durabilidad. Este documento se relaciona mucho con nuestro proyecto en cuanto al objetivo de reducir residuos plásticos de un solo uso en la Región Piura aplicándolo en el desarrollo de materiales de construcción. Aunque el producto estudiado no sea el mismo, la fuente de información brinda puntos importantes sobre que considerar al momento de desarrollar la experimentación.

1.1.2. Alicia

Basado en esta fuente de información, se encontró una tesis de grado bachiller teniendo como título: “LADRILLOS DE CONCRETO CON PLASTICO PET RECICLADO” ²de la Universidad Nacional de Cajamarca, del año 2017. El enfoque principal es determinar las propiedades físico-mecánicas de ladrillos de concreto con plástico PET reciclado, en la cual se detalla las proporciones adecuadas, a través de ensayo y error, para elaborar una unidad de ladrillo. El problema que desea resolver es casi el mismo, es decir, poder reciclar o reducir los recipientes plásticos en este caso los PET (tereftalato de polietileno) utilizándolos como materia prima en diversas industrias, que en este caso es aplicado al sector de la construcción.

La calidad de los ladrillos está sujeta a cada etapa del proceso de fabricación, desde la cuidadosa selección de los insumos utilizados, la dosificación correcta de cada uno y una cuidadosa elaboración de moldeo y compactación. Añadiendo o reemplazando algún agregado

² Echevarria Garro, E(2017) *LADRILLOS DE CONCRETO CON PLASTICO PET RECICLADO*. Universidad Nacional de Cajamarca.

del ladrillo podemos afectar significativamente, es por eso por lo que el presente documento recoge una serie de información técnica de las propiedades del plástico PET y de la unidad de albañilería (Ladrillo).

- Procesos mecánicos para el reciclado del plástico
- Características térmicas del PET
- Propiedades físico-mecánicas de cada insumo para un ladrillo convencional.
- Proceso de producción del ladrillo de concreto.
- Descripción detallada cuantitativa de cada ensayo sometido.

Se determinó que las propiedades mecánicas de los ladrillos de concreto vibrado con hojuelas de plástico PET reciclado no mejoran estas propiedades, sino que resulta una disminución máxima de la resistencia a compresión del ladrillo, se desvía un 31.8% respecto de la mezcla patrón. Pero las propiedades físico-mecánicas de los tres tipos de ladrillo de concreto con plástico PET reciclado, es decir los que contienen 3%, 6% y 9% de PET, cumplen con los requerimientos definidos por la norma técnica E.070.

Analizando los patrones que seguía la experimentación al ir aumentando gradualmente el porcentaje de material reciclado en el ladrillo, las hojuelitas usadas en la investigación no permitían un buen acomodo de las partículas de concreto y otros agregados al ladrillo, obteniendo más poros en la superficie. Con respecto al peso, disminuye un máximo de 14% comparándolo con un ladrillo normal debido al peso normal de los agregados que son mucho más pesados que el PET reemplazante.

Todos los datos técnicos, recomendaciones y conclusiones halladas en la documentación nos ayudan a enfocarnos en que proceso o material debemos poner más atención y no repetir los errores que han tenido en la experimentación descrita.

1.1.3. Google Académico

En esta fuente de información ofrecida por Google se encontró un e-book “LADRILLOS DE PLASTICO RECICLADO: UNA PROPUESTA ECOLÓGICA PARA LA VIVIENDA SOCIAL”³ el documento tiene como finalidad obtener un fuerte impacto social en Argentina, se plantea construir viviendas en base a ladrillos PET, una propuesta ecológica, económica y social, para hacer frente al creciente índice de pobreza y alta demanda de viviendas del sector

³ Berretta.H.,Gatani,M., R., &Arguello, R.(2018) LADRILLOS DE PLASTICO RECICLADO:UNA PROPUESTA ECOLOGICA PARA LA VIVIENDA SOCIAL. Argentina:Nobuko.

más bajo de la población argentina. Por lo tanto, brinda información completa acerca del ladrillo PET:

- Pre-Tratamiento de los insumos a utilizar.
- Proceso de transformación de PET
- Proceso de fabricación de ladrillos
- Aplicaciones del ladrillo PET

Uno de los beneficios importantes es generar fuentes de trabajo a los sectores de escasos recursos, dentro de la industria de la construcción, como la recolección de materia prima y la promoción de mano de obra no especializada gracias a su facilidad de utilización.

1.1.4. Dialnet.

Es uno de los mayores portales bibliográficos del mundo, cuyo principal cometido es dar mayor visibilidad a la literatura científica hispana. En esta fuente de información se encontró el siguiente trabajo de investigación llamado “MEZCLAS DE CEMENTO Y AGREGADOS DE PLASTICO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECOLÓGICAS”⁴ de la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca de Bolivia.

La finalidad de este trabajo fue comprobar si es posible la utilización de desechos plásticos PET (Tereftalato de Polietileno) para la fabricación de elementos constructivos enfocados en ladrillos y tejas con el fin de mejorar la resistencia de este, permitiendo poner en práctica la consigna de las tres R, reducir, reutilizar y reciclar. La principal materia prima utilizada fueron botellas descartables y plásticos procedentes de envolturas de golosinas, BOPP (Polipropileno biorientado) y PVC (Policloruro de vinilo). El trabajo se basa en la problemática de que los polímeros son productos contaminantes del medio ambiente, no se degradan y perduran en el tiempo, por lo que hacer frente al creciente volumen de estos, los investigadores encontraron una alternativa de solución.

El documento se centró únicamente en el procedimiento a seguir para la elaboración de los ladrillos y tejas, además de una evaluación de los costos que conlleva. Algunos de los puntos importantes:

- Dosificación de los materiales
- Descripción de la metodología experimental

⁴ Flores, E. Rojas, J., Torres, R., Vallejos, R., Flores, M. (2014). MEZCLAS DE CEMENTO Y AGREGADOS DE PLASTICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS ECOLOGICAS. Ciencias Tecnológicas y Agrarias T-I (101-110)

- Estimación de costos

Algunos problemas que tuvieron fue que en la mezcla no tenía docilidad ni homogeneidad debido a que el plástico no estaba muy bien triturado, esto provocaba una disminución del asentamiento (después del compactado). En la mezcla se podía observar que se formaban escamas de PET, otorgadas por el molino utilizado.

Con respecto al análisis de los precios de materiales se llega a la conclusión de que la teja y el ladrillo resultan ser más baratos que el ladrillo común, de 0.90 soles a 0.70. (Precios del ladrillo en mercado boliviano).

De acuerdo con esto, el primer objetivo que se tiene es contar con un buen sistema de recolección de material reciclado PET. Si bien Bolivia (País donde se desarrolla el proyecto) y Perú están casi del mismo nivel en reciclaje. Depende mucho de entidades externas que apliquen la logística inversa, es decir cómo se gestiona la recuperación de envases, embalajes y residuos peligrosos de la ciudad a la planta de procesamiento.





Capítulo 2

Situación actual

2.1. Análisis del Macroentorno

2.1.1. El plástico y el medio ambiente

En los últimos años, el problema de la contaminación ambiental relacionado directamente con el uso excesivo de envases plásticos, ha marcado un gran impacto en todo nuestro alrededor, que se ha visto evidenciado en el deterioro de los ecosistemas, causando pérdidas de especies de la flora y fauna.

El plástico, por sus características de flexibilidad y bajo costo, ha sido uno de los productos derivados del petróleo que ha tenido mayor acogida en el mundo, lo que ha provocado una producción masiva.

Antes que este material fuera fabricado, lo que se usaba normalmente eran resinas naturales⁵ que tenían diversos fines.

En los años cincuenta, llega el boom del plástico, que ha ido aumentando progresivamente, llegándose a producir en la actualidad cerca de 100 millones de toneladas de plástico al año, que tardan entre 150 a 1000 años en descomponerse.

Recientes estudios demuestran que hasta el momento se han producido más de 9,1 billones de toneladas de plástico y al menos 7 billones ya no son utilizadas, es decir han sido desechadas y convertidas en basura.

Los tipos de plásticos que se producen en mayor medida son el polietileno, polyester, polipropileno y cloruro de polivinilo y la mayor parte de plásticos se emplean en fabricación de envases que se utilizan una sola vez, siendo los que se encuentran contaminando más el medio

⁵ Resinas naturales como el betún, goma, laca, ámbar, etc.

ambiente, y su forma equivocada de desecho ha causado extinción de especies marinas, contaminación de alimentos que se extraen del mar, falta de realización de procesos naturales y que diferentes cuerpos acuáticos se llenen de algas y flora nociva como mecanismo de defensa, desaparición y sequía de diferentes cuerpos de agua, falta de pureza en el agua que se encuentra en cuerpos que la habitan, entre otros. (Admin Rotoplast, 2019).

Pero la contaminación no es sólo en el mar, sino que también afecta a los ecosistemas terrestres y aéreos.

La forma más fácil de percepción de contaminación es la terrestre y aunque no se le da mucha importancia al desecho de estos residuos, su paso en la tierra supone daños a los ecosistemas, los cuales pueden durar mucho tiempo debido a la gran extensión de vida del plástico.

Inclusive el hecho de reciclar o, canalizar y depositar los plásticos de forma adecuada, supone un problema, ya que no se cuenta con espacios propicios para estas actividades o simplemente la producción y por consecuencia el desecho de plásticos es tan grande que no se cuenta con depósitos con la capacidad de generar un aislamiento total, lo que termina por convertirse en fuentes permanentes de toxinas y lixiviados que contaminan severamente los mantos acuíferos y causan deterioro y erosión difícil de contrarrestar.

En el ámbito aéreo, los plásticos también suponen uno de los principales factores de contaminación ambiental que desembocan en uno de los problemas de salud más grandes del mundo. Esto sucede debido a que, por la falta de lugares propios para reciclaje, los plásticos terminan siendo quemados o incinerados, generándose una alta contaminación del aire donde se da la liberación de los componentes más tóxicos conocidos por la ciencia. (Travesía Pirenaica, 2019)

El medio marino, es sin duda, la parte más afectada con el exceso de consumo de plásticos y su degradación es la más perjudicial en la tierra. Según informes, se reciben más de 200 kilogramos de plástico por segundo.

No se conoce de forma precisa la cantidad exacta de plásticos que se encuentran en los mares, pero se estima un valor promedio de entre 5 a 50 billones de fragmentos de plástico, sin contar aquellos desechos que hay en el fondo marino y en las playas.

Entre el año 2010 y 2013, se detectó la formación de 5 islas de basura⁶, que en su mayoría están compuestas por microplásticos. (Coppini, s.f.).

Como consecuencia de estas prácticas perjudiciales, ecosistemas y especies se ven amenazadas. Muchas veces el ser humano piensa que, por encontrarse en la cúspide de la cadena trófica, no es capaz de verse afectado por esta contaminación, pero la realidad es otra, ya que el plástico se encuentra en el medio ambiente incluso fragmentado en trocitos diminutos que atraen y acumulan sustancias tóxicas. Estos son ingeridos por los animales, incluso seres microscópicos como el plancton, contaminando así la cadena alimentaria de la que dependemos. (Estévez, Eco Inteligencia, 2013)

Este problema de nivel mundial se ha dado por la producción desmedida de plásticos en las últimas décadas, llegando a sobrepasar un aumento de 50% en los últimos 10 años. Cabe resaltar que la producción de este material no es el único causante de la contaminación, sino que en su gran mayoría se debe a la falta de concientización de los seres humanos que, sin prever las consecuencias, tiran plásticos en cualquier lugar y no tienen una cultura de reciclaje y reutilización. (Estévez, 2019)

Como medida de prevención y mejora, se ha reducido notablemente el uso de envases plásticos y por ende su producción, pero aún quedan gran cantidad de estos que ya han sido usados anteriormente y demoran entre 100 a 1000 años en degradarse, por lo que es necesario fomentar el reciclaje y la reutilización. Sin embargo, hay plásticos que no pueden ser reutilizados por lo que es importante darles un uso apropiado y estos no terminen contaminando nuestro ecosistema. (Green Peace, s.f.)

Es importante poder clasificar a los plásticos de acuerdo con su naturaleza para poder ser reciclados, ya que algunos de estos no pueden ser tratados para este fin. En la tabla (Tabla 1) que se presenta a continuación, se da esta clasificación, donde se muestra aquellos que son reciclables, los no muy reciclables y los ocasionalmente reciclables.

Tabla 1. Clasificación de plásticos atendiendo a su reciclabilidad

| Reciclables | No muy reciclables | Ocasionalmente reciclables |
|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> PET (polietileno): Botellas de agua y otras bebidas | <ul style="list-style-type: none"> PVC (cloruro de polivinilo): botellas de aceite, | <ul style="list-style-type: none"> LDPE (polietileno de baja densidad): envoltorios de |

⁶ Islas de basura: 2 en el Océano Pacífico, 2 en el Océano Atlántico y 1 en el Océano Índico.

| | | |
|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • HDPE (polietileno de alta densidad): Botellas de detergente, vasos, envases de yogur. | envoltorios de carne, carpetas de oficina. | alimentos. <ul style="list-style-type: none"> • PP (polipropileno): pañales, envases de yogur • PS (poliestireno): cajas de huevos, de bombones. • Otros: otros tipos de plásticos, plásticos reforzados o laminados. |
|---|--|--|

Fuente: Elaboración propia a partir de Torres (2014)

Así como se clasifica los plásticos de acuerdo con su naturaleza de reciclabilidad, es importante que cuando esta se determine, poder seleccionar el tipo de reciclaje que se dará al plástico. Para ello existen cuatro tipos de reciclaje que se explican en la siguiente tabla (Tabla 2).

Tabla 2. Tipos de reciclaje de plásticos

| | |
|--------------------|--|
| Primario | Conversión del desecho plástico en artículos con propiedades físicas y químicas idénticas a las del material original. Se realiza con termoplásticos tipo PET, HPDE, LPDE, PP, PS y PVC. Es necesario un proceso de separación y limpieza. |
| Secundario | Se convierte el plástico en artículos con propiedades inferiores a las del polímero original. Se usa en termoestables que están contaminados. En este caso no es necesario limpiar, se mezclan con tapas de aluminio, papel, polvo, etc., y se muelen y funden juntos en un extrusor. Se usan como áridos en la construcción de carreteras. |
| Terciario | El polímero se degrada en compuestos químicos básicos y combustibles. Se diferencia de los anteriores en que además de un cambio físico hay un cambio químico. Los métodos más usados son pirólisis y gasificación. En el primero se recuperan las materias primas de los plásticos, de manera que se pueden rehacer polímeros puros con otras propiedades y menos contaminación y, en el segundo se obtiene gas que puede ser usado para producir electricidad, metanol o amoníaco. |
| Cuaternario | Calentamiento del plástico para usar la energía térmica liberada de este proceso para llevar a cabo otros procesos, es decir, se usa como combustible para obtener energía. Problema: generación de contaminantes gaseoso y de cenizas altamente contaminantes. |

Fuente: Elaboración propia a partir de Torres (2014)

2.1.2 Estudio de la Industria de la construcción

La industria de la construcción desarrolla un papel sumamente importante en el desarrollo de un país, ya que involucra ámbitos económicos, culturales e incide en el medio ambiente.

A través de la construcción se satisfacen necesidades de infraestructura de distintas actividades económicas y sociales de un país.

Es importante recalcar que cuando se habla de la Industria de construcción esta no solo incluye a empresas constructoras, sino que va más allá de eso.

La Industria de la construcción engloba la Metalurgia y Siderurgia, la minería de yacimientos de todo tipo de minerales para producir cemento, entre otras muchísimas cosas, toda la Industria Electromecánica, la Metal Mecánica, la Petroquímica y Química, la Industria Automotriz y todo lo industrializable que permita construir ambientes habitables y toda la infraestructura que requerimos con la más alta calidad. (Alvarado, 2013).

La Industria de la Construcción existe desde la antigüedad y nace cuando los humanos deciden establecerse en un sitio determinado y construir sus refugios permanentes para protegerse de los cambios del medio ambiente.

Así llega una etapa donde las construcciones que se daban obedecían diseños y normas, iniciándose así el concepto de ciudad.

En esta época prehistórica se distinguen dos tipos de construcciones: megalíticas⁷ y ciclópeas⁸.

Además de estas construcciones, también se conocen otras más simples que existen desde tiempos remotos, como las cabañas, cavernas, palafitos, cránoges, terramares, entre otros.

Como se mencionó anteriormente, el hombre en un inicio empezó el trabajo de construcción con piedras, pero debido a su elevado precio y complicada puesta en obra, este material fue siendo reemplazado por otras piedras artificiales como el hormigón, hierro y hormigón pretensado.

En algunas regiones donde era escasa la piedra y la madera, se empezó a utilizar la tierra como material de construcción, apareciendo así el tapial y el adobe. Posteriormente a ello aparece el ladrillo y otros productos cerámicos, basados en la cocción de piezas de arcilla en un horno, con más resistencia que el adobe.

El sector de la construcción comprende un conjunto de actividades diversas.

⁷ Construcciones con enormes piedras sin desbastar o muy poco desbastadas, nunca unidas con cemento.

⁸ Construcciones similares a las megalíticas, pero con piedras más pequeñas. Se acepta cemento arcilloso para unir piezas.

En la tabla que se presenta a continuación (Tabla 3) se puede observar el conjunto de actividades que están incluidas en este sector.

Tabla 3. Actividades incluidas en el sector Construcción

| Grupo | Clase | Subclase | |
|--|--|--|--|
| Preparación de obras. | Demolición y movimiento de tierras. | Demolición y excavaciones. | |
| | | Grandes movimientos de tierras. | |
| | Perforaciones y sondeos. | Perforaciones y sondeos. | |
| Construcción general de inmuebles y obras de ingeniería civil. | Construcción general de edificios, casas y obras singulares de ingeniería civil. | Construcción de edificios. | |
| | | Construcción de casas. | |
| | | Obras singulares de ingeniería civil subterránea. | |
| | | Obras singulares de ing. civil en superficies y en altura. | |
| | | Construcción de tendidos eléctricos. | |
| | | Construcción de líneas de telecomunicaciones. | |
| | | Otros trabajos de construcción. | |
| | | Construcción de cubiertas y de estructuras de cerramiento. | Construcción de cubiertas y tejados. |
| | | | Trabajos de impermeabilización. |
| | | Construcción de autopistas, carreteras, campos de aterrizaje, vías | Construcción y reparación de vías férreas. |
| Construcción de | | | |

| | | |
|--|---|---|
| | férreas y centros deportivos. | carreteras, autopistas aeródromos e instalaciones deportivas. |
| | Obras hidráulicas. | Obras hidráulicas. |
| | Otras construcciones especializadas. | Montaje de armazones y estructuras metálicas. |
| | | Cimentaciones y pilotaje. |
| | | Otras obras especializadas. |
| Instalación de edificios y obras. | Instalaciones eléctricas. | Instalaciones eléctricas. |
| | Aislamiento: térmico, acústico y anti vibratorio. | Aislamiento térmico, acústico y anti vibratorio. |
| | Fontanería e instalación de climatización. | Fontanería. |
| | Otras instalaciones de edificios y obras. | Instalación de climatización. |
| Acabado de edificios, casas y otras obras. | Otras instalaciones de edificios y obras. | Otras instalaciones de edificios y obras. |
| | Revocamiento. | Revocamiento. |
| | Instalaciones de carpintería. | Carpintería de madera y materias plásticas. |
| | | Carpintería metálica. Cerrajería. |
| | Revestimiento paredes (acabados). | Revestimiento paredes. |
| | Acristalamiento y pintura. | Acristalamiento. |
| | | Pintura. |
| Otros trabajos de acabado. | Otros trabajos de acabado. | |

Fuente: INE, Clasificación de Actividades Económicas. España (CNAE-93)

Existen diversos insumos con los que se puede construir, sin embargo, los materiales aptos para la construcción son los siguientes (Ricuc, s.f.):

- Materiales Pétreos
- Materiales Cerámicos
- Aglomerantes y Hormigones
- Metales
- Maderas
- Vidrios
- Materiales de aislamiento térmico, acústicos e impermeabilizantes
- Prefabricados

Uno de los materiales indispensables en las construcciones son los ladrillos, los mismos que pueden ser fabricados con diferente tipo materia prima de acuerdo con el uso que se le dará.

Este material se distingue por su forma de prisma rectangular y sus propiedades que generan una excelente resistencia a la compresión. También se le suma a ello sus cualidades de aislamiento acústico y térmico.

Un ladrillo tradicional está hecho de masa de barro cocida y debe estar apto para levantar cualquier tipo de construcción. Se conocen varios tipos⁹ de ladrillos los cuales son usados para la construcción de determinadas estructuras.

Así como se tienen estos ladrillos tradicionales, en la actualidad, se han desarrollado nuevos ladrillos que cumplen con las mismas cualidades pero que su composición es diferente, y un gran ejemplo de esto son los ladrillos hechos a base de residuos plásticos. (CIBAO, 2017)

2.2 Situación actual de Piura

Es importante poder analizar el entorno en el que se trabajará para reconocer aquellos beneficios que se pretende cubrir y los objetivos planteados. Además, el mercado donde se desarrollará el producto, teniendo en cuenta los stakeholders y principales competidores.

2.2.1 Empresas de la construcción

Como se hizo hincapié en el apartado anterior, la Industria de la construcción, no involucra solo el proceso de construcción de estructuras en sí, sino también el proceso de producción de materia prima que se emplea para estos fines.

⁹ Tipos de ladrillos: hueco, macizo, macizo con cazoleta, refractario, de adobe de tierra, cocido de tierra, perforado, perforado a canto, Clinker y decorativos para piso y pared.

En el caso de construcción de estructuras ya sean en proyecto públicos o privados, se conocen las siguientes empresas en Piura:

- **Grupo Allemant:** es una empresa con visión internacional, enfocada en el diseño, supervisión y construcción de viviendas y centros comerciales.
- **ABS Constructora e Inmobiliaria:** empresa comprometida con los clientes para cumplir sus expectativas de confort y seguridad en la obra. Realiza proyectos de obras y servicios de distinta escala.
- **Bimsac Ingeniería, diseño y construcción S.A.C.:** empresa del sector construcción dedicada a brindar servicios de ingeniería, diseño, construcción y mantenimiento. (Habitissimo, 2019).

Además de estas empresas, que son mayormente conocidas en este rubro en la localidad de Piura, se tienen otras constructoras que trabajan con el mismo fin.

Algunas de estas otras empresas son las siguientes:

- Constructora I&I
- Diseños y acabados J&M
- Constructora Generales
- Grupo Alonso Constructora Inmobiliaria
- Sirya
- Masei
- GM Ruesta Contratistas

Otro material usado por excelencia en las construcciones y que también será usado en el desarrollo del prototipo del proyecto, es el cemento.

En la ciudad de Piura, la empresa que lleva años en la primacía de ventas en la industria cementera es Cementos Pacasmayo.

Esta Cementera, tiene una planta en la ciudad de Piura que ocupa 55 hectáreas, logrando una capacidad de producción de 1.6 millones de toneladas de cemento y 1 millón de toneladas de Clinker¹⁰.

¹⁰ Mezcla mineralógica sometida a altas temperaturas. Está conformado por calizas, pizarras y arcilla. (Cementos y hormigones, s.f.)

Otro material de suma importancia en las construcciones es el ladrillo, en este sector, las empresas que más destacan en Piura son las siguientes:

- **Ladrillos Lark:** esta empresa viene funcionando desde 1996 y se dedica a la fabricación y comercialización de ladrillos cerámicos de arcilla cocida que se utilizan en construcción de viviendas, edificios e infraestructura en general. Para ello se cuenta con dos plantas, una en Puente Piedra y otra en Lambayeque, y dos almacenes, uno en Huachipa y otro en Lurin y brinda una distribución a nivel nacional, teniendo una aceptación del mercado peruano de 35% aproximadamente. Sus productos por excelencia son los ladrillos para techo y ladrillos para muros. (Ladrillos Lark, 2019).
- **Ladrillos Forte:** esta empresa brinda productos de acuerdo con la preferencia de los clientes buscando siempre satisfacerlos y otorgarles el mejor precio. Tiene sedes en Lima, Trujillo, Piura y Chiclayo. (Ladrillos Fortes, 2019).
- **Ladrillos Zar:** empresa del norte peruano, ubicada en Piura.
- **Ladrillos Tallán:** empresa del norte peruano, ubicada en Piura.

2.2.2 El plástico en la ciudad de Piura

El consumo excesivo de plástico ha generado un gran malestar en todo el mundo y eso claramente no es ajeno a la ciudad de Piura, donde sus habitantes de forma diaria arrojan desechos plásticos sin establecerles un fin de reciclaje o reutilización.

La Defensoría del Pueblo alertó que en Piura existen 22 puntos críticos, donde se arrojan residuos sólidos diariamente y los cuales se han convertido en focos infecciosos que pueden desencadenarse en enfermedades que atenten contra la salud de sus propios pobladores.

De estos 22 puntos críticos, el Mercado de Piura, la zona Conafoviser, la Avenida Circunvalación, las Vías integradoras y la parte posterior del Cementerio Metropolitano, son las que requieren atención urgente, la misma que no será solucionada solo con eliminar los residuos sólidos contenidos en el lugar, sino también con la concientización de los moradores para que no arrojen más elementos contaminantes a su hábitat. (SPDA Actualidad ambiental , 2017).

Se estima que en la ciudad de Piura la contaminación por plásticos ascienda a la cifra de 19 980 toneladas sólo en bolsas plásticas, atribuyéndose un uso de 30 Kg de por persona aproximadamente.

De esta exorbitante cifra, por lo menos 9 millones de kilogramos de bolsas plásticas pertenecen a los piuranos, mientras que el resto a los ciudadanos de los diferentes distritos de Piura.

Este problema se ve evidenciado en el día a día de las personas, ya que es común ver por las distintas calles de toda la región bolsas plásticas que el viento lleva consigo, producto de ciudadanos poco conscientes que no ejecutan buenas prácticas medioambientales.

También es importante indicar que tiempo antes de establecerse una ley particular que regula la entrega de bolsa en distintos puntos de venta, se solían entregar en promedio unas 100 mil bolsas plásticas a los usuarios de forma diaria. (El Tiempo, 2018).

En el mes de julio, la Municipalidad Provincial de Piura aprobó la ordenanza que busca reducir el uso de envases plásticos y Tecnopor. Bajo esta medida, los establecimientos comerciales se comprometen a no dar bolsas de plásticos a los clientes y reemplazarlas por bolsas de papel u otro material no contaminante.

De esta manera se pretende implementar estrategias educativas para que el uso de plástico sea racional y responsable y el impacto en el medio ambiente se reduzca al máximo posible.

Esta norma se enmarca en el cumplimiento de la Ley N° 30884, que regula el plástico de un solo uso y los recipientes o envases descartables, promulgada en diciembre del 2018, y en el Decreto Legislativo N°1278, que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos.

La implementación de esta nueva norma será progresiva, pero es importante fomentar la reducción del uso de plástico y como ejemplo de ello se viene implementando 50 puntos verdes en la ciudad para que se brinde información adecuada a la ciudadanía a cerca de temas como el reciclaje, compostaje y reutilización de recipientes que por lo general suelen ser desechados.

También se ha desarrollado el programa “En casa, yo reciclo”, con el fin de recolección de forma adecuada en los hogares y la formación de buenos hábitos a los distintos integrantes de la familia.

Asimismo, se ha decidido declarar el segundo viernes de cada mes como el Día Menos plástico y más Vida, que busca estimular a los pobladores a que sigan contribuyendo a la preservación del medio que los rodea. (Chunga, 2019).

2.2.3 Fenómenos ambientales

- **Inundaciones:** en el año 2017, la ciudad de Piura se vio severamente afectada por el Fenómeno del Niño Costero, el cual desencadenó una serie de lluvias muy fuertes, las cuales causaron diversas tragedias, tales como desbordes de ríos de la zona que ocasionaron inundaciones. Parte de este problema se debe a la intervención de los residuos sólidos, entre ellos los plásticos, ya que actuaron como obstáculo en los drenajes que derivan a los ríos, por tanto, no había una correcta evacuación de las aguas de lluvia.
- **Erosión en los lechos de los ríos:** el proceso de fabricación de ladrillos convencionales involucra el uso y extracción de materiales, tales como, arena, grava (presente en los lechos de los ríos), arcilla, entre otros. El uso de plástico como reemplazante de los materiales mencionados permitirá que no se sobre explote el material que se encuentra en el río, de esta forma, el material granular seguirá actuando como una capa protectora frente a los esfuerzos que el agua aplica a la superficie del río en épocas de la llegada de grandes caudales.

2.2.4 Reciclaje en la ciudad de Piura

La contaminación del medio ambiente es un problema recurrente que se da por muchos motivos, ya sea por los gases nocivos que son expulsados por las fábricas, por los líquidos contaminantes que son regados en aguas, arrojados de basura, etc. Enfocándose en este último, es decir, el arrojado de basura en las calles o en los suelos, se considera un problema constante en el Perú, ya que, por falta de cultura ambiental, las personas siguen cometiendo este error. Sin embargo, hay medidas que se han tomado para afrontar este problema. En la ciudad de Piura que es el escenario de interés, se está practicando el Programa de Segregación de Residuos Sólidos de la Fuente, el cual pretende ayudar al medio ambiente por medio del reciclaje de residuos sólidos y a la vez generar trabajo y así formar microempresarios en el rubro. Este programa consta de la visita de los recicladores a distintas viviendas con una “bolsa verde”, a través de ella recogen los residuos que son aptos para reciclaje, “luego transportan lo reciclado a la planta de segregación para después venderlo obteniendo una ganancia.” (Diario RPP, 2011)

Lo que diferencia a estos recicladores de los comunes, es que ellos pasan por las casas evitando romper bolsas de basura que están situadas en las calles para poder encontrar material que se pueda reciclar, esto, además, colabora con la limpieza de la ciudad y evita que el camión recolector de basura se sature, ya que reduce la cantidad transportada de basura.

Como resultado de la aplicación de este programa, que ya tiene más de 10 años en práctica, se ha ascendido el nivel de reciclaje en los distritos de Piura, Castilla y 26 de octubre. Así también se cuenta con 100 recicladores formales de dos distintas asociaciones en la actualidad. (Diario El Tiempo, 2019). Según PerúRetail (2019), Piura se ha convertido en la segunda provincia en reducir el uso de plástico y Tecnopor.

2.2.5 Situación socioeconómica de Piura

La ciudad de Piura cuenta con una población de 680 770 habitantes, de la cual el 37.5%, es considerada pobre según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) basándose en los datos obtenidos del censo realizado el año 2007 (INEI, 2007). Pero con el paso del tiempo la pobreza en Piura ha ido disminuyendo, si bien es cierto no es una tasa muy elevada, el problema va solucionándose poco a poco. Según el BCRP (2008), “esta disminución en la tasa de pobreza se ha dado en todos los ámbitos, salvo en la sierra rural en la que se incrementó en cerca de un punto porcentual.”

Este sector de la población necesita viviendas más económicas para poder sobrevivir, ya que muchas veces no tienen un hogar donde dormir por el costo que esto demanda al adquirirlo. Ante esta necesidad, surgió la idea de fabricar ladrillos basados en residuos plásticos, ya que además de reducir la basura en la ciudad de Piura, ayuda en la construcción de viviendas económicas.

2.2.6 Poblaciones de bajos recursos

Según Gua 3.0 (2009) hay 3 provincias que superan la pobreza extrema:

- Ayabaca cuenta con 45,1%.
- Huancabamba cuenta con 40,7%.
- Morropón cuenta con 12,9%.

Hay otras provincias que son consideradas las menos pobres:

- Talara cuenta con 1,6%.
- Paita cuenta con 40,7%.
- Sechura cuenta con 12,9%



Capítulo 3

Marco Teórico

En este capítulo se detallará los diversos conceptos teóricos necesarios para llevar a cabo adecuadamente el proyecto. Por lo tanto, se abordará conceptos relacionados a los materiales de construcción; la materia prima que se utilizará para el prototipo de ladrillos ecológicos; las plantas de producción de ladrillos convencionales; los procesos de transformación de la materia prima; y finalmente se incluirán las normas técnicas pertinentes.

3.1. Materiales de construcción

Se conoce como “materiales de construcción” a aquellos cuerpos que conforman las obras de construcción, pudiendo estos variar en naturaleza, composición y forma. (Florián, 2008).

3.1.1. Clasificación

Según Saavedra (2013), los materiales de construcción pueden clasificarse en 5 grandes grupos: pétreos, metálicos, orgánicos, bituminosos y pinturas. Asimismo, divide los materiales pétreos en naturales y artificiales. Este trabajo se enfocará en la segunda división.

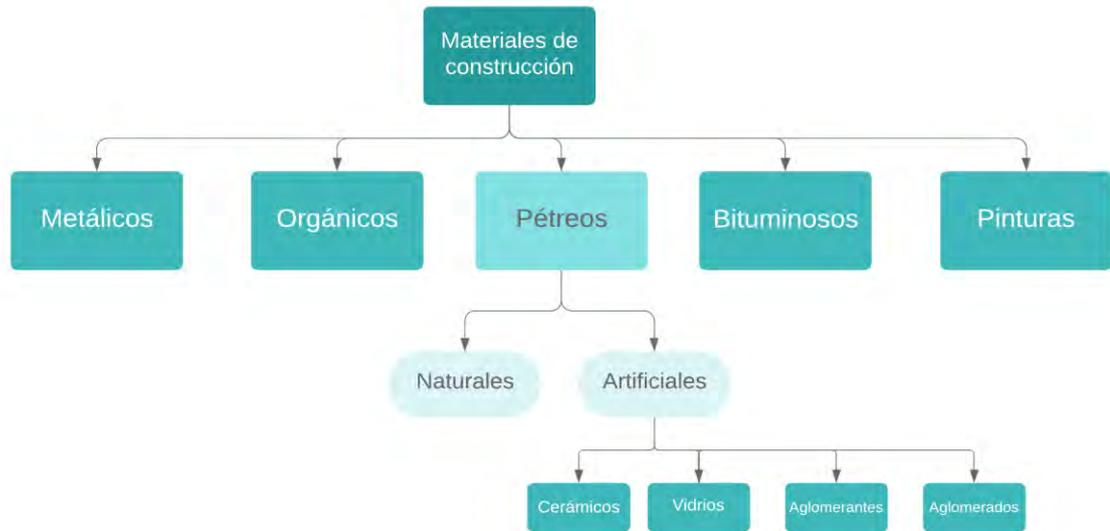


Figura 1: Clasificación de los materiales de construcción

Fuente: Elaboración propia

3.1.2. Materiales pétreos artificiales

Los materiales pétreos artificiales comprenden aquellos materiales cerámicos, vidrios, materiales aglomerantes y materiales aglomerados (también llamados materiales compuestos) (Saavedra, 2013). Estos gozan de una dureza considerable, un buen aislamiento del calor y de la electricidad, así como de una alta resistencia térmica y a ataques químicos; además son fáciles de moldear (tecno8demarzo, 2013). Por ello, es común su utilización en muros y fachadas, suelos, recubrimiento de paredes, etc. En los siguientes apartados, se dejará de lado los materiales vidrios, pues no son relevantes para el presente proyecto, y se describirá el resto de los materiales pétreos artificiales.

3.1.2.1. Las cerámicas

Las cerámicas, según tecno8demarzo (2013): “se obtienen a partir de arcillas que se mezclan con otros materiales, tales como arenas y óxidos metálicos. Esta mezcla se tritura, se le añade agua, se moldea hasta obtener la forma requerida, se seca y se cuece en un horno.” Asimismo, tecno8demarzo (2013) afirma que se puede subclasificar estos materiales en dos categorías, según el tipo de arcilla utilizada, y la forma y temperatura de cocción: cerámicas porosas (arcillas cocidas, loza y refractarios), y cerámica impermeable (gres y porcelana). Actualmente, los ladrillos cerámicos son el material de construcción más popular para las paredes de viviendas de la población peruana.



Figura 2: Productos cerámicos empleados en la construcción

Fuente: tecno8demarzo (2013)

3.1.2.2. Materiales aglomerantes

Florián (2008) define los materiales aglomerantes como aquellos cuerpos que tienen la propiedad de unirse a otros, y que generalmente son usados para enlazar materiales (usualmente pétreos), para así formar pastas más o menos plásticas. Saavedra (2013) indica que los aglomerantes son productos pulverizantes que, al mezclarse con agua, por medio del proceso de fraguado, sufren transformaciones químicas que, en presencia de aire o agua, se endurecen. Los materiales aglomerantes más comúnmente usados son el cemento y el yeso. En el apartado de materia prima se describirá a detalle el cemento, el cual será utilizado en el proyecto para construir el prototipo de ladrillo ecológico.

- **Materiales aglomerados o compuestos.** Stupenengo (2011) indica que “Los materiales compuestos son combinaciones macroscópicas de dos o más materiales diferentes que poseen una interfase discreta y reconocible que los separa”. En el ámbito de la construcción, un aglomerado es una mezcla de un aglomerante y otro tipo de material. Tecno8demarzo (2013) afirma que al mezclar dos materiales se consigue una combinación de sus propiedades, así como propiedades nuevas únicas. Estas nuevas propiedades son las que dota de relevancia a este tipo de materiales. Actualmente, entre los aglomerados más populares son el asfalto, los plásticos reforzados con fibra de

vidrio, el mortero y el más importante: el hormigón. Este último material es el más usado como componente estructural en construcciones (Stupenengo, 2011).

Stupenengo (2011) dice lo siguiente sobre las ventajas y desventajas del hormigón:

“Tiene la ventaja de la flexibilidad de diseño puesto que, en su estado pastoso inicial, se puede verter y adquiere la forma que lo contiene, es muy barato, posee alta dureza, resistencia al fuego y puede ser fabricado en el lugar. Los inconvenientes son su escasa resistencia a la tracción, baja ductilidad y sufre problemas de dilatación/contracción con las variaciones de temperatura”

El hormigón está formado por una mezcla de entre 55% y 75% de materiales inertes (como arena o grava); de un 25% a un 40% de un aglomerante, como el cemento; y agua. (tecno8demarzo, 2013). En este caso, el cemento actúa como aglomerante a través de los silicatos y aluminatos provenientes de su hidratación (Stupenengo, 2011). En nuestro proyecto, buscamos conseguir un aglomerado similar al hormigón, reemplazando los materiales inertes (arena o grava) por plástico triturado.

3.1.3. Propiedades de los materiales de construcción

Los materiales de construcción, así como la materia en general, posee propiedades, a través de las cuales se puede evaluar su calidad o rendimiento de acuerdo con el uso que se le dará. Jové (2018) divide las propiedades de la materia en 8 categorías: Organolépticas, físicas, térmicas, acústicas, ópticas, eléctricas, químicas y mecánicas. El nivel de detalle en los siguientes apartados depende directamente de la relevancia de las propiedades para medir la calidad de los materiales de construcción.

3.1.3.1. Propiedades organolépticas

Jové (2018) afirma que las propiedades organolépticas de la materia son aquellas relacionadas con la impresión que producen en nuestros sentidos. Asimismo, señala las siguientes propiedades, de acuerdo con cada sentido por el cual se perciben:

- **Visión:** color, brillo, reflejos
- **Tacto:** textura, calor (frío o cálido)
- **Olfato:** olor
- **Oído:** respuesta sonora frente a impactos

3.1.3.2. Propiedades físicas

Son aquellas propiedades relacionadas con la composición del material desde un punto de vista físico. Jové (2018) lista y detalla las siguientes propiedades físicas:

- **Dimensión:** Medidas que definen el tamaño del cuerpo (largo, ancho, alto, espesor, etc.)

- **Densidad y peso específico:**

$$a. \text{ densidad} = \frac{\text{masa}^{11}}{V_a \text{ (volumen aparente}^{12})}$$

$$b. \text{ Peso específico} = \frac{\text{peso}^{13}}{V_r \text{ (volumen real}^{14})}$$

- **Porosidad:**

$$a. P \text{ (porosidad)} = \frac{E_v \text{ (espacios vacíos)}}{V_a}$$

$$b. E_v = V_a - V_r$$

$$c. P = \frac{V_a - V_r}{V_a}$$

Jové (2018) indica que:

“La resistencia mecánica de un material disminuye al aumentar la porosidad. Las características de los poros (tamaño, forma, número y distribución) influyen respecto a diferentes aspectos: el ataque químico, la conductividad térmica y la resistencia al choque térmico.”

- **Compacidad**

$$a. C \text{ (compacidad)} = \frac{V_r}{V_a}$$

Por lo tanto, se deduce que mientras menos poroso es el material, más compacto es. Asimismo, una baja compacidad significa una mayor aislación térmica, y una alta compacidad se traduce en una mayor aislación hidrófuga (humedad) y acústica (Jové, 2018).

- **Contenido de humedad:** Es la “Cantidad de agua contenida en un cuerpo respecto a su peso seco. Se expresa generalmente en forma porcentual” (Jové, 2018)

$$a. H\% \text{ (Contenido de humedad)} = \frac{\text{peso húmedo} - \text{peso seco}}{\text{peso seco} * 100}$$

Las variaciones de este parámetro pueden afectar a la durabilidad del material. (Jové, 2018).

¹¹ Propiedad intrínseca de la materia.

¹² Incluye los poros o vacíos del material poroso (madera, hormigón) o material disgregado (cemento, ca).

¹³ $\text{Peso} = \text{masa} * \text{aceleración de la gravedad}$

¹⁴ Volumen del material compacto, sin poros o vacíos.

- **Absorción:** Es la cantidad máxima (en el estado de saturación) de agua que un material puede acumular, y se expresa como un porcentaje del peso seco.

$$a. A\%(Absorción) = \frac{Peso\ saturado^{15} - Peso\ seco}{Peso\ seco} * 100$$

- **Higroscopicidad:** Es la capacidad de materiales de modificar su volumen al absorber humedad de su entorno. Dependiendo del material, puede ser una propiedad beneficiosa (para materiales que se utilizan como desecantes¹⁶) o perjudicial (para arcillas, que genera un hinchamiento del terreno de apoyo de la edificación) (Jové, 2018).
- **Permeabilidad:** Facilidad del material de ser atravesado por fluidos sin alterar su estructura interna. Es permeable si deja pasar fluidos en un tiempo determinado, e impermeable si no los deja pasar en un tiempo infinito. En el ámbito de la construcción se diferencia una permeabilidad al agua en estado líquido y gaseoso (Jové, 2018).
 - a. Permeabilidad al agua: Paso del agua producido por capilaridad, presión, o ambas.
 - b. Permeabilidad al vapor de agua: Producida por diferencia de presión o de temperatura entre las caras del material.
- **Transpirabilidad:** Es la capacidad que tiene un material de dejar pasar la humedad o el vapor de agua desde adentro de la construcción. Existen materiales especiales que son impermeables y transpirables a la vez, que funcionan gracias a la nanotecnología.

3.1.3.3. Propiedades térmicas

Son aquellas propiedades relacionadas con la respuesta del material ante una variación en la temperatura.

3.1.3.4. Transmisión de calor

El calor es una forma de energía que se transmite entre cuerpos por conducción, convección o radiación.

- **Por conducción:** “Se da entre sólidos, a nivel molecular y sin movimiento visible” (Jové, 2018).

¹⁵ Peso del material en su máxima capacidad de retención de agua.

¹⁶ Materiales utilizados para absorber agua de otros compuestos (como el arroz o la sal).

La cantidad de calor (Q, kcal) que atraviesa una pared durante un tiempo (T) es:

$$Q = \frac{\lambda(\Delta t * S * T)}{e}$$

Donde:

λ : Coeficiente de conductibilidad térmica del material

Δt : Diferencia de temperatura entre ambas caras del muro (°C)

S: Superficie de la cara del muro (m²)

T: Tiempo (horas)

e: espesor del muro (m)

- **Por convección:** En fluidos.
- **Por radiación:** En sólidos, líquidos, gases y el vacío. Se produce a través de ondas.

Según la facilidad para transmitir el calor, los materiales de construcción se pueden clasificar en conductores (el calor pasa con facilidad) o aislantes (el paso de calor se dificulta) (Jové, 2018).

- **Reflexión y absorción del calor**

Los materiales se comportan de diversas maneras en presencia de la luz solar (la absorben o reflejan). Estas propiedades son principalmente importantes en los materiales envolventes de las edificaciones (cerramientos y techos); la absorción del calor de la luz solar puede utilizarse para calentar las edificaciones en climas fríos. Materiales como el hormigón y el ladrillo almacenan calor durante el día, y lo liberan en la noche, conforme el aire exterior se va enfriando. Las condiciones de reflexión o absorción de calor dependen de las características superficiales de los materiales (color, brillo, etc.) (Jové, 2018).

- **Dilatabilidad térmica**

Es la capacidad del material de modificar sus dimensiones en respuesta a un cambio térmico. Se mide a través del coeficiente de dilatación (lineal, superficial o volumétrico).

α (coeficiente de dilatación lineal, para una varilla)

$$= \frac{\Delta L(\text{variación de la longitud})}{L_i(\text{longitud inicial}) * \Delta T(\text{variación de la temperatura})}$$

3.1.3.5. Propiedades acústicas

Son aquellas propiedades relacionadas con la transmisión de ondas de sonido a través del material.

El sonido se propaga por el aire o cuerpos a través de vibraciones (ondas). Al chocar con un cuerpo, estas ondas pueden ser absorbidas o reflejadas (o ambos). Un material es aislante acústico (que impide la penetración de sonidos exteriores) cuando tiene la propiedad de ser un absorbente sonoro (Jové, 2018). Existen 2 factores que influyen en la capacidad de aislamiento en un material:

- **Factor másico:** El aislamiento se consigue por una gran masa que opone resistencia al choque de la onda sonora.
- **Factor multicapa:** “El aislamiento acústico se consigue por materiales multicapa, una disposición adecuada de las capas mejorará el aislamiento acústico por encima de la suma del aislamiento individual de cada una de las capas” (Jové, 2018).

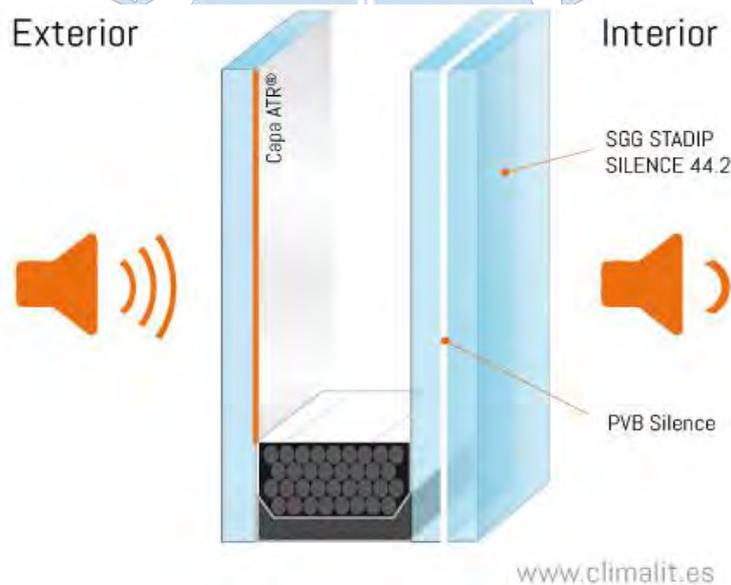


Figura 3: Aislamiento por factor multicapa

Fuente: climalit (2015)

3.1.3.6. Propiedades eléctricas

Conductividad eléctrica: Mide la capacidad del material de conducir la electricidad (En siemens/metro). Usualmente sólo se evalúa si el material es conductor o no.

3.1.3.7. Propiedades ópticas

Se refiere a las propiedades de los materiales relacionadas con la absorción y transmisión de luz. Según estas propiedades, los materiales se pueden clasificar en:

- **Transparentes:** La luz los atraviesa, permiten ver a través de ellos. Es el caso de los materiales vidrios.
- **Traslúcidos:** La luz los atraviesa, pero no permiten ver nítidamente a través de ellos. Es el caso del pavés.
- **Opacos:** No permiten el paso de luz, y por lo tanto no se puede observar a través de ellos.

3.1.3.8. Propiedades químicas

Propiedades relacionadas a la composición química de los materiales. Estas, con el paso del tiempo, se ven afectadas por dos principales fenómenos:

- **Oxidación (fenómeno químico):** Se crea una película de óxido sobre la superficie del metal. Esta película puede ser cerrada (no porosa), y proteger al material del avance de la oxidación; o porosa, permitiéndolo y causando que se carcoma el interior (Jové, 2018).
- **Corrosión (fenómeno electroquímico):** Deterioro del material por ataques del entorno, con electrólisis como agente intensificador (Jové, 2018).

3.1.3.9. Propiedades mecánicas

- **Resistencia mecánica:** Es capacidad de resistencia del material ante la presencia de fuerzas que tratan de romperlos. Depende tanto de la composición del material como de la geometría de este. (construmática, s.f). Estas fuerzas pueden ser de compresión, tracción, flexión, corte y torsión. Es, específicamente, la medida del esfuerzo necesario para alcanzar la rotura (Jové, 2018).

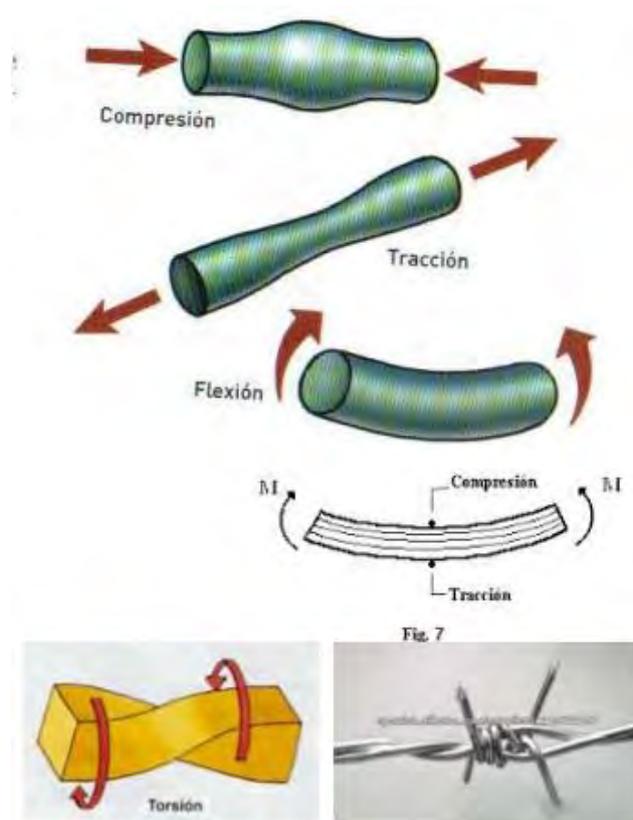


Figura 4: Tipos de fuerzas

Fuente: Jové (2018)

- El grado de resistencia (R) se mide como el cociente entre la fuerza que se ejerce sobre el cuerpo, y el área superficial que la soporta (Jové, 2018). Se mide en Pascales.

$$R = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Área superficial}}$$

- **Tenacidad:** Mide la capacidad del material (con defectos) para resistir a las fuerzas que se le apliquen sin fracturarse. Una fisura en el material intensifica el esfuerzo real en el material (UCA, 2009).

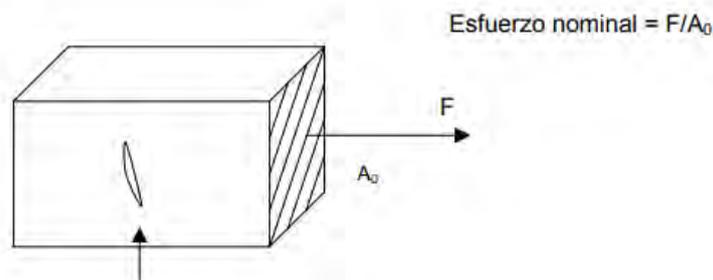


Figura 5: Esfuerzo nominal

Fuente: UCA (2009)

- El factor de Intensidad del Esfuerzo (K^*), mide cuánto puede resistir el material. (UCA, 2009)

$$K = f * \sigma * \sqrt{\pi * a}$$

Donde:

f: factor geométrico. Depende de la fuerza aplicada y la geometría del defecto.

σ : esfuerzo nominal aplicado.

a: tamaño del defecto. (longitud total en defecto superficial. Mitad de la longitud para defectos internos)

*Aplica sólo para esfuerzos aplicados en tensión y perpendiculares a la línea de acción del esfuerzo.

- El valor de K que genera que el defecto comience a crecer y ocasione una fractura se conoce como intensidad de esfuerzo crítico o Tenacidad de la Fractura (K_c) y depende del espesor del material, por lo que no se considera una propiedad mecánica (UCA,2009).
- **Ductilidad:** Es la capacidad de presentar una alta deformación plástica antes de llegar a la ruptura. (Jové, 2018)
- **Fragilidad:** Es la propiedad de los materiales de romperse tras sufrir una pequeña deformación (Jové, 2018). Por lo tanto, se considera a un material frágil cuándo su tenacidad y/o ductilidad son bajos.
- **Elasticidad:** Es la capacidad de un material, tras ser sometido a un esfuerzo y sufrir una deformación, de recuperar su forma inicial. (Jové, 2018)
- **Plasticidad:** Lo opuesto a la elasticidad. La capacidad de un material de conservar la nueva forma después de sufrir una deformación (Jové, 2018).
- **Rigidez:** Representa la resistencia del material a la deformación al aplicar fuerzas externas, dentro del periodo de deformaciones elásticas. Está relacionada con la estructura molecular del material. Se suele medir con el módulo de Young (E), que es la relación entre el esfuerzo aplicado (σ) y la deformación resultante (ε) (Cerrada, 1995).

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Esta ecuación es válida para pequeñas deformaciones (inferiores al 1%, que pueden ser incluidas dentro del límite elástico¹⁷) (Cerrada, 1995).

- **Isotropía:** Mide la homogeneidad de las reacciones del material frente a diferentes aplicaciones de esfuerzo (Jové, 2018).
- **Dureza:** La dureza es la resistencia de un material a ser deformado plásticamente y a ser penetrado. Existen diversos métodos de medir la dureza como la prueba de penetración, la prueba de rayado y la prueba de rebote; existen también diversas escalas de dureza como la escala Rockwell, la escala Brinell o la escala Vickers (Villela, 2004). La escala más convencional, sin embargo, es la escala de Mohs, que se guía por la siguiente tabla:

| Dureza | Mineral | Comentario |
|--------|-----------|--|
| 1 | Talco | Se puede rayar fácilmente con la uña |
| 2 | Yeso | Se puede rayar con la uña con más dificultad |
| 3 | Calcita | Se puede rayar con una moneda de cobre |
| 4 | Fluorita | Se puede rayar con un cuchillo |
| 5 | Apatito | Se puede rayar difícilmente con un cuchillo |
| 6 | Ortoclasa | Se puede rayar con una lija de acero |
| 7 | Cuarzo | Raya el vidrio |
| 8 | Topacio | Raya a todos los anteriores. Esmeralda |
| 9 | Corindón | Zafiros y rubíes son formas de corindón |
| 10 | Diamante | Es el mineral natural más duro |

Figura 6: Tabla de dureza de Mohs

Fuente: 100cia (2018)

3.1.4. Ensayos de materiales de construcción

Existen diversas pruebas que se pueden realizar para evaluar la calidad de los materiales de construcción, y específicamente para materiales de albañilería, los cuales incluyen los ladrillos de construcción; dado que nuestro producto sería un reemplazante de estos, se describirán las pruebas pertinentes a realizar para comprobar su calidad. Se describirán los ensayos detallados en la Norma Técnica Peruana 399.613, la cual indica los procedimientos a realizarse para el muestreo, preparación de especímenes y ensayo (pruebas) para controlar la

¹⁷ Tensión máxima que puede sufrir un material sin presentar deformaciones permanentes.

calidad de ladrillos de arcilla cocida, utilizados en la albañilería de nuestro país. Además, se detallarán otras pruebas pertinentes que podrían realizarse.

3.1.4.1. Pruebas según la NTP 399.613

La Norma Técnica peruana indica procedimientos de muestreo, preparación de especímenes y de los ensayos a realizarse en los ladrillos. Sin embargo, el muestreo sólo es necesario cuando se realizará pruebas a lotes de ladrillos. En el contexto de este proyecto, sólo se fabricará el prototipo de un ladrillo, por lo que únicamente es necesario detallar los procedimientos para la preparación de los especímenes y para los ensayos.

3.1.4.1.1. Preparación de especímenes

- **Determinación del peso**
 - a. **Secado:** “Secar los especímenes en un horno ventilado de 110°C a 115° C, no por menos de 24 horas y hasta que dos pesadas sucesivas en un intervalo de 2 horas muestren un incremento o pérdida no mayor del 0.2%” (NTP 399.613, 2005).
 - b. **Enfriamiento:** Después del secado, los especímenes deberán ser enfriados en una cámara a 24 °C (± 8 °C), con una humedad relativa entre 30 y 70 %. Las unidades (o unidad) deben ser almacenadas libres de corrientes de aire por un período de 4 horas como mínimo, hasta que la temperatura de la superficie difiera en 2.8 °C de la cámara de enfriamiento. El espécimen deberá permanecer en esta cámara con las condiciones indicadas hasta el momento de las pruebas (NTP 399.613, 2005).
 - c. **Determinación del peso:** Se pesará el peso del espécimen en una balanza con una capacidad no menor de 3000 g. y una aproximación de 0.5 g. Se debe indicar el resultado de la medición con una aproximación de 0.1 g. (NTP 399.613, 2005).

3.1.4.1.2. Módulo de Rotura (Ensayo de Flexión)

- **Especímen de prueba:** Unidad completamente seca (Ver 1.4.1.1).
- **Procedimiento**
 - i. Apoye el espécimen de prueba en su mayor dimensión, de tal manera que la carga se aplique sobre el espesor, sobre un tramo no menor a la longitud, menos 2.5 mm. y cargado en el centro del tramo. Si el espécimen tiene imperfecciones (desniveles o depresiones), éstas deben ubicarse en el lado de la compresión. (NTP 399.613, 2005).

- ii. “Los apoyos del espécimen de ensayo deberán estar libres para rotar en las direcciones longitudinal y transversal y se deberán ajustar de manera tal que no ejerzan fuerza alguna en estas direcciones” (NTP 399.613, 2005).

*Velocidad de prueba: La velocidad de la aplicación de la carga no debe exceder los 8896 N/m. Se considera satisfecho si la velocidad del cabezal móvil de la máquina de ensayo es menor a 1.27 mm/min, en el instante previo a la aplicación de la carga (NTP 399.613, 2005).

- **Cálculo e informe**

- i. La NTP 399.613 (2005) indica que el módulo de rotura se calcula con la siguiente fórmula, y con una aproximación a 0.01 MPa (Mega pascales):

$$S = 3W \frac{\left(\frac{l}{2} - x\right)}{bd^2}$$

Donde:

S: Módulo de rotura del espécimen en el plano de falla (Pa).

W: Máxima carga aplicada con la máquina de prueba (N).

l: distancia entre apoyos (mm).

b: Ancho neto (cara a cara, menos los huecos) del espécimen en el plano de falla (mm).

d: Espesor del espécimen en el plano de falla (mm).

x: Distancia promedio desde el centro del espécimen hacia el plano de falla, medido en la dirección del paño a lo largo de la línea central de la superficie sometida a tensión (mm).

3.1.4.1.3. Resistencia a la Compresión

- **Especimen de prueba:** Unidad completamente seca (Ver 1.4.1.1), de ancho y altura equivalentes al de la unidad original y una longitud igual a media unidad (± 25 mm.). Si la capacidad de resistencia del espécimen excede la capacidad de la máquina, se deberá ensayar con piezas con la altura y espesor de la unidad original y una longitud no menor de $\frac{1}{4}$ de la longitud de la unidad, y un área de sección horizontal bruta no menor de 90 cm². En caso se deba cortar el espécimen, los extremos deben quedar aproximadamente planos y paralelos, sin astillas ni rajaduras (NTP 399.613, 2005).

- **Refrentado de espécimen:** Si las superficies de contacto del espécimen son ahuecadas o apaneladas¹⁸, se debe rellenar las depresiones con un mortero compuesto (en peso) por una parte de mortero de cemento Portland y dos partes de arena, con un aditivo o cloruro de calcio en una proporción no mayor a 2%. Se debe dejar reposar los especímenes por lo menos 48 horas antes de aplicar el refrentado. Si las cavidades exceden los 13 mm, se debe usar un fragmento de ladrillo, una sección de teja o una placa metálica como relleno en el núcleo. (NTP 399.613, 2005).

- Refrentado con yeso:** La NTP 399.613 (2005) indica lo siguiente sobre el refrentado con yeso:

“Cubrir las caras opuestas de contacto del espécimen con goma laca. Cuando estén totalmente secos, se cubrirá una de las superficies con una capa delgada de yeso calcinado, que ha sido distribuida sobre una placa no absorbente y aceitada, tal como vidrio o metal procesado. Esta placa debe ser plana con margen de 0.08 mm en 400 mm, y suficientemente rígida y apoyada de tal manera que no tenga deformación detectable durante el proceso.”

Se debe cubrir ligeramente con una capa de aceite u otro material apropiado, y repetirse la operación con la otra superficie de contacto de los especímenes. Asimismo, se debe cuidar de tener las superficies de contacto lo más paralelas posible entre sí y perpendiculares al eje vertical del espécimen; y que los espesores de refrentado sean aproximadamente los mismos sin exceder los 3 mm. El refrentado debe reposar por 24 horas antes de ensayar el espécimen. (NTP 399.613, 2005).

- Refrentado con azufre:** Se usará una mezcla con 40 a 60% de azufre y el resto de arcilla refractaria de suelo u otro material inerte apropiado, que pase el tamiz normalizado N°100 (150µm) con o sin plastificante (NTP 399.613, 2005). Los requerimientos para las placas de la superficie del refrentado son los mismos que los descritos en el apartado i. Refrentado con yeso. Se deberá colocar cuatro barras de acero cuadradas de 25 mm sobre la placa de superficie para formar un molde rectangular con dimensiones interiores 13 mm más grandes que el espécimen. Se calienta la mezcla de azufre en un recipiente termostáticamente controlado, hasta obtener una mezcla fluida por un periodo razonable después del contacto con la superficie del espécimen a ser cubierto. Se debe evitar el

¹⁸ Revestido con paneles o planchas

posible sobrecalentamiento justo antes de usarse. Se llenará el molde hasta una profundidad de 6 mm con el material de azufre derretido (NTP 399.613, 2005). Se deberá colocar, rápidamente en el líquido, la superficie del espécimen a ser cubierto, y sostenerlo de tal manera que el eje vertical forme un ángulo recto con la superficie de cobertura. El espesor de las cubiertas será aproximadamente el mismo en todas. La unidad debe permanecer sin perturbaciones hasta que se complete la solidificación, y se debe permitir que la cubierta se enfríe por un mínimo de 2 horas antes de ensayar los especímenes (NTP 399.613, 2005).

- **Procedimiento:** El ensayo se debe realizar sobre la dimensión mayor del ladrillo (la carga será aplicada en la dirección de la profundidad del ladrillo). El espécimen se centrará debajo del apoyo esférico superior con un margen de 2 mm. La máquina de ensayo debe cumplir los requerimientos especificados en la norma ASTM E 4. El apoyo superior será un bloque metálico endurecido, asentado esférica y firmemente en el centro del cabezal superior de la máquina (rótula). El centro de esta debe estar alineada con el centro de la superficie del bloque que se encuentra en contacto con el espécimen. La rótula deberá tener libertad de movimiento en toda dirección y su perímetro deberá dejar por lo menos 6 mm libres del cabezal. El diámetro de la superficie de contacto debe ser mayor o igual a 130 mm. Las superficies del bloque de apoyo (que tendrán contacto con los especímenes) deben tener una dureza de al menos 60 HRC (HB620), y deberán ser planas, con una tolerancia de 0.03 mm, y un espesor de 1/3 de la distancia del extremo del apoyo esférico a la esquina más distante entre el bloque apoyado esféricamente y el espécimen con cobertura (NTP 399.613, 2005).
- **Velocidad de ensayo:** Se aplicará la carga, hasta la mitad de la máxima carga esperada, con cualquier velocidad adecuada. Después, se ajustará los controles de la máquina de tal manera que la carga remanente sea aplicada con una velocidad uniforme en un periodo de entre 1 y 2 minutos.
- **Cálculo e informe:** Según la NTP 399.613 (2005), se calculará la resistencia a la compresión (C) (en MPa) con una aproximación de 0.01 MPa:

$$C = \frac{W}{A}$$

Donde:

W: Máxima carga indicada por la máquina de ensayo (N).

A: Promedio del área bruta de las superficies de contacto superior e inferior del espécimen (mm).

3.1.4.1.4. Absorción

- **Determinación del peso:** La balanza a utilizar deberá tener una capacidad de por lo menos 2000g y una precisión de 0.5 g (NTP 399.613, 2005).
- **Especímenes de prueba:** Consistirá en medias unidades, según los requerimientos indicados en el punto 1 del apartado 3.1.4.1.3.
- **Prueba de sumersión de 5 y 24 horas:**

a. **Procedimiento:**

- i. Secar, ventilar y pesar el espécimen de prueba de acuerdo con lo indicado en el apartado 3.1.4.1.1.
- ii. Saturación: Se deberá sumergir parcialmente el espécimen en agua limpia (potable, destilada o agua de lluvia) a temperaturas mayores a 15.5 °C y menores a 30°C), por el tiempo especificado (5 o 24 horas). Luego, retirar el espécimen y, después limpiar el agua superficial con un paño, pesarlo.

- b. **Cálculo e informe:** La norma NTP 399.613 (2005) indica que se calculará la absorción (%), con una precisión de 0.1% del espécimen será:

$$\text{Absorción (\%)} = 100 \frac{(W_s - W_d)}{W_d}$$

Donde:

W_d : Peso seco del espécimen

W_s : Peso del espécimen saturado (después de la sumersión en agua fría)

- **Ensayo en caliente de 1,2 y 5 horas:**

- a. **Especímen de prueba:** Serán los especímenes de prueba utilizados en la prueba de 5 y 24 horas, en el estado de saturación después de esa prueba (NTP 399.613, 2005).
- b. **Procedimiento:** Sumergir el espécimen en agua limpia (potable, destilada o agua de lluvia), a temperaturas de entre 15°C y 30°C. El agua debe circular libremente en todo el espécimen. Calentar hasta el punto de ebullición en una hora, hervir por el tiempo especificado (1, 2 y 5 horas) y luego dejar enfriar a una temperatura entre 16 y 30°C. Secar el espécimen y, después de limpiar el agua superficial con un paño, pesarlo.
- c. **Cálculo e informe:** La norma NTP 399.613 (2005) indica que se calculará la absorción (%), con una precisión de 0.1% del espécimen será:

$$\text{Absorción (\%)} = 100 \frac{(W_b - W_d)}{W_d}$$

Donde:

W_d : Peso seco del espécimen

W_b : Peso del espécimen saturado, después de la sumersión en agua caliente

- **Coefficiente de saturación**

La norma NTP 399.613 (2005) indica que se calculará el coeficiente de saturación de cada espécimen se calcula, con una precisión de 0.01:

$$\text{Coeficiente de Saturación} = \frac{W_s^2 - W_d}{W_b^5 - W_d}$$

Donde:

W_d : peso seco del espécimen

W_s^2 : peso del espécimen saturado, después de 24 horas de sumersión en agua fría

W_b^5 : peso del espécimen saturado, después de 5 horas de sumersión en agua caliente

3.1.4.1.5. Congelamiento y descongelamiento

Dado que el proyecto se realizará en contexto de la ciudad de Piura, el material no estará sometido a ciclos de congelamiento y descongelamiento; por lo tanto, se obviará estas pruebas.

3.1.4.1.6. Periodo inicial de absorción (Succión)

- **Aparatos**

- Bandejas y recipientes:** Bandejas y recipientes para agua, con una profundidad mínima de 25 mm, y con un largo y ancho tales que la superficie de agua no sea menor a 2000 cm². La base de las bandejas deberá ser plana, y las dimensiones mínimas serán de 200 mm de largo y 150 mm de ancho (NTP 399.613, 2005).
- Soportes para ladrillos:** Dos barras de acero no corrosible, de entre 120 mm y 150 mm de longitud, sección transversal triangular, semicircular o rectangular, y de un espesor de 6mm. El espesor de las dos barras será de aproximadamente 0.03 mm y, en caso de tener sección transversal rectangular, su ancho no excederá 2 mm (NTP 399.613, 2005).
- Dispositivos para mantener el nivel de agua constante:** A la bandeja, se incorporará un dispositivo que permita mantener el nivel de agua por encima de los soportes del ladrillo, incluyendo dispositivos para agregar el agua a la bandeja después de retirar los ladrillos. Para controlar el agua que se agrega en la bandeja se utiliza el siguiente método: Controlar que un ladrillo o medio ladrillo

proporcionen un desplazamiento de 3 mm de agua que corresponde a $\pm 2.5\%$. Se sumergirá el ladrillo referencial por no más de 3 horas (NTP 399.613, 2005).

- d. Balanza:** “Con una capacidad no menor a 3000 g y una aproximación de 0.5 g.” (NTP 399.613, 2005).
 - e. Horno de secado:** Libre de circulación de aire y capaz de mantener una temperatura de entre 110 y 115 °C.
 - f. Cámara de temperatura constante:** En la que se mantenga una temperatura de $21^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ (NTP 399.613, 2005).
 - g. Dispositivo de sincronización:** Puede ser un reloj o un cronómetro, que indicará un tiempo de un minuto, con una precisión de 1 s (NTP 399.613, 2005).
- **Espécimen de prueba:** Un ladrillo entero.
 - **Procedimiento**
 - a.** El período inicial se determina de acuerdo con la elección del secado (al horno o al aire). En caso no se especifique, el tiempo inicial de absorción podrá ser determinado por una prueba de secado al horno. Se secará y enfriará el espécimen de prueba en concordancia con los procedimientos indicados en los apartados (i) o (ii) (a continuación) (NTP 399.613, 2005):
 - i.** Secado al horno: Secar y enfriar los especímenes según lo indicado en el apartado 3.1.4.1.1.
 - ii.** Secado en ambiente aireado: Se almacena la unidad en un cuarto ventilado, a temperatura entre $24^{\circ}\text{C} \pm 8^{\circ}\text{C}$ con una Humedad Relativa entre 30% y 70% por un período de 4 horas, con una corriente de aire producida por un ventilador eléctrico, por un período de mínimo 2 horas. Repetir el procedimiento hasta que dos pesadas sucesivas a intervalos de 2 horas muestren una variación de 0.2% desde la última pesada del espécimen. (NTP 399.613, 2005).
 - b.** Para el caso de unidades rectangulares, medir con una aproximación de 1.27 mm la longitud y el ancho de la superficie plana del espécimen. El espécimen se deberá pesar con una aproximación de 0.5 g. (NTP 399.613, 2005).
 - c.** Se ajustará la posición de la bandeja de la prueba, de manera que el fondo de esta esté nivelada, comprobado por un nivel de burbuja. Se fijará el ladrillo referencial saturado encima de los soportes, luego se agregará agua hasta que el nivel de esta sea de $3\text{ mm} \pm 0.25\text{ mm}$ sobre los soportes. (NTP 399.613, 2005).

Cuando el espécimen sea retirado, la profundidad deberá ser de $3 \text{ mm} \pm 0.25 \text{ mm}$ más la profundidad de los soportes. Se deberá sujetar el espécimen de prueba sobre los soportes, contando como tiempo inicial el momento del contacto del ladrillo con el agua. Durante el período de contacto ($1 \text{ min} \pm 1 \text{ s}$), se mantendrá el nivel de agua entre los límites prescritos (se agregará agua de ser requerido. Al final del período de contacto, se retirará el espécimen y, después de secar el agua superficial con un paño húmedo (en un plazo máximo de 10 segundos), se pesará con una precisión de 0.5 g. (antes de los 2 minutos) (NTP 399.613, 2005).

- **Cálculo e informe**

- a. La diferencia, en gramos, entre el peso inicial y final es el valor del peso del agua absorbida por el ladrillo durante el minuto de contacto con el agua. Si el área (largo x ancho) no difiere más de $\pm 2.5\%$ de 200 cm^2 , reportar el incremento de peso del espécimen con una precisión de 0.1 g, como el índice inicial de absorción den un minuto (NTP 399.613, 2005).
- b. La NTP 399.613 (2005) indica que, en caso el área difiera más de 2.5%, se corregirá el peso mediante la siguiente ecuación:

$$X = \frac{200W}{L * B}$$

Donde:

X: Diferencia de pesos corregida, sobre la base de 200 cm^2 (g).

W: Diferencia de pesos del espécimen (g).

L: Longitud del espécimen (cm).

B: Ancho del espécimen (cm).

X se informará como la absorción inicial en 1 minuto, con una precisión de 0.1 g (NTP 399.613, 2005).

3.1.4.1.7. Eflorescencia

- **Aparatos**

- a) **Bandejas y contenedores:** Se utilizará una bandeja de metal resistente a la corrosión, u otro material que no genere sales solubles al contacto con agua destilada que contenga cenizas de ladrillo. Deberá proveer una profundidad de agua de mínimo 25 mm (NTP 399.613, 2005).

b) Cámara de secado: Con una temperatura de $24^{\circ}\text{C} \pm 8^{\circ}\text{C}$, una humedad relativa entre 30 y 70 %, y libre de corrientes de aire.

c) Horno de secado: Conforme a lo estipulado en el punto 1. e. del apartado 1.4.1.6.

- **Especímenes de ensayo:** 10 ladrillos enteros. Se distribuirán en 5 pares, de tal forma que, en cada par, los especímenes tengan la apariencia más parecida posible.
- **Preparación de los especímenes:** Remover el polvo que pueda estar adherido por medio de una brocha, pues puede generar resultados erróneos de eflorescencia. Secar los especímenes y enfriarlos de acuerdo con lo estipulado en el apartado 1.4.1.1.
- **Procedimiento**
 - i. Colocar un espécimen de cada uno de los 5 pares, con un extremo parcialmente sumergido en los recipientes llenos de agua destilada a un nivel de 25 mm aproximadamente, por 7 días en el cuarto de secado. En caso más de un espécimen sea ensayado en el mismo contenedor, deberá existir una separación mínima de 50 mm entre especímenes (NTP 399.613, 2005).
 - ii. Almacenar el espécimen restante de cada par en el cuarto de secado, sin contacto con el agua (NTP 399.613, 2005).
 - iii. Luego de los 7 días, secar ambos conjuntos en el horno de secado por 24 horas. (NTP 399.613, 2005).
- **Examen y clasificación:** Después del secado, examinar y comparar cada par de especímenes, observando la parte superior y las cuatro caras de cada espécimen, a una distancia de 3 metros y bajo una iluminación de $538,2 \text{ lm/m}^2$, según un observador con visión normal. Si ninguna diferencia es notoria bajo estas condiciones, se determinará que el ladrillo es “No eflorescente”. Caso contrario, se clasificará como “eflorescente” (NTP 399.613, 2005).

3.1.4.2. Otras pruebas pertinentes

3.1.4.2.1. Ensayo a tracción indirecta

- Es un ensayo que se realiza al hormigón (material el cuál se pretende imitar con el aglutinado ecológico). En este ensayo, a diferencia de uno directo, la rotura de la probeta de hormigón se produce debido a la aplicación de una carga de compresión o flexotracción, que origina una distribución de tensiones de tracción que acaban por fisurar la probeta (masqueingenieria, 2014).

- El ensayo brasileño es el método estandarizado para hallar un valor de la resistencia a tracción del hormigón. Masqueingenieria (2014) dice lo siguiente de este ensayo: “Consiste en aplicar una carga externa de compresión en una de las caras de la muestra cilíndrica o cúbica, mientras que el extremo opuesto a la carga permanece apoyado. De esta forma aparecen dos fuerzas diametralmente opuestas que producen una distribución uniforme de tracciones transversales a lo largo del eje de carga, causando la rotura a tracción de la muestra.”
- La resistencia a la tracción indirecta se calcula, según masqueingenieria (2014), de la siguiente forma:

$$f_{ct} = 0.9 * f_{cti}$$

$$f_{cti} = 2 * \frac{P}{\pi} * D * L$$

Donde:

f_{cti} : resistencia a la tracción (N/mm²).

P: carga de compresión en rotura (N).

D: diámetro de la probeta (mm).

L: longitud de la probeta (mm).

- La velocidad de la aplicación de la carga es de 1.5 N/mm² por minuto, aplicada mediante tiras de contrachapado de 4x15 mm, ubicadas entre la probeta y la prensa. (masqueingenieria, 2014).

3.2. Materia Prima

La materia prima son aquellos insumos con los que se preparará el ladrillo ecológico. En este apartado se definirán y se describirán sus propiedades, con el fin de conocerlos a detalle y trabajar adecuadamente con ellos.

3.2.1. Cemento

Es un conglomerante hidráulico que, al ser amasado con agua, forma una pasta que se endurece (en una transformación que se conoce como fraguado), por medio de reacciones y procesos de hidratación; y que conserva su resistencia y estabilidad, incluso al ser sumergido en agua. Es un material muy utilizado por sus efectivas propiedades de adherencia, cohesión y bajo precio. El cemento tiene la desventaja de tener una ganancia lenta de resistencia y un tamaño de partícula que no permite una penetración en suelos con coeficiente de permeabilidad inferior a 101/2 mm/s (Aronés, 2017).

Según Aronés, N. (2017), los granos del cemento son cristalinos y contienen cuatro componentes químicos principales:

- **Silicato tricálcico (SC₃):** Principal responsable de la alta resistencia del cemento. Su resistencia la desarrolla en una semana.
- **Silicato bicálcico (SC₂):** Componente metaestable¹⁹ que dota al cemento de poca resistencia en los primeros días, pero que, con el paso del tiempo, alcanza la resistencia del SC₃.
- **Aluminato tricálcico (C₃A):** Agente catalizador y contribuidor de la resistencia en fases iniciales. Se hidrata rápidamente al contacto con el agua y desarrolla un elevado calor de hidratación (866 kJ/kg). Para retrasar la actividad de este componente, se añade un regulador en el fraguado, usualmente yeso. Si este componente representa una parte sustancial del cemento, al formar los morteros u hormigones, estos resultan muy sensibles al ataque de sulfatos y otros agentes.
- **Ferrito aluminato tetracálcico (C₄AF):** No es muy influyente en la resistencia del cemento. Facilita la fusión en el horno y es el que le da la coloración verdosa al material.

Según cembureau (2016), el cemento ha sido utilizado por mucho tiempo para construir estructuras durables. Un ejemplo muy conocido es el Coliseo Romano, construido en el año 80 d.C. sin embargo este era producido a partir de materiales como tiza y roca volcánica. El tipo de cemento usado actualmente se conoce como cemento Portland y fue desarrollado a inicios del siglo 19 y ha ido mejorando constantemente. Además, existen otros tipos de cementos especiales como super-sulfatados, de muy bajo calor y de aluminato de calcio.

Según cembureau (2016), el proceso de obtención del cemento se puede dividir en dos pasos principales:

1. La obtención de Clinker: a través de la calcinación de caliza y arcilla a una temperatura de entre 1350 y 1450 °C. En este proceso, la caliza se transforma en cal, la cual luego reacciona con otros componentes para formar nuevos minerales. Después de la calcinación se forma un fundido que es enfriado rápidamente hasta una temperatura de entre 100 y 200 °C.

¹⁹ Que posee varios estados de equilibrio químico

2. El Clinker se muele con yeso y, en algunos casos, con otros materiales para producir el cemento en forma de polvo.

3.2.2. Arena

Samaniego, L. (2018) define a la arena, dentro del contexto de la construcción, como “Materiales granulares inertes formados por fragmentos de roca o arenas utilizados en la construcción (edificación e infraestructuras) y en numerosas aplicaciones industriales”. La arena es un tipo de material áridos (además de las rocas calcáreas, rocas ígneas y metamórficas y la grava), el Instituto Geológico Minero de España (IGME) (como se citó en Samaniego, 2018) define a los áridos como una serie de rocas que, después de un tratamiento industrial (como clasificación, molienda o trituración), se emplean en el ámbito de la construcción en aplicaciones como la elaboración de hormigones, morteros y aglomerados asfálticos; en la construcción de bases y sub-bases para carreteras o escolleras para construcción de puertos marítimos. En cualquier caso, la arena, cuando es usada para la obtención de concreto, se denomina agregado fino.

En función del origen de la roca, las arenas se pueden clasificar en naturales, recicladas o artificiales (Samaniego, 2018). Y en función del tamaño de sus partículas, se clasifican en arena gruesa (entre 4.75 y 2.36 mm), arena media (entre 2.36 y 0.42 mm) y arena fina (entre 0.42 y 0.074 mm). La arena se utiliza para formar concreto de clasificación “peso normal” (2200-2550 kg/m³) (Rugamas, 2012).

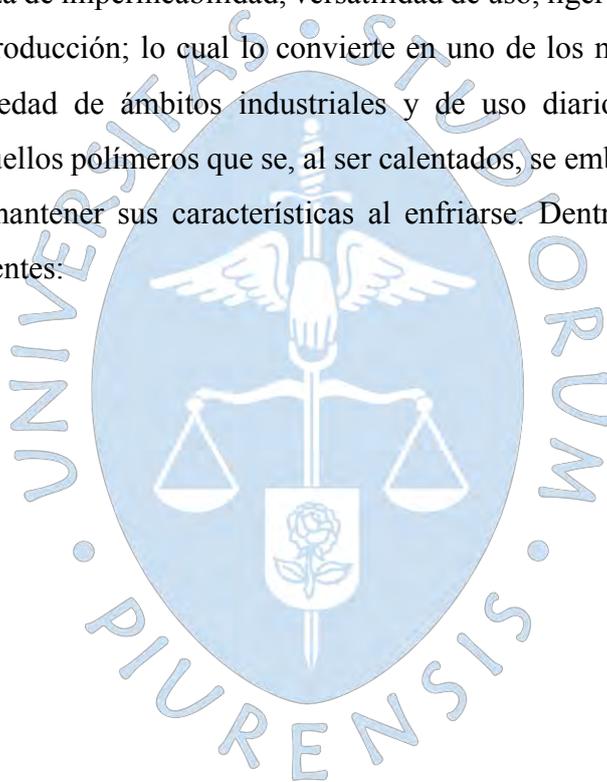
Según Rugamas, J. (2012), los agregados (incluida la arena), para ser útiles en ámbitos ingenieriles, deben consistir en partículas durables, limpias, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos u otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y, por lo tanto, la adherencia con la pasta de cemento. Estos agregados son generalmente más resistentes que la pasta de cemento y más económicos, por lo cual es deseable que ocupen una proporción alta dentro de la mezcla para el concreto. Sin embargo, hablando específicamente de la arena, debe encontrarse en una cantidad mínima, pues de lo contrario afectará la resistencia de la mezcla.

Rugamas, J. (2012) también indica que, en estado fresco, la arena actúa como lubricante de las partículas más gruesas, permitiendo al concreto ser mezclado, transportado, colocado, compactado y terminado en forma adecuada. También indica que se debe procurar que la arena no esté contaminada con sílice (algo que ocurre con moderada frecuencia), pues este elemento, al combinarse con los álcalis del cemento, puede producir expansiones pequeñas del concreto

que generan aberturas y agrietamientos (formas de desintegración del concreto), lo que se traduce en un requerimiento de una relación agua-cemento para obtener las manejabilidades deseadas.

3.2.3. Plástico

Saravia, J. (2016) define el plástico como “un producto de origen orgánico de alto peso molecular, sólido en su estado definitivo, flexible en su mayoría de tipos, resistentes, poco pesados y aislante del calor y la electricidad”. Arango, I., Díaz, R. y Ramírez, G. (2014) lo definen como “un material sólido sintético llamado polímero, que puede ser moldeado mediante calor y/o presión y cuyo componente principal es el carbono”. Además de estas características, el plástico también goza de impermeabilidad, versatilidad de uso, ligereza, y de bajas demandas económicas para su producción; lo cual lo convierte en uno de los materiales más utilizados para una amplia variedad de ámbitos industriales y de uso diario en la actualidad. Los termoplásticos son aquellos polímeros que se, al ser calentados, se emblandecen y permiten ser moldeados, y luego mantener sus características al enfriarse. Dentro de los termoplásticos encontramos los siguientes:



| NOMBRE | | PROPIEDADES | APLICACIONES |
|-----------------------------|----------------------|---|--|
| Policloruro de vinilo (PVC) | | Amplio rango de dureza Impermeable | Tubos, desagües, puertas, ventanas |
| Poliestireno (PS) | Duro | Transparente pigmentable | Juguetes, pilotos coche |
| | Expandido (porexpan) | Esponjoso y blando | Aislamiento térmico y acústico, envasado, embalaje ("corcho blanco"), |
| Polietileno (PE) | Alta densidad | Rígido, resistente y transparente | Utensilios domésticos (cubos, juguetes) |
| | Baja densidad | Blando y ligero, transparente | Depósitos, envases alimenticios |
| Metacrilato (plexiglás) | | Transparente | Faros, pilotos de automóvil, ventanas, carteles luminosos, gafas de protección, relojes... |
| Teflón (fluorocarbonato) | | Deslizante. Antideslizante. | Utensilios de cocina (sartenes, paletas...), superficies de encimeras... |
| Nailon (PA poliamida) | | Flexible y resistente a la tracción, translucido, brillante | Hilo de pescar, levas, engranajes, tejidos, medias |
| Celofán | | Transparente (con o sin color). Flexible y resistente. Brillante y adherente. | Embalaje, envasado, empaquetado. |
| Polipropileno(PP) | | Translucido, flexible resistente. | Tapas de envases, bolsas, carcasas |
| Poliéster (PET) | | | Botellas de agua, envases champú, limpieza |

Figura 7. Clasificación de los termoplásticos

Fuente: Arango, I., Díaz, R. y Ramírez, G. (2014)

En este proyecto, nos enfocaremos en el Poliéster termoplástico, mejor conocido como polietileno tereftalato (PET); el policloruro de vinilo (PVC); y el polietileno de baja densidad (PEBD).

3.2.3.1. Polietileno tereftalato (PET)

Vitkauskienė, I. (2011) define el PET como un poliéster termoplástico con excelentes propiedades térmicas y mecánicas, que es usado como un plástico industrial versátil para la fabricación de textiles y botellas, así como empaquetamiento, películas filmográficas y cintas de audio y vídeo.

El PET se produce a partir del ácido tereftálico y etilenglicol, mediante el proceso de policondensación, y se puede procesar por extrusión, inyección, soplado o termoconformado (Saravia, 2016).

Según Elgregen, M. (2012), el PET se sintetizó por primera vez en 1941, y fue hasta 1953 que se empezó a producir comercialmente para su uso en la industria textil. En la década de los 80 empezó a utilizarse en la producción de botellas desechables y otros envases para alimentos. Además, indica que el PET puede existir en forma cristalina y amorfa, y que es resistente al agua, a ácidos minerales diluidos y a la degradación fotoquímica; y es sensible a bases y degradado por ácido nítrico y sulfúrico concentrado.

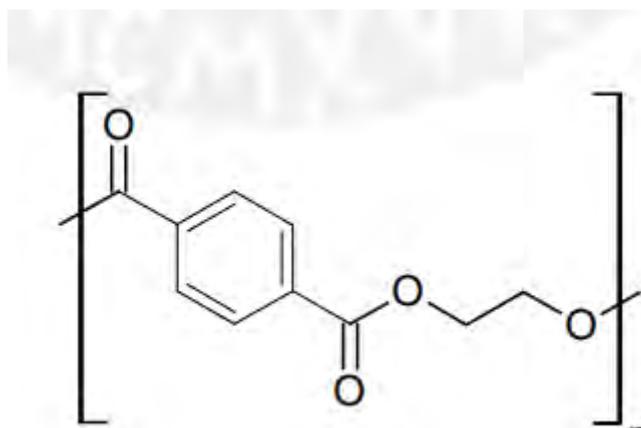


Figura 8. Estructura química del PET

Fuente: Elgregen, M. (2012)

Vitkauskienė, I. (2011) indica que los residuos de PET se generan en diversas etapas de la producción, e incluyen oligómeros, prepolímeros, terrones de polímeros, polvos, etc. y que la formación de estos residuos es inevitable debido al mantenimiento periódico, desviaciones de modos tecnológicos, limpieza de maquinaria, etc.

Elgregen, M (2012) afirma que el PET presenta una alta resistencia a la degradación, y que existen algunas opciones para manejar los residuos como los rellenos sanitarios, pero no es viable debido al alto volumen de desperdicios. Otra alternativa es la incineración junto con otros desechos orgánicos, pero esto ocasiona la liberación de gases contaminantes como dioxinas, óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre y monóxido de carbono. El PET es un material altamente resistente a la biodegradación²⁰, debido a su alta cristalinidad y naturaleza aromática.

La forma actualmente más utilizada para reciclaje de PET es el método mecánico. Los desechos son lavados y triturados, y después se funden y se moldean en la forma que se desee (o pueden no fundirse y utilizarse como componente de mezclas, como es el caso de este proyecto). La desventaja del método de fundición es la calidad del material va disminuyendo

²⁰ Descomposición natural por acción de agentes biológicos

cada vez que es reprocesado, pues las cadenas se van cortando, lo que ocasiona una reducción del peso molecular; además, este PET reciclado no se puede volver a usar para envases de consumo humano, pues no cumple con requerimientos de salubridad. Alternativamente, se puede realizar un reciclaje químico, lo cual implica cambios en la estructura molecular del PET, y que permite que se pueda volver a utilizar en las mismas aplicaciones, o incluso para la elaboración de materiales con distintas propiedades (Elgrogen, 2012).

3.2.3.2. Policloruro de Vinilo (PVC)

Es un material termoplástico que presenta una combinación química de carbono, hidrógeno y cloro (Rivera, 2004). Se produce a partir de dos materias primas naturales: petróleo o gas natural (en una proporción de 43%) y cloruro de sodio (sal común, en una proporción de 57%) (Saravia, 2016). Este material tiene una alta resistencia química y facilidad de ser mezclado con una amplia gama de aditivos, lo que conlleva a un alto número de compuestos con diferentes propiedades físicas y químicas y, por lo tanto, muchas aplicaciones posibles (Rivera, 2004).

El PVC tiene una larga vida útil, por lo cual un 55% del total de su producción es destinada a la industria de la construcción, especialmente en tubos, ventanas, puertas persianas y muebles; para esto se utiliza un PVC con vida útil de entre 15 y 100 años, el cuál representa un 64% de las aplicaciones del PVC. El PVC con una vida útil de entre 2 y 15 años representa el 24% de las aplicaciones totales y se usa para electrodomésticos, piezas de automóvil, mangueras, juguetes, etc. El 12% de aplicaciones restante tiene una vida útil de entre 0 y 2 años y es utilizado en botellas, tarrinas, film de embalaje, etc. (Rivera, 2004).

Otras propiedades ventajosas del PVC son su ligereza; su condición de inerte²¹ e inocuo²²; resistencia al fuego; impermeabilidad; aislamiento térmico, eléctrico y acústico; resistencia a la intemperie; elevada transparencia; protector de alimentos y productos envasados (como plasma o sangre en el ámbito médico); buena relación calidad-precio; y su capacidad de ser reciclado.

Altamirano, I. e Ypanaqué, C. (2019) afirman que el descubrimiento del PVC se remonta a los inicios del siglo XIX; su desarrollo comercial, a mediados de los años 1920; y su masificación, a los años 1950. Hoy en día se producen cerca de 37 millones de toneladas al año a nivel mundial.

²¹ No reacciona químicamente

²² No causa daño a la salud

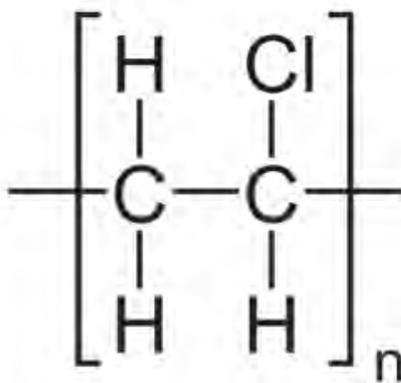


Figura 9. Estructura química del PVC

Fuente: DePVC (s.f)

El PVC tiene la ventaja de ser fácilmente reciclable y ofrecer una amplia variedad de aplicaciones post-reciclaje. Según Altamirano, I. e Ypanaqué, C. (2019), puede ser reciclado de las siguientes formas:

- **Reciclaje mecánico:** Debe considerarse la proveniencia del material (de procesos industriales y de residuos sólidos urbanos). En el caso de pertenecer a la segunda clasificación, se debe realizar una limpieza previa. Después el proceso es el mismo para ambos: se selecciona, muelen, se vuelve a agregar aditivos de ser necesario y se transforman en nuevos productos (Altamirano e Ypanaqué, 2019).
- **Reciclaje químico:** Los residuos se someten a procesos químicos para ser descompuestos en aceites y gases. Se recomienda realizar este proceso cuando el PVC está demasiado mezclado. Este tipo de reciclaje en la actualidad está limitado a países desarrollados como Alemania y Japón, debido a la alta tecnología que se requiere (Altamirano e Ypanaqué, 2019).
- **Reciclaje energético:** Se incineran controladamente los residuos, para así recuperar la energía contenida en la fracción de petróleo del material y la fracción de cloruro. Se aplica cuando la recuperación de la molécula de PVC resulta imposible, por lo tanto, la única opción que queda es incinerar, en condiciones óptimas, el material (Altamirano e Ypanaqué, 2019).
- **Reciclaje por disolventes:** Se realiza una disolución química a través de Vinyloop (solvente). Este proceso demanda una alta inversión y un gran control de la unidad productiva. Es el único proceso que permite regenerar el PVC contenido en estructuras compuestas, imposibles de recuperar con los métodos anteriores. Aísla el

compuesto de PVC de otros materiales como fibras de poliéster, tejidos naturales, metales, entre otros. Por lo tanto, este proceso es utilizado para residuos unidos o mezclados a otros materiales, especialmente aquellos usados en cables, membranas para techados, tejidos inducidos, y también para los materiales rechazados por el proceso de selección del reciclaje por triturado, los cuales suelen terminar en los vertederos (Altamirano e Ypanaqué, 2019).



Figura 10. Proceso de reciclado con VinyLoop

Fuente: tecnologiadelosplasticos (2012)

3.2.3.3. Polietileno de Baja Densidad (PEBD)

El polietileno es un polímero termoplástico con una estructura química simple, además de ser el más barato y común por su alta producción a nivel mundial (Villanueva, 2009). Se obtiene a partir de la polimerización del monómero etileno y, dependiendo de las condiciones con las que se realice este proceso, se obtienen polietilenos con diferentes ramificaciones (de diferentes cristalinidad y densidad). A mayor densidad, mayor resistencia al estiramiento y a la flexión, además de aumento brillo y reducción de transparencia, aumento de resistencia térmica y reducción de la termosoldabilidad²³.

El polietileno de baja densidad (PEBD), es un polietileno ramificado con cadenas largas y cortas, lo que causa que su densidad y cristalinidad sea menor a la de los polietilenos poco ramificados (como el Polietileno de alta densidad). Por lo tanto, tiene baja resistencia mecánica y alta elongación a rotura (Villanueva, 2009).

²³ Facilidad que presenta para termosoldadura (proceso mediante el cual dos materiales se funden juntos por acción del calor y presión).

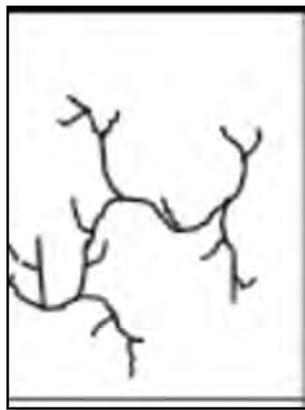


Figura 11. Estructura molecular PEBD

Fuente: Villanueva (2009)

Villanueva, P. (2009) afirma que el polietileno de baja densidad presenta un buen balance de propiedades mecánicas y ópticas, con una facilidad de procesamiento y bajo costo. Además, presenta una buena resistencia al impacto, al sellado a disolventes acuosos y sobresalientes propiedades eléctricas. Sin embargo, no es ideal para aplicaciones que requieran alta rigidez o resistencia a tracción, además de su baja resistencia a agentes oxidantes, disolventes alifáticos, aromáticos o clorados.

Cornelia (2005), como se citó en Mohd (2017) afirma que la técnica más utilizada para la producción de PEBD es la autoclave²⁴ y la tecnología tubular de alta presión. Cuando el monómero se mantiene a alta presión (de hasta 300 MPa) y temperaturas por encima del punto de fusión del polímero, la mezcla de monómero/polímero puede actuar como un medio de polimerización.

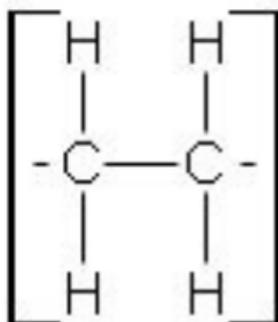


Figura 12. Estructura molecular del monómero

Fuente: Brunson (2010)

²⁴ Recipiente metálico, con paredes gruesas y cierre hermético, para trabajar a alta presión

Según Saravia, J. (2016) el PEBD se produce a partir del gas natural y se usa en bolsas plásticas de todo tipo (supermercados, boutiques, congelados, etc); en películas para recubrimiento agrícola; envolturas de alimentos y productos industriales, como leche, agua, plásticos, etc.; en la base para pañales descartables; en contenedores herméticos domésticos, tuberías de riego, etc. Pastor, A., Salazar, J., Seminario, R., Tineo, A. y Zapata, J. C. (2015) afirman que el PEBD tiene la ventaja de ser no tóxico, flexible, liviano, impermeable, económico y transparente.

Según Gómez, R (2014), existen tres técnicas tradicionales de reciclaje de polietileno de baja densidad:

- **Tratamiento primario:** Consiste en operaciones mecánicas, con el fin de obtener un producto lo más similar posible al original. Para esto, se pasa por un proceso de selección de residuos (para separar metales y plásticos no deseados), luego por una molienda gruesa y una fina, limpieza, centrifugado (para eliminación del agua de la limpieza) y almacenamiento (Gómez, 2014).
- **Tratamiento secundario:** Consiste en la fusión de los desechos plásticos, para convertirse en productos de diferentes formas y con una gama de aplicaciones más amplia que la del material original. Los desperdicios deben estar libres de contaminación por aceite, detergente o azúcar, por lo que también requieren de un proceso de lavado posterior a la molienda (Gómez, 2014).
- **Tratamiento terciario o químico:** Se busca el aprovechamiento integral de los elementos que constituyen el plástico, transformándolo en hidrocarburos que pueden servir como materia prima para la industria petroquímica. Los métodos más utilizados son la degradación térmica, el pirólisis, la conversión catalítica y la gasificación (Gómez, 2014).

3.3. Procesos de transformación para ladrillos ecológicos

3.3.1. Lavado

Los insumos requeridos para la fabricación de los ladrillos incluirán residuos de plástico. Muchas veces se tendrán residuos que contengan partículas que dificulten el proceso de fabricación, es por ello por lo que se requerirá una etapa de lavado.

Los principales residuos que afectan a la materia prima del plástico son tierra, restos de etiquetas y orgánicos.

Cada elemento de plástico es lavado utilizando agua, detergente industrial y soda cáustica. La proporción entre estos aditivos es 50/50. Las funciones de los tres principales elementos del lavado son:

- Detergente industrial: Elimina grasas y otros elementos físicos, tales como etiquetas o pegamentos.
- Soda cáustica: Desinfecta y elimina los residuos orgánicos.
- Agua: Se utiliza para el enjuague, para poder retirar los residuos que quedan del detergente y de la soda cáustica.

En la actualidad, donde es indispensable y puede significar una ventaja competitiva en toda organización, se busca reducir los costos en cada área disponible. Es por esto que el lavado que se ejecuta en la actualidad para el reciclaje de plástico se realiza sin el uso de aditivos. A esto se le denomina lavado a fricción, con agua fría y ya no es necesario usar la soda cáustica y el detergente industrial. Los residuos plásticos chocan entre sí, debido a la rotación de la lavadora. Es importante que el agua utilizada en esta etapa sea tratada y reutilizada. (Rivera, 2004)

También se puede realizar el lavado del plástico utilizando agua solo con añadido de detergente industrial. La forma de utilización del agua es a presión. Luego de este enjuague, se deposita en recipientes que cuentan una malla que no supere 1/8 de pulgada de diámetro, lo que hará posible que el agua pueda llevarse los residuos presentes en el plástico. (Mansilla, L y Ruiz, M, 2009).

3.3.2. Triturado

En esta etapa lo que se busca es reducir los tamaños irregulares en los que viene el plástico, para poder tener una mejor facilidad de uso de este material en el proceso de fabricación del eco-ladrillo.

Los residuos plásticos se introducen en molinos trituradores, lo que convierte a las partes plásticas en hojuelas o scraps. Según el tipo de molido que se utilice se podrá obtener escamas de diferentes tamaños, como pueden ser de media, cuarto de pulgada o finalmente polvo. (Echeverría, 2017)

La forma común de realización de esta etapa del proceso empieza con la introducción del plástico en tolvas de alimentación, los cuales mueven este elemento hasta unas cuchillas que giran en un eje coaxial. Todo este sistema es impulsado por un motor eléctrico. También existen

cuchillas estáticas, que actúan como contraparte de las otras cuchillas que son giratorias. En el momento en el que las hojuelas de plástico tengan el tamaño de un centímetro o menos de diámetro, estas procederán a caer por gravedad por unos agujeros hacia un recipiente. (Rivera, 2004).

3.3.3. Aglutinamiento

Lo que se buscará en este proceso de aglutinamiento, es generar una mezcla homogénea entre estas partículas de plástico y la argamasa (cal, cemento, arena y agua), para darle consistencia a la pasta que finalmente quedará. Esta mezcla se conoce como hormigón o concreto. Se sigue el proceso común de fabricación de concreto, reemplazando los áridos por el plástico. La mezcla de concreto se vierte en una máquina de fabricar ladrillos. Esta mezcla de concreto también se puede verter en moldes de tipo manual, dependiendo del material de construcción que se vaya a utilizar. (Gaggino, 2008).

En esta etapa de aglutinamiento, también se puede realizar un proceso previo al plástico por separado para lograr un incremento a la densidad del material. Las hojuelas de plástico pueden ser introducidas en cilindros rotatorios con cuchillas fijas, donde por fricción pueden llegar a elevar la temperatura del proceso hasta 70 o 90 °C. (Rivera, 2004).

El proceso común de fabricación de hormigón puede tener distintas composiciones dependiendo del uso que se le vaya a dar. Usualmente la composición puede ser de la siguiente forma:

- 1 parte de cemento
- 0,5 partes de agua
- 2 partes de arena
- 4 partes de grava (Carvajal, 2019)

3.3.4. Curado

Se pasa al curado con agua. Los ladrillos de concreto se sumergieron en piletones con agua. En esta etapa el material se humecta y va ganando consistencia.

Se debe controlar humedad y temperatura en esta etapa para que los ladrillos al final de este proceso tengan las propiedades deseadas. Además, se debe dejar el curado hasta que la superficie haya perdido brillo del agua. Si se realiza un curado prematuro, es posible que se llegue a perder hasta un 30% de capacidad de resistencia, lo cual podría afectar a las pruebas

de compresión que se harán posteriormente. Se recomienda un curado de hasta 7 días, o en casos extremos un total de 15 días. (Concremax, 2015).

Según Cuellar y Sequeiros (2017), se podrá utilizar aguas no potables siempre y cuando se cumpla con las siguientes condiciones:

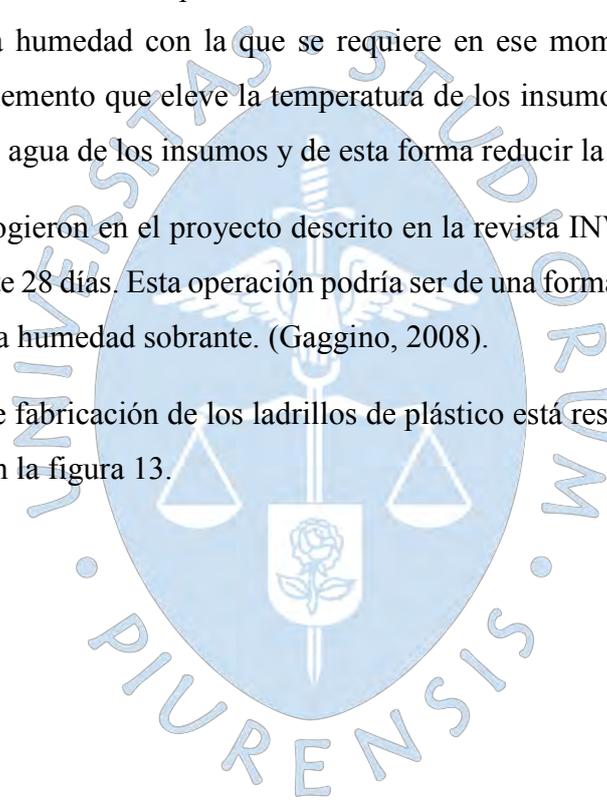
- Las impurezas no alteren las propiedades del concreto
- El agua utilizada debe tener como característica principal ser limpia, y estar libre de cantidades nocivas de ácidos o aceites.

3.3.5. Secado

La operación de secado sirve para reducir la humedad de un determinado elemento, ya que se ha excedido la humedad con la que se requiere en ese momento. Es muy común la utilización de algún elemento que eleve la temperatura de los insumos, como un lanzallamas, para poder evaporar el agua de los insumos y de esta forma reducir la humedad.

El secado que escogieron en el proyecto descrito en la revista INVI, en Chile, fue natural. Duró aproximadamente 28 días. Esta operación podría ser de una forma más rápida si se utilizan hornos para eliminar la humedad sobrante. (Gaggino, 2008).

Todo el proceso de fabricación de los ladrillos de plástico está resumido en el diagrama de procesos presentada en la figura 13.



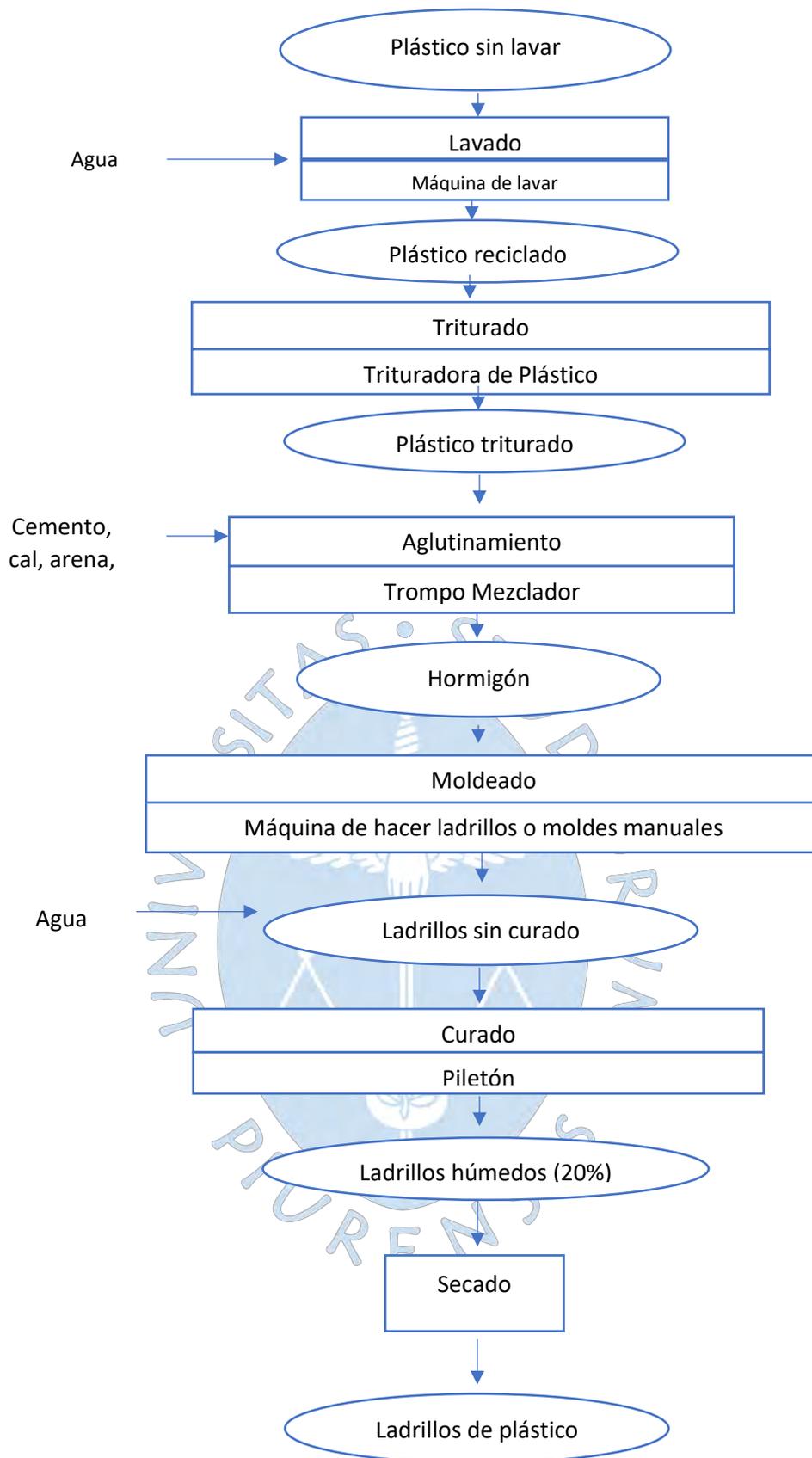


Figura 13. Diagrama de flujo de los procesos

Fuente: Elaboración propia

3.4. Características de plantas de producción de ladrillos convencionales

Dado que no existe en la actualidad plantas de producción de ladrillos basados en plástico reciclado, para el diseño de proceso productivo de este proyecto, se tomará como base aquellas características de las plantas de producción de ladrillos convencionales, pues se considera que se tendrá una forma de operación similar, adaptando ciertos aspectos al nuevo tipo de ladrillos.

Se tendrá en cuenta la determinación de la localización y distribución de plantas óptimas, la tecnología, maquinaria y equipo necesario; la capacidad de producción, el Manual de Operaciones y Funciones (MOF), la estructura de costos y los aspectos financieros.

3.4.1 Localización y distribución de planta óptimas

Es importante determinar la localización óptima de la planta, considerando la cercanía de los abastecedores de materia prima, la facilidad de transporte, entre otros factores. Además, se debe tener claro cómo se distribuirá la planta (en cuánto a áreas y ubicación de áreas), de manera que brinde un funcionamiento óptimo.

3.4.1.1. Localización de la planta

Este segmento busca determinar la ubicación óptima donde colocar la planta de fabricación de ladrillos hechos a base de residuos plásticos en la ciudad de Piura.

Para poder determinar esta ubicación es necesario tener en cuenta los siguientes factores:

- Cercanía a la materia prima
- Servicio de energía eléctrica
- Servicio de agua
- Mano de obra
- Vía de exportación
- Mercado objetivo
- Condiciones climáticas
- Elementos sociales o comunidad
- Aspecto legal

La elección de la ubicación deberá contar con los requisitos anteriormente planteados, con el fin de elegir la mejor alternativa para la empresa y que muestre el mínimo costo de producción. (Krajewski, 2013).

En la ciudad de Piura se pueden identificar 3 alternativas potenciales para la ubicación de una planta de fabricación de ladrillos hechos a base de plástico. Estas alternativas son:

- Alternativa I: Zona Industrial I

Se considera esta alternativa debido a que en esta zona se encuentran varias empresas del sector industrial que vienen realizando diferentes tipos de actividades a lo largo de los años sin problema alguno.

Sin embargo, la instauración de un nuevo centro comercial ha generado una mayor concentración de tráfico, lo que dificulta el paso de medios de transporte de gran tamaño hacia los puntos de fabricación de distintos productos.

- Alternativa II: Zona Industrial II

Se considera esta zona debido a su ubicación céntrica y accesible para las diferentes actividades que involucren a la fábrica y por ende su ubicación.

En esta zona se poseionan distintas empresas con fines industriales y debido a su localización estratégica, el flujo de entrada de materia prima y salida de existencias se hace de manera óptima, ya que la maquinaria pesada o los camiones de transporte no sufren inconvenientes para poder llegar a su destino.

Cabe resaltar también que en esta zona de Piura se ubica un local de Pacasmayo, que es considerada en el grupo de posibles stakeholders, ya que podría ser utilizada para adquirir materia prima para la posterior fabricación de ladrillos ecológicos.

- Alternativa III: Zona Industrial III

Esta zona es considerada dentro de nuestras alternativas porque está ubicada en las afueras de la ciudad, por lo que una posible construcción de una fábrica o el funcionamiento de esta no afectaría la tranquilidad de habitantes por ser una zona bastante desértica.

Además, el paso de maquinaria pesada o camiones de carga sería relativamente fluido debido a que no hay tráfico recurrente en la zona.

Otro punto a favor para la Zona Industrial III es la ubicación de una cantera y planta de Pacasmayo que como se expuso anteriormente, es considerado uno de nuestros posibles proveedores de materia prima, por lo que la ubicación de la planta de ladrillos ecológicos cercana a la planta de uno de sus proveedores resulta una opción bastante favorable.

- **Consideraciones legales:** Se realizó un estudio de normas y reglamentos que regulan la actividad ladrillera y que se muestran en la tabla 4, donde se resalta el marco legal de referencia para nuestro proyecto.

Tabla 4. Marco legal de la empresa.

| Constitución/ Ley | Descripción |
|--|---|
| Constitución Política del Perú”. 1993. | Tiene un nivel jerárquico mayor en el área legal, otorga expresamente la categoría de derecho fundamental de la persona a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida (Art. 2 inc. 22). A través de ella se otorga el Estado la política nacional del ambiente e incentiva el adecuado uso de recursos naturales. |
| Décimo Novena Política de Estado: Desarrollo Sostenible y Gestión Ambiental | En el Acuerdo Nacional se menciona el compromiso para incluir la política ambiental a los demás sectores, con la finalidad de contribuir al desarrollo del Perú. A su vez el compromiso de institucionalizar la gestión ambiental, pública y privada. |
| Ley N°28611: Ley General del Ambiente. | A través de esta ley se define el derecho que una persona posee para tener un ambiente conforme a su necesidad es decir saludable, además este deberá contar con todas las características para el desarrollo de la vida y la preservación del paisaje y la naturaleza. |
| D. S. N°001-97-ITINCI: “... las empresas industriales manufactureras se adecuen a las normas de Protección Ambiental a ser aprobadas por el MITINCI”. 05/01/1997 | Promueve procedimientos y plazos con la finalidad de desarrollar el programa de manejo ambiental, en cada una de las empresas dependiendo del lugar de ubicación de su respectiva municipalidad. Cumpliendo su programa de manejo ambiental las empresas no podrán paralizar sus actividades por este tema., art. 103 de la Ley N°23407. |

| | |
|---|--|
| D. S. N°019-97-ITINCI: “Reglamento de Protección Ambiental para el Desarrollo de las Actividades de la Industria Manufacturera”. 26/09/1997 | El reglamento menciona que se debe realizar la política ambiental propuesta por el MINTINCI, el cual señala la importancia de la gestión ambiental. Dicha gestión tendrá que verse reflejada en las actividades que busquen la reducción de contaminantes. |
| Decreto Supremo N°057-2004 PCM. Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos N°27314. 24/07/2004 | Dentro del reglamento se hace referencia sobre el almacenamiento, recolección y distribución final de residuos sólidos que no pertenecen a alguna institución del estado (Título III, Capítulo II). |
| Reglamento de Estándares de Calidad Ambiental para Ruido D.S. N°085-2003-PCM | EA a través del reglamento se establece los horarios de atención los cuales deberán ser 07:00 a 22:00 horas en las mañanas y viceversa en las noches. |

Fuente: Recuperado y adaptado de (Chunga, Morales, & Valdivia, 2018)

- **Determinación de localización óptima:** Para analizar las diferentes opciones y elegir la más conveniente, se utiliza el Método de los Factores Ponderados, basados en lo expuesto por Krajewski (2013).

Tabla 5. Factores de Microlocalización

| Estratificación del Factor de Terreno | |
|--|---------|
| Atributo | Puntaje |
| Alta disponibilidad de terrenos | (5-15) |
| Regular disponibilidad de terreno | (5-15) |
| No se dispone de terreno | (5-15) |
| Estratificación de Factor de Construcción | |
| Atributo | Puntaje |
| Bajos costos de construcción | (5-15) |
| Regular costo de construcción | (5-15) |
| Altos costos de construcción | (5-15) |

| Estratificación del Factor de Cercanía a Materia Prima | |
|---|---------|
| Atributo | Puntaje |
| Cerca de la fuente de materia Prima | (5-15) |
| No tan cerca a la fuente de materia prima | (5-15) |
| Lejos de la fuente de materia prima | (5-15) |
| Estratificación del Factor de Energía Eléctrica | |
| Atributo | Puntaje |
| Buena disponibilidad de energía | (5-15) |
| Regular disponibilidad de energía | (5-15) |
| Mala disponibilidad de energía | (5-15) |
| Estratificación del Factor de Agua | |
| Atributo | Puntaje |
| Buena disposición de agua y bajos costos | (5-15) |
| Regular disposición de agua y Costos | (5-15) |
| Mala disposición de agua y altos costos | (5-15) |
| Estratificación del Factor Mano de Obra | |
| Atributo | Puntaje |
| Alta oferta y bajos costos | (5-15) |
| Regular oferta y costos regulares | (5-15) |
| Poco oferta y altos costos | (5-15) |
| Estratificación del Factor de cercanía a vías de expansión | |
| Atributo | Puntaje |
| Cerca de las vías de exportación | (5-15) |
| Regularmente lejos a las vías de exportación | (5-15) |
| Lejos a las vías de exportación | (5-15) |

Fuente: (Chunga, Morales, & Valdivia, 2018)

Bajo estas premisas se procede a evaluar las distintas alternativas propuestas y se selecciona el que tenga mayor puntaje.

Como se puede apreciar en la Tabla 6, los factores de Microlocalización a evaluar son terreno, construcción, cercanía a materia prima, energía eléctrica, agua, mano de obra y cercanía a vías de expansión; los mismos a los que se les otorga una ponderación de acuerdo con su nivel de importancia.

Tabla 6. Evaluación de factores de Microlocalización

| Estratificación | | | | | | | |
|------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|--------------------|---------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Factores de locación | Ponderación (el total debe sumar 100) | Alternativas de localización | | | | | |
| | | Zona Industrial I | Zona Industrial II | Zona Industrial III | Zona Industrial I | Zona Industrial II | Zona Industrial III |
| Terrenos | (0-100) | (5-15) | (5-15) | (5-15) | Ponderación * Puntaje | Ponderación * Puntaje | Ponderación * Puntaje |
| Construcciones | (0-100) | (5-15) | (5-15) | (5-15) | Ponderación * Puntaje | Ponderación * Puntaje | Ponderación * Puntaje |
| Materia prima | (0-100) | (5-15) | (5-15) | (5-15) | Ponderación * Puntaje | Ponderación * Puntaje | Ponderación * Puntaje |
| Energía eléctrica | (0-100) | (5-15) | (5-15) | (5-15) | Ponderación * Puntaje | Ponderación * Puntaje | Ponderación * Puntaje |
| Agua | (0-100) | (5-15) | (5-15) | (5-15) | Ponderación * Puntaje | Ponderación * Puntaje | Ponderación * Puntaje |
| Mano de obra | (0-100) | (5-15) | (5-15) | (5-15) | Ponderación * Puntaje | Ponderación * Puntaje | Ponderación * Puntaje |
| Cercanía a vías de expansión | (0-100) | (5-15) | (5-15) | (5-15) | Ponderación * Puntaje | Ponderación * Puntaje | Ponderación * Puntaje |

| | | | | | | | |
|-------|-----|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Total | 100 | Sumatoria de puntajes. |
|-------|-----|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|

Fuente: Elaboración propia.

En base a lo calculado en la Tabla 6, la Zona Industrial III es la que ha obtenido el mayor puntaje, lo que refleja su aceptable identificación con los factores anteriormente analizados.

Esta alternativa, con 1450 puntos, se identifica como la mejor para ser elegida localización de la fábrica de ladrillos ecológicos, debido a su ubicación estratégica tanto para materia prima como para vías de expansión y otros factores que la califican como óptima.

3.4.1.2. Distribución de planta

La distribución de una planta es la disposición física de los elementos industriales que se utilizan para la producción en una determinada empresa.

Esta distribución ordenada de un espacio incluye, tanto los espacios para movimiento de materiales, almacenamiento, trabajadores y todas demás actividades o servicio que requiera la empresa. (Múñoz, 2012)

Para poder determinar la distribución en una planta, es necesario identificar los sectores principales en los que se dividirá y las máquinas y equipos necesarias en la producción, sobre todo los que requieren mayor espacio.

La determinación de estos sectores es determinante para poder seleccionar el tamaño óptimo de terreno que requiere la empresa.

Determinar la distribución en una planta supone colocar máquinas y equipos de tal manera que los materiales puedan conducirse con facilidad y el mínimo de manipulación hasta convertirse en el producto final.

Según (Más, 2006), los objetivos de la distribución de planta son:

- Integración de todos los factores que afecten la distribución.
- Movimiento de material según distancias mínimas.
- Circulación del trabajo a través de la planta.
- Utilización “efectiva” de todo el espacio.
- Mínimo esfuerzo y seguridad con los trabajadores.

- Flexibilidad en la ordenación para facilitar reajustes o ampliaciones.

- **Tipos de distribución en planta**

Existen distintos tipos de distribución en planta, estos dependen del producto que se pretende producir y el tamaño de volumen en que se piensa hacer. A continuación, se presenta los tipos de distribución de planta según Más (2006):

- **Distribución por posición fija:** la distribución por posición fija se emplea en proyectos de gran envergadura, en los que el material permanece estático, mientras que los operarios, la maquinaria y los equipos se trasladan a los puntos de operación. (Más, 2006).
 - a. Proceso de trabajo: instalación de puestos de trabajo provisionales y cerca al elemento principal o conjunto en proceso de fabricación.
 - b. Material en curso de fabricación: el material es llevado al lugar de montaje o fabricación.
 - c. Versatilidad: gran facilidad de adaptación ante situaciones de variabilidad.
- **Distribución por procesos:** este tipo de distribución se escoge habitualmente cuando la producción se organiza por lotes. Un ejemplo de esto sería la fabricación de muebles, la reparación de vehículos, fabricación de cocinas. En esta distribución las operaciones de un mismo proceso están agrupadas en una misma área junto con los operarios, habiendo varios procesos en una misma fábrica. (Más, 2006).
 - a. Proceso de trabajo: puestos de trabajo situados por funciones homónimas. En algunas secciones los puestos de trabajo pueden llegar a ser muy similares, mientras que en otros bastante diferenciados.
 - b. Material en curso de fabricación: el material es desplazado por diferentes puestos de trabajo y secciones.
 - c. Versatilidad: muy versátil, se pueden producir distintos productos en las mismas instalaciones de la fábrica.
- **Distribución por producto, en cadena o serie:** cuando toda la maquinaria y equipos necesarios para la fabricación de un determinado producto se agrupan en una misma zona, siguiendo la secuencia de las operaciones que deben realizarse sobre el material, se adopta una distribución por producto. Este sistema permite reducir tiempos de fabricación, y minimizar el manejo de materiales. (Más, 2006).
 - a. Proceso de trabajo: puestos de trabajo según orden establecido implícitamente y buen aprovechamiento de superficie de la planta.

- b. Material en curso de fabricación: alto grado de automatización de las máquinas.
- c. Versatilidad: no admite la fabricación de otros productos diferentes para los que la planta fue inicialmente adaptada.

- **Características de distribución de plantas**

De acuerdo con el sistema productivo existen distintos tipos de distribución de plantas. En el caso de una ladrillera, este se ajusta a distribución POR PRODUCTO, ya que los trabajadores y equipos se agrupan de acuerdo con las operaciones que se tienen que realizar para llegar al producto final.

Las características de la Distribución de planta según los tipos se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7. Características de la distribución de planta

| | Producto | Proceso | Posición fija |
|----------------------|---|--|---|
| Producto | Estandarizado | Diversificados | Normalmente, bajo Pedido |
| | Alto volumen de Producción | Volúmenes de producción variables | Volumen de producción Bajo |
| Flujo de Trabajo | Línea Continua | Flujo Variable | Mínimo o Inexistente |
| | Las unidades siguen la secuencia de las operaciones | Cada ítem puede requerir una secuencia de operaciones propia | El personal, maquinaria y materiales van al producto cuando se necesita |
| Mano de Obra | Especializada y poco calificada | Fundamentalmente calificada | Alta flexibilidad de la mano de obra |
| | Capaz de realizar tareas rutinarias | Sin necesidad de una estrecha supervisión | |
| Manejo de Materiales | Previsible y a menudo, automatizado | Variable, a menudo hay duplicaciones, esferas y retrocesos | Variable, y a menudo escaso |

Fuente: (Padilla, 2006)

En una fábrica de producción, se debe tener en cuenta todas las áreas requeridas para un correcto uso de materia prima, almacenamiento, facilidad de despacho, por lo que es necesario tomar en cuenta todo ello antes de determinar la distribución de la planta.

En la Figura 14 se muestra una tabla con los elementos indispensables en una fábrica de producción de ladrillos ecológicos, las dimensiones que tienen y el área aproximada que ocupan.

| Elementos | Cantidad | Dimensiones | | | N ^o de lados | Ss (m ²) | Sg (m ²) | St (m ² /unidad) | St (m ²) |
|-------------------------|-----------------|-------------|------|------|-------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------|
| | | L | A | H | | | | | |
| Producción | | | | | | | | | |
| Balanza electrónica | 2 | 0.39 | 0.35 | 0.75 | 3.00 | 0.14 | 0.41 | 0.55 | 1.09 |
| Triturador de Plástico | 1 | 3.50 | 4.20 | 1.50 | 3.00 | 14.70 | 44.10 | 58.80 | 58.80 |
| Mezcladora | 1 | 4.50 | 3.20 | 1.59 | 3.00 | 14.40 | 43.20 | 57.60 | 57.60 |
| Tornillos helicoidales | 2 | 5.00 | 0.40 | 0.40 | 1.00 | 2.00 | 2.00 | 4.00 | 8.00 |
| Cinta Transportadora | 1 | 5.00 | 0.60 | 0.40 | 1.00 | 3.00 | 3.00 | 6.00 | 6.00 |
| Moldes x 24 unidades | 350 | 1.50 | 0.50 | 0.05 | 2.00 | 0.75 | 1.50 | 2.25 | 26.25 |
| Tinas plásticas | 4 | 0.80 | 0.50 | 0.35 | 2.00 | 0.40 | 0.80 | 1.20 | 4.80 |
| Mesa de trabajo | 4 | 2.50 | 1.50 | 0.90 | 4.00 | 3.75 | 15.00 | 18.75 | 75.00 |
| Almacén de M.P. | - | - | - | - | - | 1,000.00 | - | - | 1,000.00 |
| Almacén de P.T. | - | - | - | - | - | 1,000.00 | - | - | 1,000.00 |
| Tina de Curado | - | - | - | - | - | 800.00 | - | - | 800.00 |
| Control de calidad | - | - | - | - | - | 14.00 | - | - | 14.00 |
| Mantenimiento | - | - | - | - | - | 40.00 | - | - | 40.00 |
| Administración y ventas | - | - | - | - | - | 16.00 | - | - | 16.00 |
| Servicios higiénicos | - | - | - | - | - | 10.50 | - | - | 10.50 |
| Áreas verdes | - | - | - | - | - | 150.00 | - | - | 150.00 |
| Área de expansión | - | - | - | - | - | 653.61 | - | - | 653.61 |
| Área Total | 3,921.65 | | | | | | | | |

Figura 14. Requerimiento de área de terreno.

Fuente: Elaboración propia, a partir de Chunga, Morales, & Valdivia (2018)

Esta es una estimación aproximada de un proyecto similar. Se tomó en cuenta porque se analizan espacios tanto para maquinaria y almacenes como para laboratorios, sectores administrativos e incluso áreas verdes.

Según los datos anteriormente presentados, se tiene el siguiente Layout (Figura 15) correspondiente a la distribución²⁵ de la planta.

²⁵ Todas las medidas de la distribución de la planta están expresadas en metros.

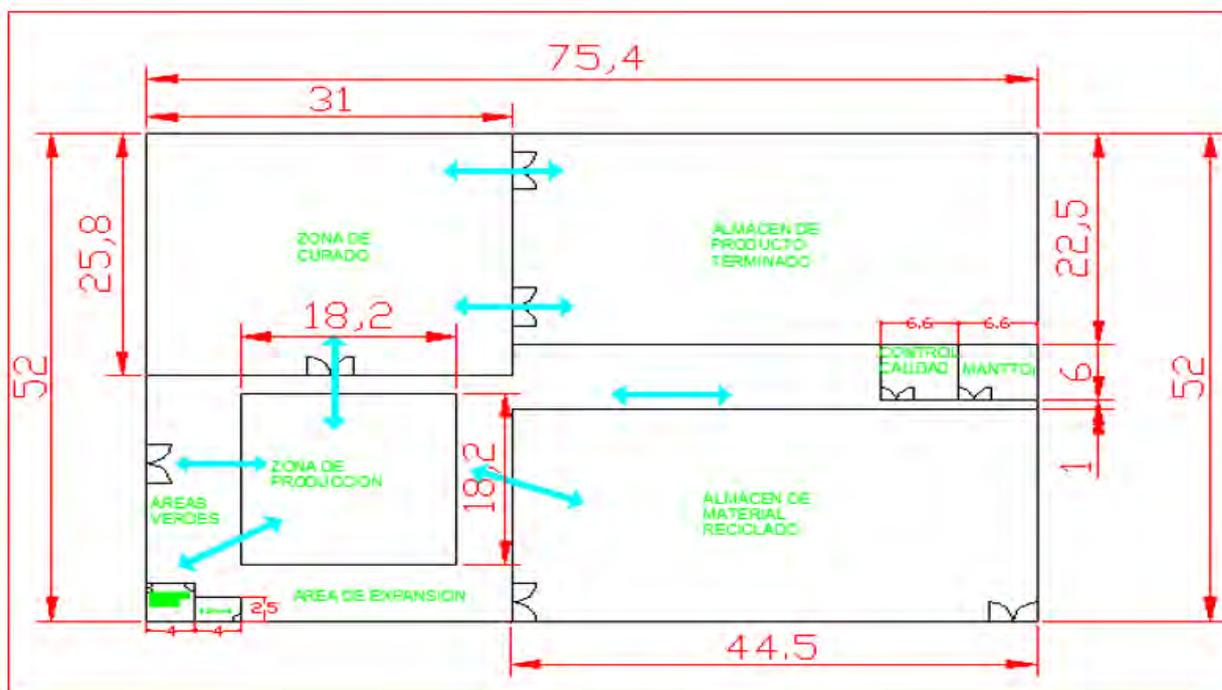


Figura 15. Layout de la planta.

Fuente: Elaboración propia, a partir de Chunga, Morales, & Valdivia (2018)

La distribución de la maquinaria y equipos, así como los diferentes sectores que intervendrán en la planta. Está mostrada a continuación.

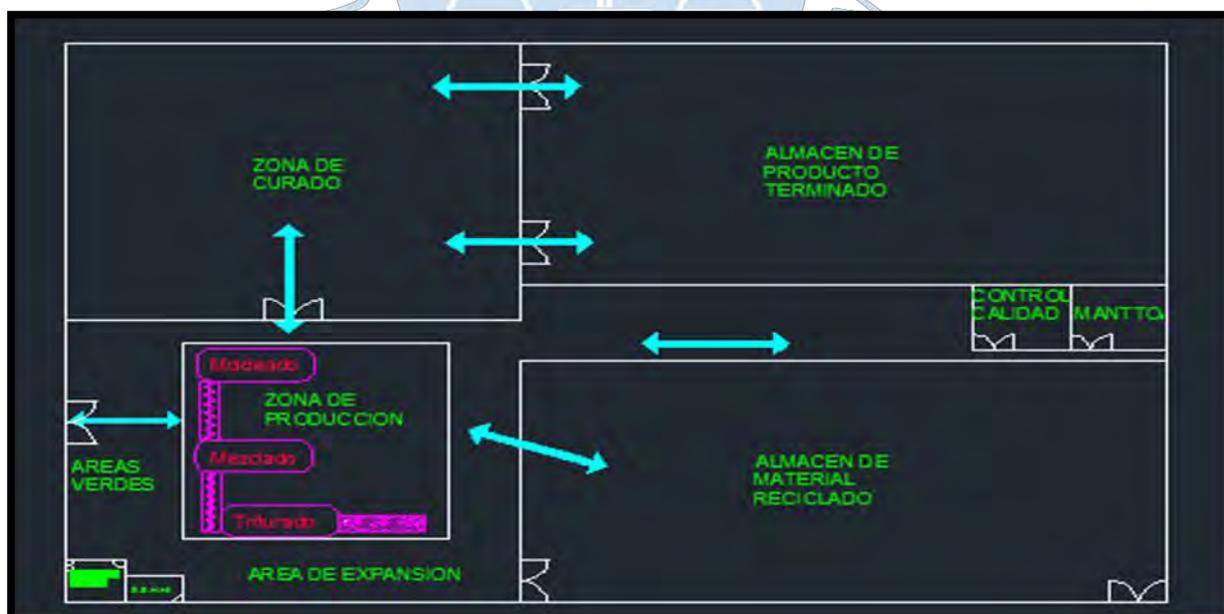


Figura 16. Distribución de maquinaria, equipos y sectores

Fuente: Elaboración propia, a partir de Chunga, Morales, & Valdivia (2018)

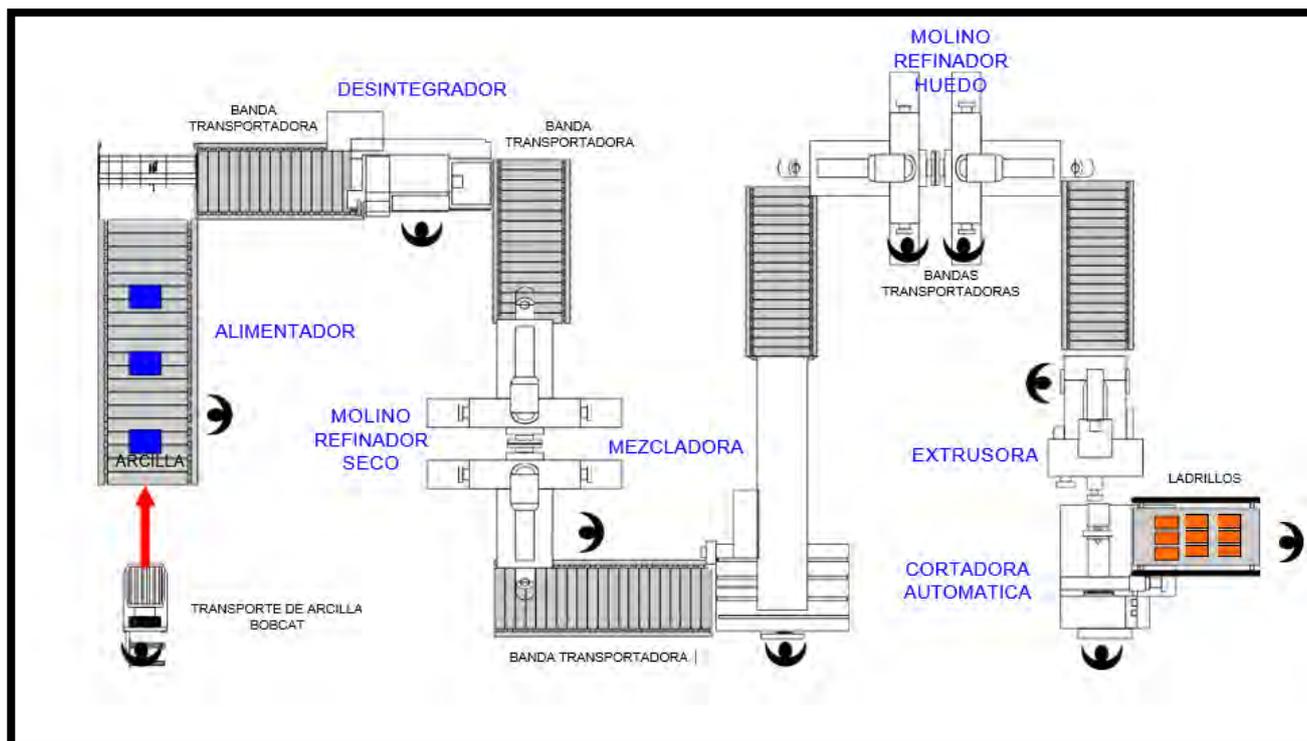


Figura 18. Distribución de maquinaria y equipos en una planta.

Fuente: Elaboración propia, a partir de Romo (2013)

3.4.2. Tecnología, maquinaria y equipo

Para poner el proyecto en marcha exitosamente, se deberá contar la tecnología, maquinaria y equipos para las diversas zonas de producción y procesos de transformación de ladrillos ecológicos especificadas en apartados anteriores. Es importante describir las funciones y el modo de operar de estas.

3.4.2.1. Mezcladora de cemento

Es una máquina para elaborar el hormigón, donde se introducen los agregados (arena, confitillo, agua, cemento), y como salida se obtiene una mezcla homogénea lista para el curado. Esta máquina cuenta con un trompo, el cual agiliza el trabajo ya que permite al operario manipular la ubicación de los elementos que se están utilizando. En la Figura 19, se puede apreciar la imagen de una mezcladora convencional. (EcuRed, 2019).



Figura 19: Mezcladora de cemento

Fuente: Albiz (2019)

La mayor ventaja que existe al utilizar una mezcladora es la homogeneidad. Esto significa que la mezcla tendrá proporciones iguales de los componentes, lo que garantizará la resistencia del hormigón. En la operación de mezclado, o aglutinamiento, hay otros factores que considerar como el tiempo de mezclado. Este tiempo abarca desde que los elementos ingresan a la máquina hasta que sale la mezcla homogénea. Este tiempo depende del tipo de mezcladora utilizada, o de los procesos que han seguido los insumos en etapas anteriores. Considerando todo esto, este tiempo no puede ser menor a dos minutos (Aceros Arequipa, 2018).

Tipos de mezcladoras

Las mezcladoras se pueden clasificar de la siguiente forma:

- Según movilidad:
 - **Móviles:** Cuentan con ruedas, lo que permite transportar la máquina y el hormigón en tramos cortos.
 - **Fijas:** Procesan el hormigón, y luego se utilizan camiones u otros medios de transporte para poder mover esta mezcla hasta el lugar que se requiera. (EcuRed, 2019)
- De tolva y de trompo (Figura 20):
 - **De tolva:** Permite introducir la piedra y la arena en la parte inferior mediante una especie de boquilla.
 - **De trompo:** Permite alimentar los elementos levantándolos a la altura de la boca de entrada. La producción de concreto en una mezcladora de trompo es más lenta debido a este levantamiento que se debe hacer para introducir los agregados. (Aceros Arequipa, 2018).

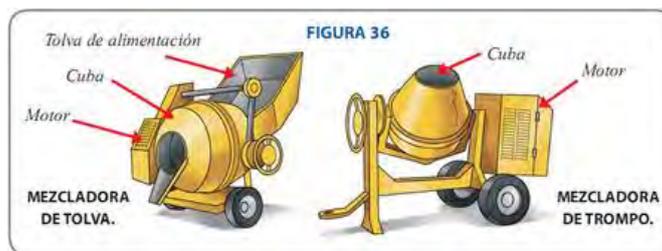


Figura 20. Mezcladora de Tolva y mezcladora de trompo.

Fuente: Elaboración propia, a partir de Aceros Arequipa (2019)

- Otra clasificación de mezcladoras:

Tabla 8. Tipos de Mezcladoras

| Tipo | Uso | Volumen de carga | Potencia (HP) | Velocidad (RPM) |
|--------------------------|--|------------------------|---------------|-----------------|
| Tambor Basculante | Concreto, hormigón | 350-400 l | 5-10 | 30-35 |
| Camión hormigonera | Concreto, hormigón | 6-10 m ³ | 10 | 15-20 |
| Móvil, automática | Concreto certificado en obra | 10-25 m ³ | 10-20 | 20-35 |
| Eje horizontal | Concreto, hormigón | 0.5-8 m ³ | 5-40 | - |
| Planetaria, eje vertical | Concreto, tierra, refractarios, sílice | 0.375-4 m ³ | 10-50 | - |
| Eje vertical | Concreto, hormigón, tierra | 0.5-1 m ³ | 5-10 | 30-38 |

Fuente: Tomado y adaptado de Ardila, C y Buitrago, J.

- a. **Mezcladora de tambor Basculante:** También llamada mezcladora de eje inclinado. El eje de rotación del tambor permite tomar diferentes inclinaciones para las funciones de llenado, de amasado o de descarga. Se puede llegar a inclinar entre 10 a 20 grados. Se hace pivotar al tambor alrededor del eje horizontal utilizando un volante. Las mezclas que se realizan en este tipo de máquinas son de volúmenes bajos de concreto, de buena

calidad ya que se liberan de forma inmediata y sin segregación. (Ardila, C y Buitrago, J; 2010)



Figura 21. Mezcladora de tambor Basculante

Fuente: Evisos (2019)

- b. **Mezcladora de camión hormigonera:** Tienen diferentes configuraciones, con aportes específicos a cada mezcla. Se caracterizan por ser bastante lentos, y poco a poco van siendo desechados por la industria ya que se prefiere la utilización de mezcladoras más pequeñas y móviles. Tiene un gran eje rotatorio, y una capacidad de entre 10 a 25 m³. (Ardila, C y Buitrago, J; 2010).

La característica más diferencial de este tipo de mezcladora es que cuenta con una cuba de forma cilíndrica, siempre en movimiento con el objetivo de ralentizar el fraguado. Este movimiento de rotación se realiza gracias al motor propio del camión o con ayuda de un motor auxiliar. El giro de la cuba rotatoria en un determinado sentido puede significar la operación de mezclado o la expulsión del hormigón (EcuRed, 2019).



Figura 22. Camión hormigonera

Fuente: Tomado y adaptado de EcuRed

- c. **Mezcladora de eje horizontal:** Este de tipo de mezcladora se utiliza mayormente con grandes volúmenes de hormigón, entre 6 a 10 m³, y se ubican en fábricas automatizadas. Poseen un eje de rotación horizontal, y el tambor o cuba tiene una forma cilíndrica cónica, con una o dos aspas, o paletas, con un eje distinto que no coincide con el eje de la cuba. Es bastante frecuente que cuenten con dos aberturas, una para cargar material

y otra para su descarga. Una recomendación importante para su uso es que al momento de la carga se debe tener cuidado para que no quede material remanente en la tolva, y en la etapa de descarga, se debe prestar mucha atención a que no se genere una segregación o que quede en su interior agregado grueso. (Ardila, C y Buitrago, J; 2010)



Figura 23. Mezcladora de eje horizontal

Fuente: Tomado y adaptado de IndiaMart

- d. Mezcladora móvil automática:** Cuenta con una gran capacidad de procesamiento, entre 10 a 25 m³. De gran utilidad en obras donde se requiera hacer las mezclas en un sitio fijo, pero sin que esto impida la movilidad de la máquina. Este modelo de control automático tiene, entre otras ventajas, la capacidad de realizar una corrección de humedad y absorción en la dosificación del hormigón. Puede expulsar agua con porcentaje de dosificación inicial y final. Lleva un registro de las operaciones realizadas gracias a un modem conectado a la computadora. (Ardila, C y Buitrago, J; 2010)



Figura 24. Mezcladora móvil automática DOMAT

Fuente: Tomado y adaptado de DOMAT

- e. Mezcladora planetaria de eje vertical:** Dentro de esta clasificación, es la que mayor potencia tiene: entre 10 a 50 HP. Cuenta con una capacidad de entre 0.375-4 m³. El

bastidor de esta máquina está hecho de acero, con una estructura robusta. Tiene piezas de desgaste que pueden ser intercambiadas, como lo son las palas de mezclado y el rascador; estas piezas son de acero Nihard de larga duración. Común en las plantas de componentes prefabricados de concreto u hormigón. (Mabeton, 2019)



Figura 25. Mezcladora planetaria de eje vertical

Fuente: Tomado y adaptado de Mabeton

3.4.2.2. Moldes de concreto

La mezcla de hormigón queda en un estado homogéneo luego de pasar por las máquinas mezcladoras, pero necesitará de una herramienta que le dé forma a esta mezcla. Es en este punto donde entra a tallar los moldes de concreto. En un proyecto a menor escala se pueden utilizar moldes donde se introduzca el hormigón de forma manual, uno por uno, en cada molde o incluso se pueden fabricar moldes de forma artesanal con elementos de fácil acceso. En la figura 26 se puede ubicar un molde para fabricar concreto que está a la venta en la actualidad:



Figura 26. Moldes de concreto

Fuente: Tomado y adaptado de Mercado Libre

3.4.2.3. Máquina compactadora de concreto

Para fabricar bloques de concreto de forma industrial se requiere de una máquina compactadora de concreto. Donde se ingrese la mezcla de hormigón y de forma automática proceda a compactar y moldear los bloques. En la figura 27, se puede observar una máquina de este tipo:



Figura 27. Máquina compactadora de concreto

Fuente: Tomado y adaptado de MadeChina

Esta máquina compactadora cuenta con una estructura móvil que recoge el hormigón, realiza un movimiento hacia arriba para luego compactar hacia abajo donde están las placas metálicas que sirven como moldes, dándole forma a los bloques. Con ayuda de esta compactadora ya no es necesaria la mano de obra que se encargaría de depositar el concreto en los moldes, generando homogeneidad y reduciendo la incertidumbre en el proceso.

3.4.2.4. Cuarto de Curado

En el proceso de elaboración de bloques de concreto, hay una etapa de curado que se encarga de hidratar los bloques antes de pasar a su entrega. En una planta de fabricación de estos bloques es muy común la utilización de cuartos de curado, los cuales cuentan con un amplio espacio de almacenamiento y con rociadores ubicados en la parte superior de los cuartos.

Estos rociadores se encargan de arrojar agua pulverizada a los bloques, y en un tiempo de 24 horas los bloques estarán listos para su entrega a los clientes. (Su Vivienda TV, 2013).

En los cuartos de curado se deben tener en cuenta los parámetros de humedad y temperatura. En el Laboratorio de Aseguramiento de Calidad S.A. de C.V., se encargan de mantener sus cuartos de curado con una humedad mayor o igual a 95%, y una temperatura de 23°C. (LACSA, 2016).

El elemento principal de esta etapa, sin ninguna duda, es el agua. Es por ello por lo que resulta importante especificar algunas características que debe tener este fluido en el momento de su aplicación. Se recomienda que la temperatura del agua tenga valores cercanos a 17.2 °C, y que mediante un control electrónico se mantenga esta temperatura. En el caso de que los cuartos de curado consistan en tanques de agua en los que se sumerjan los bloques en vez de usar rociadores, el control de temperatura se puede ejecutar a través de un cable de calefacción, ubicado bajo el tubo que se encarga de llevar el agua. En Inglaterra se ha aceptado como temperatura normal de curado, la de 64 °F o 17.7 °C. (ICE, 1956).

3.4.3. Capacidad de Producción

Es la cantidad de productos que puede producir en un periodo de tiempo definido. Es decir, el número de unidades que puede producir y almacenar.

Esta medida de capacidad puede decirnos si es que realmente se puede cubrir la demanda que existe en el mercado. Si encontramos que la producción es demasiado grande entonces no se logrará vender todo el producto. Por el contrario, si el tamaño de producción es pequeño, no se logrará cubrir toda la demanda.

Por lo tanto, el tamaño producción tiene como objetivo cubrir la demanda en su totalidad sin excederse de lo necesitado.

Cabe resaltar que las decisiones sobre la capacidad deben estar integradas en la misión, visión y la estrategia de la organización que la desarrolla.

Para planificar la capacidad se puede ver en tres horizontes de tiempo:

- La capacidad de producción para un largo plazo es considerado mayor a 1 año. En este periodo se puede comprar nueva maquinaria o se puede agrandar la zona de producción.
- La capacidad de producción para medio plazo es considerada 3 a 18 meses, se puede agregar equipo, personal y turnos.
- La capacidad de producción para corto plazo es considerada por lo general hasta 3 meses. Solo puedes modificar el programa de trabajo o el turno de las personas debido a que el tiempo es corto.

3.4.3.1. Dimensionamiento de la Capacidad de Producción

La capacidad de una planta tiene distintas formas de medirla, se basa en la cantidad de recursos que entran y que están disponibles con relación a los requerimientos de producción durante un periodo de tiempo determinado.

Medir esta capacidad de producción implica que se debe encontrar la cantidad de producción que se necesita para satisfacer la demanda actual y futura. Además, si es posible o no el cumplimiento de esta.

La capacidad de diseño es la producción teórica máxima de un sistema en un periodo de tiempo bajo condiciones ideales. Generalmente se expresa como una tasa, como el número de

producción en equis unidades sobre un horizonte de tiempo, ya sea por semana, por mes o por año.

La capacidad efectiva es la capacidad que se espera alcanzar bajo condiciones reales y actuales. Normalmente la capacidad efectiva es menor que la capacidad de diseño debido a que ahora se toman en cuenta los parámetros reales.

Otra forma de medir la capacidad de planta es a través de la Utilización, que es el porcentaje de la capacidad de diseño que realmente se logra poner en marcha y la Eficiencia, que es el porcentaje de la capacidad efectiva que se alcanza realmente.

$$Utilización = \frac{Producción\ real}{Capacidad\ de\ diseño}$$

$$Eficiencia = \frac{Producción\ real}{Capacidad\ efectiva}$$

3.4.3.2. Consideraciones para la decisión sobre la capacidad

Los aspectos para tener en cuenta son:

- Un pronóstico de la demanda con exactitud ayuda a determinar cuál sería el mejor programa de producción para lanzar el nuevo producto y compararlo con productos parecidos ya existentes en el mercado.
- Una vez que se tiene el volumen de producción se debe investigar que tecnologías son necesarias además de analizar los costos, los recursos humanos necesarios, la calidad y la confiabilidad.
- Se debe encontrar el nivel de operación óptimo para eso la tecnología con la que se cuenta y la capacidad necesaria determinan el mejor tamaño óptimo de una instalación.
- Siempre estar preparado para la incertidumbre del mercado. Es importante tener flexibilidad en las instalaciones y equipos.

3.4.4. Manual de organización y funciones (MOF)

Para poder llevar a cabo el buen manejo de una empresa es necesario la correcta distribución de las funciones a desarrollarse en esta es por esto que Chunga, Morales y Valdivia (2018) proponen la siguiente distribución de cargos para una empresa productora de ladrillos:

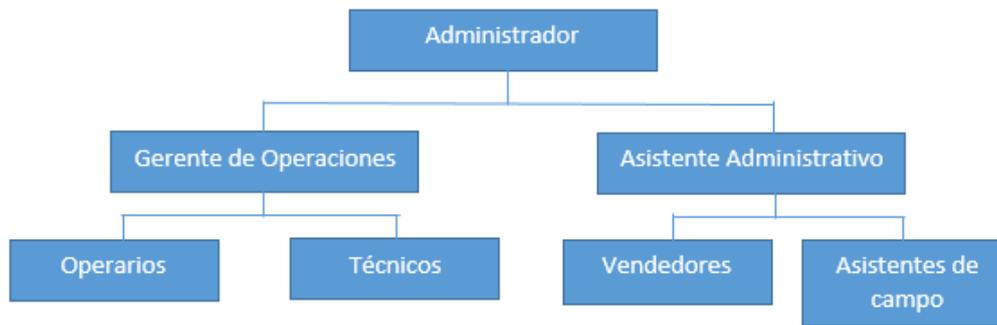


Figura 28. Organigrama de una empresa ladrillera

Fuente: Elaboración propia a partir de Chunga (2014)

Un manual de organización y funciones (MOF) contiene la información de las funciones que desempeña cada unidad orgánica que se encuentra en un organigrama.

Aspectos financieros

3.4.5. Financiamiento

Según Chunga et al. (2018), el financiamiento es buscar el capital necesario para la inversión en un proyecto. Así, para el financiamiento de una empresa productora de ladrillos se ha utilizado el 50% de capital propio y el 50% de un préstamo al Banco Continental del Perú (BBVA), se puede apreciar esto en la Figura 29.

Figura 29: Fuentes y usos de la composición del financiamiento

| Rubro de Inversión | Aporte Propio | | Préstamo | | Total | |
|----------------------------------|----------------|-------------|----------------|-------------|----------------|-------------|
| | Soles | % | Soles | % | S/. | % |
| Inversión Fija Tangible | 131,249 | 76% | 40,978 | 24% | 172,227 | 100% |
| Terrenos | 12,941 | 100% | - | - | 12,941 | 100% |
| Construcciones | 27,325 | 100% | - | 0% | 27,325 | 100% |
| Muebles y Enseres | 14,096 | 100% | - | - | 14,096 | 100% |
| Equipos y herramientas | 68,526 | 63% | 40,978 | 37% | 109,504 | 100% |
| Imprevistos (2%) | 8,361 | 100% | - | - | 8,361 | 100% |
| Inversión fija Intangible | 18,918 | 100% | - | - | 18,918 | 100% |
| Estudios de Pre inversión | 2,500 | 100% | - | - | 2,500 | 100% |
| Estudios Definitivos | 4,623 | 100% | - | - | 4,623 | 100% |
| Organización y Capacitación | 1,400 | 100% | - | - | 1,400 | 100% |
| Pruebas y Puestas en Marcha | 3,500 | 100% | - | - | 3,500 | 100% |
| Intereses Pre operativos | 5,977 | 100% | - | - | 5,977 | 100% |
| Imprevistos (5%) | 918 | 100% | - | - | 918 | 100% |
| Capital de Trabajo | - | - | 109,189 | 100% | 109,189 | 100% |
| TOTAL | 150,167 | 50% | 150,167 | 50% | 300,334 | 100% |

Fuente: Elaboración propia, a partir de Chunga, Morales, & Valdivia (2018)

3.4.5.1. Evaluación financiera

Para evaluar la rentabilidad de la inversión en una empresa productora de ladrillos se tomarán en cuenta tres indicadores: la TIR, el VAN y el ROE.

Según Chunga et al. (2018) evaluando los tres indicadores antes mencionados se obtiene lo siguiente:

- Tasa Interna de Retorno (TIR): evalúa la rentabilidad del proyecto, significa el porcentaje de beneficio o pérdida. Se puede observar el TIR que se calculó para la empresa en la Figura 30, habiéndose tomado un costo de oportunidad del 14.7% y al compararse con la TIR obtenida, demuestra la rentabilidad de esta empresa.

Figura 30: VAN y TIR financiero

| Año | Flujo de caja financiero (S/.) | f.s.a. (29.06) | Costos | VAN (S/.) | VAN acumulado (S/.) |
|-------|--------------------------------|----------------|------------|-----------|---------------------|
| Año 0 | -150,167.2 | 1.0 | -150,167.2 | - | -150,167.2 |
| Año 1 | -54,308.6 | 0.9 | | -47,836.2 | -198,003.4 |
| Año 2 | 53,732.1 | 0.8 | | 41,687.8 | -156,315.6 |
| Año 3 | 200,630.3 | 0.7 | | 137,107.0 | -19,208.6 |
| Año 4 | 359,654.6 | 0.6 | | 216,489.3 | 197,280.7 |
| Año 5 | 531,343.2 | 0.5 | | 281,717.4 | 478,998.1 |
| TIR | 57.89% | | | | |

Fuente: Elaboración propia, a partir de Chunga, Morales, & Valdivia (2018)

- Valor Actual Neto (VAN): determina si el proyecto es viable. Mide los ingresos y egresos y descuenta la inversión inicial y si queda ganancia se considera viable el proyecto. En la Figura 30 se muestra un VAN financiero de S/. 478,998.1, que al ser mayor que 0 y al compararse con el costo de oportunidad de 14.7% muestra la viabilidad y rentabilidad de la empresa.
- Return on equity (ROE): evalúa la rentabilidad financiera que obtiene los propietarios dividiendo los beneficios netos entre los fondos propios medios o patrimonio. Se observa en la Figura 31 que a medida que pasan los años el ROE sube lo cual quiere decir que nuevos inversionistas podrán participar.

Figura 31. Cálculo del ROE

| ROE | ROE | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
|--------------------------|--|--------|-------|-------|-------|-------|
| Retorno Sobre el Capital | $\frac{\text{Utilidad Neta}}{\text{Capital de Accionistas}}$ | -0.63% | 0.14% | 1.16% | 2.27% | 3.46% |

Fuente: Elaboración propia, a partir de Chunga, Morales, & Valdivia (2018)

3.4.6. Estructura de costos

Existen en el mundo distintos tipos de empresas cuyo objetivo es servir a sus clientes, mientras más satisfacción reciba el cliente, la entidad maximizará su valor.

- Empresas de servicios: Comercializan productos intangibles como servicios profesionales o de cualquier otro tipo.
- Empresas de comercialización: Adquieren bienes o mercaderías para su posterior venta.
- Empresas manufactureras: Comprar materia prima para transformarla en productos terminados para su posterior venta.
- Empresas de giros especializados: Son organizaciones prestadoras de servicios, manufactura y/o comercialización de bienes o servicios.

3.4.6.1. Contabilidad de Costos

Un sistema de contabilidad de costos es un registro sistemático de todas las transacciones, actividades y operaciones relacionadas directa o indirectamente con los factores funcionales de la producción para la obtención del costo de inventarios. De las cuales se pueden clasificar:

- Sistema de costo histórico o tradicional: Los costos se registran de acuerdo a como ocurren en la empresa, como:
 - Costos por procesos
 - Costos por órdenes
- Sistema de costo predeterminado: Se tiene ya determinado el costo alcanzable gracias a un estudio técnico previo. Cuyo objetivo es comparar estos costos con los reales para medir el desempeño y la eficacia. Teniendo:
 - Costo estándar por procesos
 - Costo estándar por órdenes

3.4.6.2. Costos por proceso

Es un sistema de costos donde se toman en cuenta los costos de producción por departamentos, tareas, procesos o etapas en función del producto a desarrollar. Es decir, una unidad terminada en un departamento se convierte en materia prima del siguiente hasta que el producto se fabrique totalmente. Así los costos se acumulan conforme pasan de un área a otra. Al final, los costos totales y unitarios se calculan y analizan de manera periódica permitiendo emitir informes.

$$COSTO\ POR\ PROCESO = \sum Costo\ de\ cada\ departamento$$

Procedimiento del sistema de costeo por proceso:

- Determinar el flujo de unidades físicas: Se determina el número de unidades que pasa de un proceso a otro:

Total de unidades a procesar = Inventario inicial + unidades empezadas en el periodo

Total de unidades a procesar = Unidades terminadas y transferidas durante el periodo + inventario final de productos en proceso

- Determinar las unidades equivalentes: Las unidades equivalentes son las unidades que aún no está al 100% las cuales deben expresarse como unidades terminadas para poder costearlas.
- Costos unitarios y totales: Los costos totales son los que se han acumulado en los departamentos de producción durante un periodo de tiempo.

$$Costo\ unitario\ equivalente = \frac{Costos\ Totales\ del\ periodo}{Unidades\ equivalentes}$$

- Informe de costos: Presenta los costos acumulados de las unidades terminadas y transferidas al siguiente proceso. El modelo del informe de costos del proceso X es el siguiente:

| | |
|---|--|
| Inventario Inicial de productos en proceso + | |
| Costos de producción del periodo | |
| Costos por distribuir | |
| Inventario final de productos en proceso | |
| Costo de la producción terminada | |
| + Inventario Inicial de productos terminados | |
| Costos de los productos disponibles para la venta | |

3.4.6.3. Costos por pedido

Este sistema es aplicado en las industrias que elaboran sus productos de acuerdo con las necesidades que los clientes tienen en coordinación con la dirección y el departamento de producción. Cada unidad pedida debe tener por separado materia prima solicitada, mano de obra requerida en el tiempo definido por el cliente.

Procedimiento del sistema de costeo por proceso:

- Registro de las ordenes de producción: Contiene información e instrucciones para la planta sobre las especificaciones del producto.
- Hoja de costos: Se especifica la cantidad de artículos pedidos por el cliente.
- Consumo de los materiales: Materia prima utilizada para la producción.
- Consumo de mano de obra directa: Tiempo de trabajo de los empleados.
- Consumo de costos indirectos de fabricación (CIF): Se tiene encuentra las depreciaciones, seguros, alquileres, etc. Se calcula a través de una tasa que contemple la relación causa efecto relacionado a una base de reparto.

$$Tasa predeterminada = \frac{CIF \text{ presupuestados}}{Base presupuestada}$$

3.4.6.4. Análisis del Costo – Volumen- Utilidad

- **Punto de equilibrio:** Es el punto en la cual los ingresos totales recibidos se igualan a los costos asociados con la venta de un producto. Permite analizar los efectos de cambios en los costos, precios y volúmenes. Lo que constituye por tanto una herramienta útil en la planeación, control y la toma de decisiones.

“Si el producto puede ser vendido en mayores cantidades de las que arroja el punto de equilibrio tendremos entonces que la empresa percibirá beneficios. Si, por el contrario, se encuentra por debajo del punto de equilibrio, tendrá pérdidas.”

$$Punto \text{ de equilibrio (unidades)} = \frac{Costos \text{ y gastos fijos}}{Margen \text{ Contribución unitario}}$$

Margen de contribución unitario

= *Valor venta unitario*

– *Costo y gasto variable unitario*

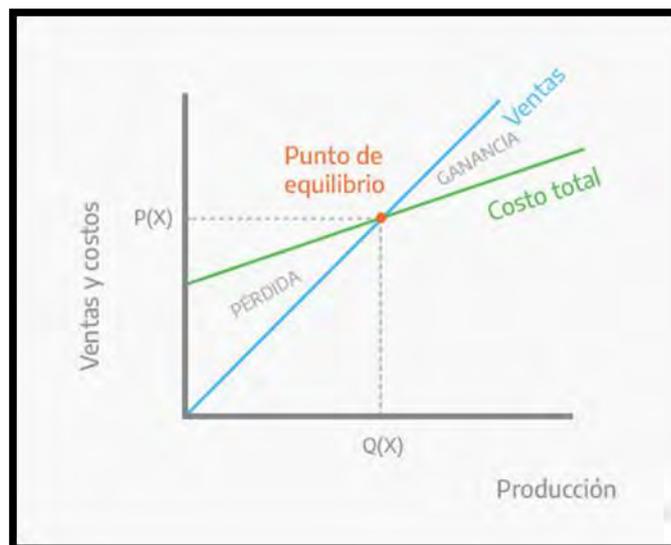


Figura 32. Punto de equilibrio.

Fuente: Enciclopedia Económica

- **Margen de Seguridad:** Es un indicador de cuanto pueden decrecer las ventas reales o estimadas antes de que pueda ocurrir una pérdida. Es una forma de saber si uno está o no cerca de su punto de equilibrio.

$$MS(\text{Unidades})$$

$$= \text{Ventas reales o presup (unidad)}$$

$$- \text{Punto Equilibrio (unidad)}$$

$$MS(\%) = \frac{\text{Ventas reales o presup (unidad)} - \text{Punto Equilibrio (unidad)}}{\text{Ventas reales o presup (unidad)}}$$

- **Apalancamiento Operativo:** Indica el impacto proporcional que puede tener un aumento de las ventas sobre los beneficios.

$$AO = \frac{\text{Margen de Contribución Total}}{\text{Utilidad antes de Impuestos e intereses}}$$

* Aumento porcentual de las ventas

3.4.6.5. Estimación de costos basada en una Empresa del sector

El Grupo MORBECK es una empresa que se especializa en la venta de maquinaria bloqueras, materiales de construcción entre otros grupos afines. Esta empresa presenta un proyecto de una planta de fabricación de ladrillos especializada. Los datos los tenemos a continuación.

- **Precio de venta por ladrillo:** El precio del ladrillo varía según la empresa que los fabrique, las técnicas que utilice y el tipo de ladrillo que se produce. Comúnmente se vende por millar sin embargo si existen los precios por unidad. (Véase Tabla 9)

Tabla 9. Dimensionamiento de Producción

| Dimensionamiento de Producción en base a una empresa Productora de Ladrillos. |
|--|
| Precio medio de venta: USD 173.34 / millón |
| Producción aproximada de 16 mil ladrillos / empleado / mes; |
| Facturación mensual entre USD 19.540,54 y USD 33.092,85 |
| Bajo nivel de automatización |
| Secado natural |

Fuente: Elaboración propia

- **Mano de obra:** El personal de trabajo necesario es entre 10 a 17 empleados. Dependiendo de la capacidad de producción que se necesite. Por lo tanto, se tendrá un coste de personal, incluyendo cargos y costos accesorios, varía entre USD 283,65 y 409,72 / mes / empleado. (Véase Tabla 10)

Tabla 10. Asignación de empleados

| Número de empleados | Asignación |
|---------------------|----------------------------|
| 01-02 | Administración y comercial |
| 6-10 | Producción |
| 04 | Trabajo especializado |
| 01-02 | Servicios Generales |
| 02-03 | Carga o traslado. |

Fuente: Elaboración propia

- **Equipos:** Se detallan algunos equipos que se utilizan para la fabricación de ladrillos, puede surgir variaciones de acuerdo con el tipo de ladrillo a producir. Se han dividido en los equipos necesarios para la producción y administrativos en base utilizados por la empresa. (Véase Tabla 11 y 12)

Tabla 11. Equipos para producción

| Nombre | Total necesario | Precio por unidad |
|-----------------------|-----------------|-------------------|
| Morombas | 2 | USD 7.879,25 |
| Exaustores | 30 | USD 39,40 |
| Carrito de transporte | 15 | USD 47,28 |
| Molino | 1 | USD6.303.40 |
| Cajones alimentadores | 2 | USD9.139,93 |
| Trituradora | 1 | USD6.500 |
| Misturadores | 2 | USD 3.782,04 |
| Laminadores | 2 | USD2.994,12 |
| Horno para quemar | 1 | USD 9.455,10 |
| Otros equipos | 1 | USD3.151,70 |
| Pala cargadora | 1 | USD14.182,65 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Equipos para administración

| Nombre | Precio por unidad aproximadamente |
|-------------------------------|--------------------------------------|
| Mesa | USD 63,03 |
| Silla ergonómica | USD 63,03 |
| Computadora | USD315,17 |
| Silla simple para clientes | USD 25,21 |
| Utensilios | USD 31.52 |

Fuente: Elaboración propia

- **Costos Fijos:** Son los que no son afectados por el número de ventas.
 - Alquiler;
 - Agua;
 - Luz;
 - Teléfono;
 - Funcionarios, gastos y gastos asociados;
 - Tasas públicas;
 - Contador.

Son los gastos más preocupantes y sólo se deben asumir cuando son absolutamente necesarios. Banda de USD 4.758,30 a USD 8.564,94

- **Costos variables:** Son afectados por el número de ventas que tiene la empresa.
 - Compra de mercancía (reposición de stock);
 - Otros insumos accesorios;
 - Energía eléctrica;
 - Combustibles;
 - Depreciación y mantenimiento de equipos e instalaciones;
 - Fretes;
 - Impuestos;
 - Comisiones comerciales.



Figura 33. Proceso de producción de ladrillos.

Fuente: Diario Norte

3.5. Normas técnicas y aspectos legales

El proyecto se enfoca en la reutilización de plástico convencional de un solo uso, contribuye a la reducción de residuos contaminantes protegiendo el derecho fundamental a la salud para alcanzar un ambiente equilibrado. En el marco normativo del Perú, tanto nacional como sectorial y local, destaca la intervención de las siguientes leyes:

- Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos, se estableció los derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, para asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos, sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a los principios de minimización, prevención de riesgos ambientales y protección de la salud y el bienestar de la persona humana.
- Dentro del anexo 5, Lista B: Residuos peligrosos B3.1.1 Residuos de material plástico de polímeros y copolímeros no halogenados, se encuentra listado el insumo necesario para la ejecución de nuestro proyecto.
- Ley N°29419 Ley que regula la actividad de los recicladores, establece el marco normativo para la regulación de las actividades de los trabajadores del reciclaje, orientada a la protección, capacitación y promoción del desarrollo social y laboral, promoviendo su formalización, asociación y contribuyendo a la mejora en el manejo ecológicamente eficiente de los residuos sólidos en el país.
- Dentro del Artículo 5- Regulación local, debemos tener un alto grado de comunicación con las autoridades locales donde operará la planta. Así mismo el Artículo 6 – Formación de EPS-RS y EC-RS favorecen la actividad de las asociaciones y de las pequeñas o microempresas especializadas en la recolección y comercialización de recursos sólidos.
- Las leyes y normas vigentes para llevar a cabo el proyecto se deben analizar en dos tipos de enfoque. Desde las propiedades de calidad de un ladrillo y los requisitos indispensables dentro del funcionamiento en la producción de ladrillos ecológicos.

3.5.1. Calidad de un ladrillo

Desde el punto de vista de la calidad del producto, se convierte indispensable o exigente que el proyecto cumpla con las normas y/o artículos mencionados a continuación para demostrar que el producto producido es lo que se dice ser, debido a que infringir el derecho de información de los consumidores al comercializa productos distintos a lo que esperaba ocasiona una sanción en Unidades Impositivas Tributarias (UIT), según Ley N°29571 Código de protección y defensa del consumidor.

Las Normas Técnicas Peruanas establecen una serie de requisitos, pruebas de calidad y composiciones según el uso de los ladrillos. De esta manera se puede tener datos estándares de referencia con la cual poder comparar nuestros ladrillos ecológicos. Dentro de estas normas se encuentran las Normas legales 295, E070 que establece los requisitos y las exigencias mínimas para el análisis, el diseño, los materiales, la construcción, el control de calidad y la inspección

de las edificaciones de albañilería estructuradas principalmente por muros confinados y por muros armados. Como por ejemplo para ser considerado un ladrillo su composición principal debe ser la arcilla y concreto. Además, su dimensión y peso debe poder ser manipulada con una sola mano.

— **Normativa Técnica Peruana e070.** Dentro de las normas se encuentran las Normas legales 295, E070 que establece los requisitos y las exigencias mínimas para el análisis, el diseño, los materiales, la construcción, el control de calidad y la inspección de las edificaciones de albañilería estructuradas principalmente por muros confinados y por muros armados. Como por ejemplo para ser considerado un ladrillo su composición principal debe ser la arcilla y concreto. Además, su dimensión y peso debe poder ser manipulada con una sola mano.

— **Normativa Técnica Peruana 399.613.** Esta Normativa Técnica tiene como objeto de estudio establecer los métodos de ensayo y muestreo de los ladrillos de arcilla cocida. Esta normativa técnica ha sido seleccionada ya que el ladrillo de arcilla cocida es el elemento de construcción más utilizado en el Perú, predominando sobre por ejemplo los bloques de concreto.

En esta norma técnica, se establecen los procedimientos para la realización de las distintas pruebas que se ejecutan sobre estos ladrillos de arcilla entre las que destaca la prueba de compresión.

La prueba de resistencia a la compresión determina la cantidad de presión que podrá soportar el ladrillo de arcilla. Se utiliza una muestra de unidades con dimensiones de ancho y altura similares a la unidad de la cual se quiere hacer la prueba y que tenga una longitud igual a media unidad $\pm 25\text{mm}$. La máquina con la que se hará la prueba debe cumplir con la norma ASTM E4.

Los procedimientos de ejecución de la prueba empezarán con el apoyo superior, que será un bloque metálico endurecido, asentado esférica y firmemente fijo en el centro del cabezal superior de la máquina (rótula). El centro de la rótula deberá estar alineado con el centro de la superficie que estará en contacto del bloque.

Básicamente la máquina consistirá en una especie de plancha, que irá bajando y comprimiendo el ladrillo, hasta tal punto que sea la mitad de la máxima carga esperada. Después de llegar a esta carga, se deberá ajustar la máquina para que la carga remanente sea aplicada con una velocidad constante por un intervalo de tiempo de no menos de un minuto ni más de dos minutos.

Para realizar el cálculo y obtener la presión que podrá soportar el ladrillo, se utilizará la siguiente fórmula:

$$C = W/A$$

Donde:

C = Resistencia a la compresión del espécimen, MPa

W= Máxima carga en N, indicada por la máquina de ensayo

A= Promedio del área bruta de las superficies de contacto superior e inferior del espécimen (ladrillo). (NTP 399.613, 2005).

3.5.2. Regulación legal de una planta de producción de ladrillos

Además de las normativas relacionadas a los ladrillos en sí, también existen también regulaciones específicas para las plantas de producción de ladrillos.

3.5.2.1. Constitución de la empresa

Antes de iniciar el proceso de constitución de una empresa o sociedad se debe evaluar el tipo de negocio que deseas montar, el capital inicial y cómo lo vas a financiar; así como la aceptación que tendrá entre los posibles clientes y, por supuesto, las obligaciones tributarias que se deberá asumir. Para esto, se debe proceder a la inscripción de la empresa en los Registros Públicos mediante Ley N° 26366, se crea el Sistema de Nacional de Registros Públicos, y la Superintendencia Nacional de Registros Públicos – SUNARP.

- Reserva del nombre de la empresa, es importante que el nombre de la empresa no esté repetido.
- Elaboración de la Minuta de Constitución de la Empresa o Sociedad que identifica el titular de la empresa o los miembros de la sociedad para constituir la persona jurídica donde se define el Acto constitutivo.
- Acreditación de la empresa, se define el tipo de capital que tendría la empresa.
- Presentación del Acto constitutivo ante un notario.
- Inscripción de la empresa o sociedad en el Registro de Personas Jurídicas de la Sunarp
- Inscripción al RUC para Persona Jurídica.

3.5.2.2. Licencias y autorizaciones

La Municipalidad Provincial de Piura, en cumplimiento de la Ley 28976 Ley Marco de Licencia de Funcionamiento y, del Decreto Ministerial N° 088-2015-PCM, mediante la

Ordenanza Municipal N° 135-04-CMPP de fecha 30 de septiembre de 2016 aprueba la Modificación de la Ordenanza Municipal N° 135-00-CMPP, que aprobó el Texto Único de Procedimientos Administrativos TUPA disponiendo un régimen simplificado para la obtención de Licencia de funcionamiento.

- Se completa un formulario denominado “Declaración Jurada para Trámites tupa – para solicitar licencia de funcionamiento”.
- La presentación del Formulario se efectúa ante la Unidad de Atención al Ciudadano en los módulos de la Municipalidad de Piura.
- Se realiza un pago de las tasas correspondientes que incluye el costo del Certificado de Inspección Técnica de Seguridad en Edificaciones otorgado por la Oficina de Defensa Civil, cuando corresponda y la Licencia de Funcionamiento.
- Se requiere realizar inspecciones previas o posteriores por parte de la Municipalidad de Piura sobre el establecimiento.
- Se deben obtener los distintos niveles de aprobación del funcionamiento de la planta:

Tabla 13. Niveles de aprobación para el funcionamiento de una planta

| Si el giro se ubica en el anexo | El funcionario encargado es: |
|--|-------------------------------------|
| I | Jefe de División de Licencias |
| II | Gerente de Servicios Comerciales |
| | Jefe de División de Licencias |
| III | Gerente de Servicios Comerciales |
| | Jefe de División de Licencias |

Fuente: SUNARP

3.5.2.3. Certificado de Defensa Civil

El cual acredita que el lugar donde se desempeñan las actividades cuenta con todas las medidas de seguridad que manda la ley, de acuerdo con la Ley 30619 el 3 de julio del 2017 “LEY QUE MODIFICA LA LEY 28976, LEY MARCO DE LICENCIA DE FUNCIONAMIENTO, ACERCA DE LA VIGENCIA DEL CERTIFICADO DE INSPECCIÓN TÉCNICA DE SEGURIDAD EN EDIFICACIONES”

El certificado de inspección técnica de seguridad en edificaciones tendrá una vigencia de dos años, a partir de su expedición, y eso será aplicable tanto para negocios que buscan iniciar sus actividades.

3.5.2.4. Informes SUNAT sobre Libros y Registros

De acuerdo con el INFORME N°065-2010: Los libros y registros vinculados a asuntos tributarios que se encuentra obligada a llevar una empresa dependerá, principalmente de los tributos afectos y del Régimen Tributario aplicable.

La Ley del Impuesto a la Renta establece que las empresas se encuentran adicionalmente obligadas a llevar en caso les corresponda, los siguientes libros o registros:

- Registro de Activos Fijos.
- Registro de Costos.
- Registro de Inventario Permanente en Unidades Físicas.
- Registro de Inventario Permanente Valorizado.

3.5.2.5. Legislación laboral

Según la ley N°28015, Ley de Promoción y Formalización de la Micro y Pequeña Empresa, cuya vigencia ha sido prorrogada durante 3 años en virtud de la Ley N.°30056, Ley que modifica diversas leyes para facilitar la inversión, impulsar el desarrollo productivo y el crecimiento empresarial. Texto Único Ordenado aprobado mediante Decreto Supremo N°007-2008-TR, vigente desde el 01 de octubre del 2008. Orientado a una pequeña empresa de entre 11- 50 trabajadores, como se especifica en la evaluación técnica.

Con respecto a la salud del trabajador:

- Deben estar registrados en el régimen contributivo de Essalud, en donde el empleador deberá aportar a Essalud el 9% de lo que perciba el trabajador.
- Tienen derecho a estar asegurados al Sistema Nacional de Pensiones (SNP / ONP), o al Sistema Privado de Pensiones (AFP).
- Contar con el Seguro Complementario de Trabajo de Riesgo-SCTR en caso realice actividades riesgosas.



Capítulo 4

Metodología

En este capítulo se realizará una descripción acerca del planteamiento del problema a resolver, identificando sus causas directas e indirectas. Además, se detallarán el objetivo general del proyecto y los objetivos específicos. Se describirán la hipótesis que se quiere comprobar y las herramientas y técnicas utilizadas a lo largo del proyecto.

4.1. Planteamiento del problema

El problema abordado por este trabajo consiste en la contaminación producida por los residuos plásticos. Mayoritariamente de parte de los tipos de plástico PET, los cuales se encuentran en envases de agua, bebidas gasificadas, etc; PVC, generados principalmente en proyectos de construcción; de polietileno de baja densidad (PEBD), material que compone la inmensa cantidad de bolsas de plástico utilizadas en supermercados, mercados, tiendas, etc.

El problema surge principalmente cuando las personas que consumen productos como agua mineral, bebidas gasificadas, desechan los envases después del primer uso. La misma situación ocurre con las bolsas plásticas, las cuales pueden tardar en biodegradarse aproximadamente 150 años o hasta 1000 años si permanecen enterradas (Aqua Fundación, 2019). Los centros de recolección de basura tienen una gran acumulación de estos materiales, y muchas veces no se les da un tratamiento adecuado para poder reutilizarse. Además, existe una gran cantidad de residuos plásticos que son arrojados a las vías públicas contaminando así la ciudad y su vista.

Para el caso de los envases biodegradables, se libera metano en su descomposición (BBC, 2011), el cual es un gas de efecto invernadero. Muchos de los residuos plásticos que se acumulan, son desechados en ecosistemas marinos, los cuales son ingeridos por los animales que habitan ahí, causando severos, o incluso a veces fatales, problemas de salud.

La contaminación por residuos plásticos en la ciudad de Piura es un problema latente y al cual no se le presta la importancia que debería. Cada año la población piurana genera una contaminación por plásticos de aproximadamente 19'980.000 toneladas (sólo en bolsas plásticas) (El Tiempo, 2018). Lo más preocupante es el hecho de que una ínfima proporción de estos residuos son reciclados; el 0.3% de bolsas, botellas, entre otros plásticos que las municipalidades recogen es recuperado y un 43,7 % termina en el mar (El Tiempo, 2018). Si a eso se le suma la contaminación de otros residuos plásticos generados en obras de construcción (Policloruro de vinilo: PVC) o por el consumo de bebidas embotelladas (politereftalato de etileno: PET), se puede llegar a la conclusión de que es necesario que la misma población tome consciencia de la importancia del medio ambiente y que tengan opciones de utilizar estos residuos para su propio beneficio.

4.1.1. Causas directas

La primera causa sería la escasa existencia de alternativas productos hechos de plástico. Actualmente es más factible realizar procesos de manufactura con plástico que con otros materiales ya que es más barato y cómodo en el uso para los usuarios. No se ha encontrado aún una alternativa a este material con las mismas características y con el mismo precio.

Poco interés de la población por tener una cultura del reciclaje. Si bien es cierto en los últimos años se ha incentivado mucho la tendencia de ayuda al medio ambiente, aún existen muchos sectores de la población que no tienen algún tipo de interés por seguir esta tendencia y contribuir con un impacto medioambiental positivo. Se sigue con el mismo hábito de arrojar los residuos en las vías públicas y no en basureros. Esto también representa una oportunidad de mercado ya que existen muchos recolectores independientes de desechos plásticos que acumulan estos productos y que luego los venden a centros de recolección. La adquisición de estos materiales resulta ser muy barata y también se contribuiría con la economía local.

4.1.2. Causas indirectas

Aquellos factores que dan pie a las causas directas están relacionados principalmente con la versatilidad de uso que tiene el plástico, así como el bajo precio de producción. En cuanto al escaso interés de la población, se puede atribuir su causa raíz al hecho de la falta de campañas de concientización eficientes en nuestro país y la falta de inversionistas en el rubro de reciclaje. Las causas directas e indirectas se pueden organizar de la siguiente forma, en la cual el cuadro central es el problema central; los cuadros inferiores, las causas primarias y secundarias; y los cuadros superiores, los efectos primarios y secundarios.

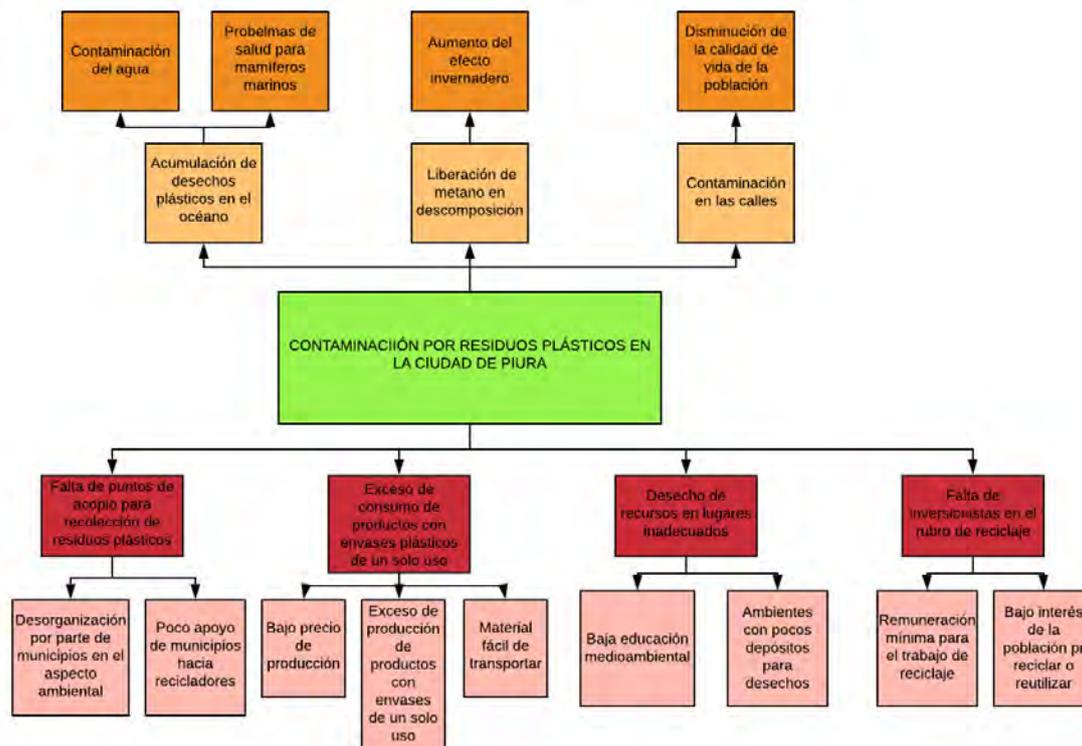


Figura 34. Árbol de problemas

Fuente: Elaboración propia

4.2. Objetivos

Los objetivos del proyecto se pueden dividir en generales y específicos, descritos a continuación.

4.2.1. Objetivo general

Diseñar el proceso de producción de ladrillos basados en plástico reciclado con indicadores de calidad similares o superiores a los de un ladrillo convencional, en un plazo de 2 meses y medio y con un presupuesto de 250 soles.

4.2.2. Objetivos específicos

- Describir la situación actual y el contexto de las industrias de la construcción en la ciudad de Piura.
- Determinar la dosificación adecuada de materiales que necesita un ladrillo ecológico para considerarse de igual o superior calidad que uno convencional.
- Utilizar el estudio de mercado para determinar el segmento de mercado al cual va dirigido.

- Obtener el prototipo de un ladrillo ecológico óptimo con un color uniforme, sin vitrificaciones, sin fracturas ni vetas blanquecinas.
- Determinar la ubicación de cada área que una fábrica de ladrillos ecológicos debería de tener.
- Elaborar un plan de marketing para poder posicionar el producto en el mercado.
- Establecer los procesos óptimos que necesitan realizarse para que el ladrillo ecológico cumpla con las especificaciones requeridas.
- Determinar y saber reconocer las fuentes confiables en las cuales se encontrarán la información necesaria.
- Establecer un presupuesto por medio de la investigación, el cual se respete durante el desarrollo del proyecto.
- Aprender a elaborar citas bibliográficas para registrar las fuentes a las cuales se concurren en busca de información.
- Establecer un cronograma el cual sea cumplido a lo largo del proyecto.
- Determinar los costos finales que demandará la realización del proyecto.

Adicionalmente el proyecto tiene objetivos sociales y medioambientales para solucionar los problemas descritos en la sección 1. Planteamiento del Problema. Esto se puede observar en el siguiente árbol de objetivos, cuyo cuadro central es el objetivo principal; los cuadros inferiores, los medios para lograr el objetivo; y los cuadros superiores, los fines del proyecto.

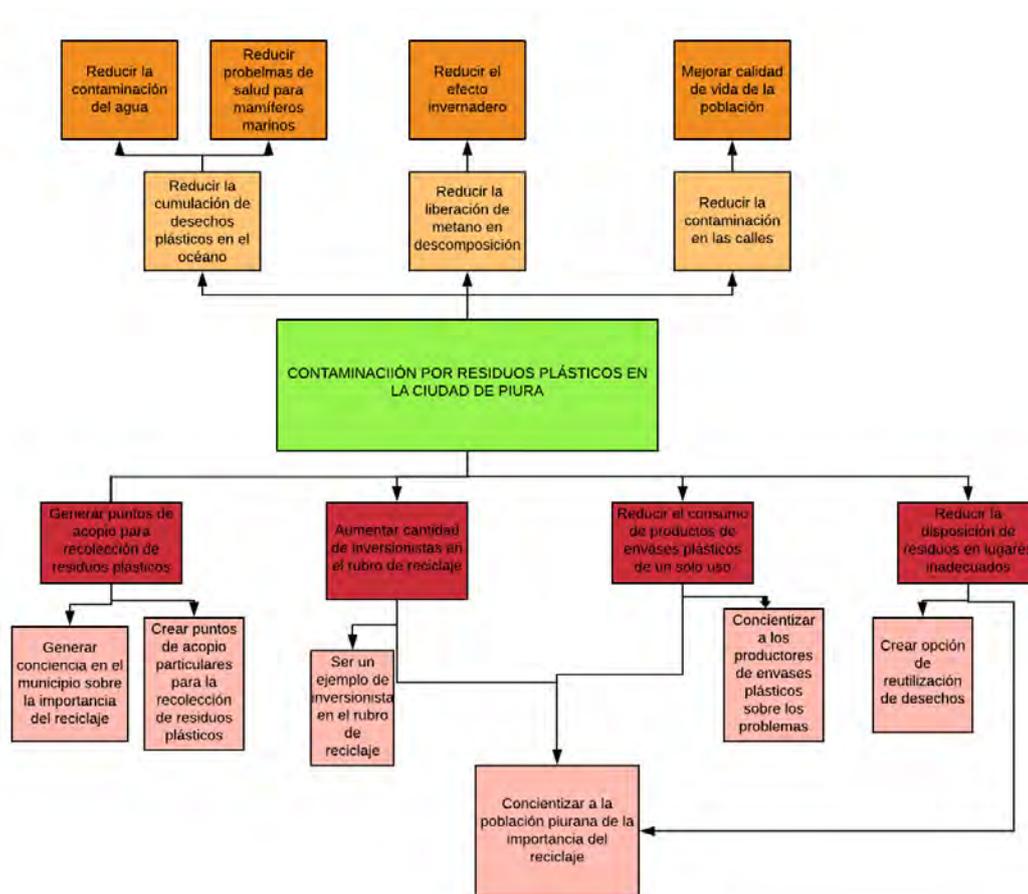


Figura 35. Árbol de objetivos

Fuente: Elaboración propia

4.3. Justificación

Lo que se pretende realizar con este proyecto es la implementación de un sistema de producción de ladrillos fabricados con residuos plásticos previamente triturados, con el fin de reducir el exceso de desperdicios plásticos que como se mencionó en un inicio, demoran miles de años en desintegrarse.

Se implementará un sistema de reciclaje en el que se integren distintos organismos dedicados a este rubro y la propia ciudadanía. Sumado a ello, hay desperdicios que no pueden ser reciclados pero que también se usarán para la producción de estos ladrillos ecológicos. De esta manera se generará un mejor uso de los desperdicios en la ciudad de Piura, contribuyendo así a la prevención y cuidado del medio ambiente.

Por otro lado, la producción de estos ladrillos es mucho más económica que la de los ladrillos convencionales, lo que significa que la inversión para proyectos de construcción será mucho menor. Esto generará un incentivo a las familias piuranas para que realicen

construcciones adecuadas a un menor costo y si se analiza desde un ámbito mayor, se pueden utilizar para la reconstrucción de la ciudad, que fue afectada por el fenómeno del niño en el año 2017.

Cabe recalcar que el proyecto busca generar consciencia en el resto de las empresas del ámbito de construcción sobre el cuidado del medio ambiente y la importancia de la ayuda social.

4.4. Hipótesis

Una hipótesis es una predicción que será confirmada o negada por medio de la investigación. Es una herramienta fundamental de comprobación de los supuestos con la realidad. Se puede señalar las relaciones o vínculos que existentes entre las variables y cuáles de ellas se deben estudiar, sugieren una explicación de los hechos y orientan la investigación en otros, sirve para establecer la forma en que debe organizarse eficientemente el análisis de los datos.

Formulada la Hipótesis General: Fabricar ladrillos ecológicos en base de plástico reciclado reduce el plástico y además tiene las mismas propiedades o similares que un ladrillo convencional.

Obteniendo las siguientes predicciones específicas a comprobar durante todo el proyecto:

- Se reduce la utilización de plástico mediante la aplicación de este como materia prima para la elaboración de ladrillos ecológicos.
- El prototipo es altamente valorado en los sectores de bajos recursos.
- Es posible diseñar un ladrillo basado en plástico reciclado con la misma calidad de un ladrillo convencional.
- El ladrillo ecológico es más resistente a la humedad.
- Es rentable la fabricación en lotes del prototipo.

4.5. Herramientas y técnicas

A continuación, se detallarán las técnicas utilizadas en el proyecto.

4.5.1. Estudio de mercado

Se emplearán técnicas tradicionales para identificar el estado actual del mercado en el que operará la fábrica de ladrillos ecológicos.

- **Análisis de las fuerzas de Porter:** Servirá para definir el sector industrial en el cual competirá la empresa, pues análisis se determinarán las fuerzas externas del entorno:

rivalidad entre competidores existentes en el sector industrial, la amenaza de productos o servicios sustitutos, la amenaza de nuevos competidores, el potencial de negociación del cliente y el potencial de negociación del proveedor). La acción conjunta de estas fuerzas determina la rentabilidad potencial en es indispensable para determinar las estrategias competitivas que deberá adoptar. En este el sector, medida a través del rendimiento a largo plazo del capital invertido, además de la intensidad competitiva a la que la empresa se enfrentará (Porter, 1997).

- **Segmentación de mercados:** Servirá para identificar el mercado potencial, disponible y objetivo para los ladrillos ecológicos.
- **Encuestas:** Servirán para definir comprobar que el grupo demográfico determinado como objetivo en la segmentación de mercado sería realmente el más interesado en la adquisición de los ladrillos ecológicos.

4.5.2. Elaboración del prototipo

Se describirán los procesos mencionados en el marco teórico para la obtención de un ladrillo ecológico, describiendo de forma teórica cuál sería la manera óptima de realizarlos:

- Lavado (del plástico a ser utilizado)
- Triturado
- Aglutinamiento
- Curado
- Secado

Además, se describirán las pruebas pertinentes que se deberá hacer al prototipo del ladrillo ecológico para probar su rendimiento en comparación al de un ladrillo convencional.

4.5.3. Ingeniería del proyecto

Para determinar la localización óptima se utilizará el método de factores ponderados, el cual evalúa aspectos como Estratificación del Factor de Terreno, Estratificación de Factor de Construcción, Estratificación del Factor de Cercanía a Materia Prima, entre otros y obtiene puntajes para las diversas opciones, para elegir ubicación óptima a aquella que obtenga el más alto. Para determinar la distribución en planta se evaluará entre diversos métodos de determinación (según determinación de cuál es el más adecuado): Distribución por posición fija, Distribución por procesos, Distribución por producto, en cadena o serie. Además, se realizarán planos de la distribución y se obtendrá un Manual de Procesos (MAPRO), para describir a detalle los procesos que deberán realizar los operarios; y un Manual de Operaciones

y Funciones (MOF), para determinar las funciones de todo el personal necesario para la empresa.

4.5.4. Estudio y evaluación económica y financiera

Se utilizarán las siguientes técnicas:

- **Estudio financiero y de proyecciones** para determinar cómo deberá la empresa manejar sus finanzas (financiamiento, préstamo, etc.).
- **Análisis de Punto de equilibrio:** Se realizará el análisis del punto de equilibrio, en el cual se determinará la cantidad de unidades que se deben vender para no tener pérdidas ni ganancias.
- **Evaluación del TIR, VAN:** Los cuales permitirán evaluar la rentabilidad, viabilidad y rentabilidad de los propietarios del proyecto.

4.5.5. Plan de Marketing

Para esta sección del proyecto se utilizará:

- **4 P's de Marketing:** Se definirá claramente el producto, precio, punto de venta y promoción para que la empresa pueda tener el alcance deseado para cumplir los objetivos del proyecto.
- **Plan de acción:** En el cual se describirá detalladamente los pasos que deberá seguir la empresa para cumplir con lo establecido por las 4 P's.

Capítulo 5

Estudio de Mercado

En el presente capítulo se desarrollará un estudio de mercado para determinar el segmento de mercado al cual irá dirigido el ladrillo basado en plástico reciclado, y determinar la situación actual de este (Riesgos, oportunidades, productos y empresas competidoras, etc.). A partir de este estudio se determinará el plan de marketing que deberá seguir la empresa. La hipótesis inicial del proyecto es que el público objetivo de los ladrillos serán las poblaciones de bajos recursos de la región Piura.

5.1. Objetivos específicos

El estudio de mercado buscará específicamente aclarar lo siguiente:

- El público objetivo al cual va dirigido el ladrillo basado en plástico reciclado. Confirmar o corregir la hipótesis inicial.
- Las características demográficas del público objetivo.
- Aquellas especificaciones del producto que buscan los clientes, de tal manera que sea considerado como un ladrillo de calidad.
- El estado actual de las empresas de producción de ladrillos (volumen de producción, empleos generados, precios, etc.). Oferta y demanda de ladrillos.
- Principales canales de distribución de las empresas productoras de ladrillos en la región.

5.2. Diagnóstico del mercado regional

Barranzuela (2014), determina que existen 3 categorías de ladrilleras en el Perú (y por lo tanto también en la región Piura), de acuerdo con su enfoque productivo: Ladrilleras artesanales, semi-industriales e industriales. En la región Piura sólo se fabrican ladrillos de las dos primeras categorías; la diferencia entre estas radica, esencialmente, en el uso de herramientas y equipo industrial para las semi-industriales, a comparación de las herramientas manuales para las artesanales.

5.2.1. Zonas ladrilleras

La mayor cantidad de empresas ladrilleras en la región están concentradas en la provincia de Morropón. De acuerdo con la Dirección Regional de Producción de Piura, como es citado en Soriano (2014), actualmente existen 323 empresas ladrilleras en la región. Soriano (2014), afirma que el estudio de la DIREPRO- Piura también indica un estimado promedio de la producción por empresa en cada distrito, la cual depende, casi en su totalidad, de la tecnología del horno que emplea cada una. Toda esta información se encuentra detallada en la siguiente tabla:

Tabla 14. Empresas ladrilleras de la región

| Provincia | Distrito | N° de Empresas | Total, por Provincia | Producción Promedio (Millares/empresa) | Producción promedio (Millares/distrito) |
|-----------------|---------------------|----------------|----------------------|--|---|
| Morropón | Chulucanas-Morropón | 102 | 113 | 24.5 | 2509.2 |
| | Buenos Aires | 11 | | 24.6 | 269.5 |
| Paíta | La Huaca | 40 | 40 | 33.2 | 1328 |
| Sullana | Ignacio Escudero | 13 | 68 | 24.92 | 323.96 |
| | Querecotillo | 55 | | 31.74 | 1745.7 |
| Piura | La Unión | 44 | 102 | 12 | 528 |
| | Castilla | 5 | | 12 | 60 |
| | Catacaos | 36 | | 10 | 360 |
| | Piura | 17 | | 10 | 170 |
| Total | | | 323 | 182.96 | 7294.36 |

Fuente: Elaboración Propia, a partir de Soriano (2014)

En la siguiente figura se aprecia la distribución de estas zonas en un mapa geográfico:

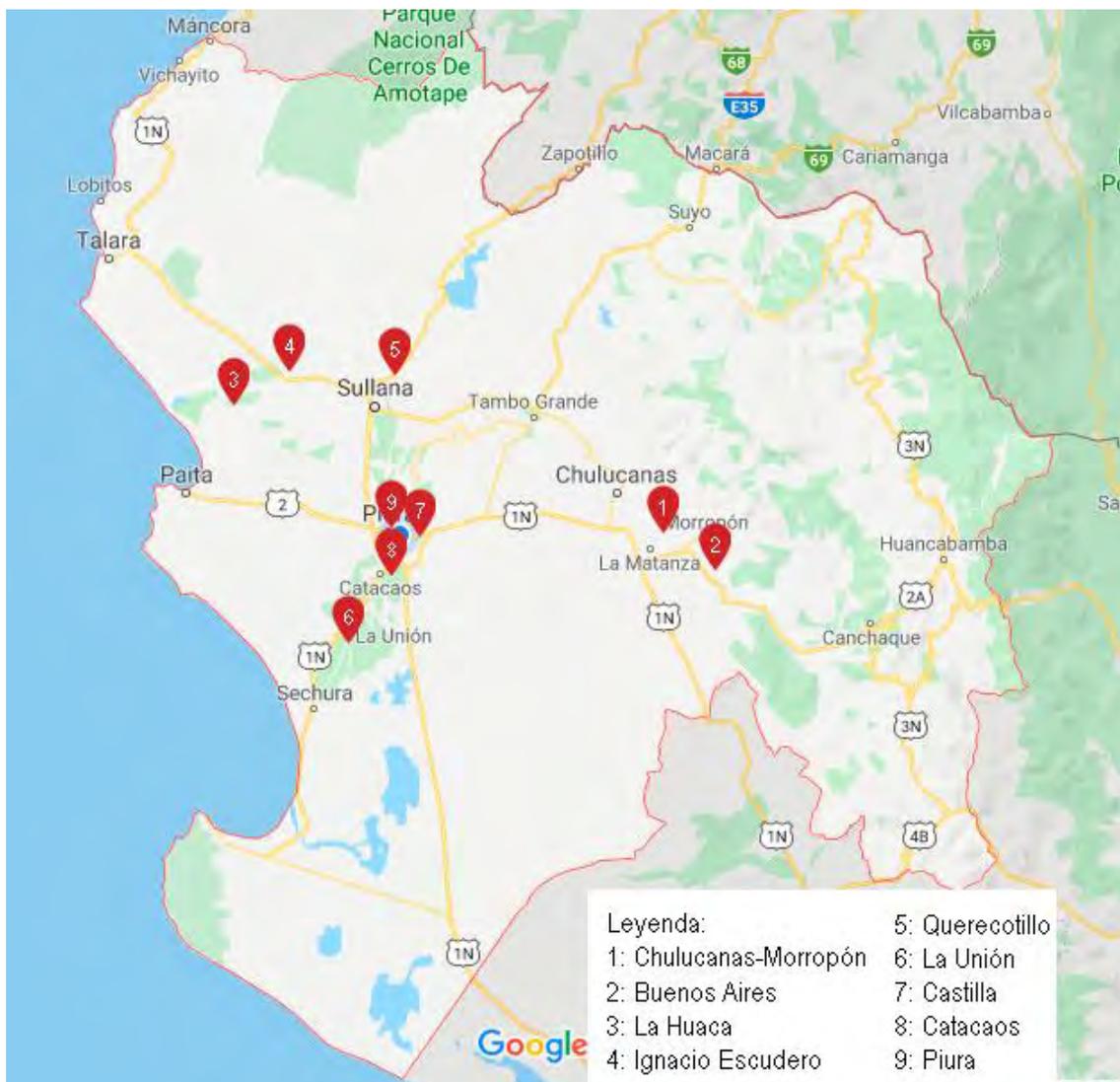


Figura 36. Mapa de zonas productoras de ladrillos

Fuente: Elaboración Propia, a partir de Google Maps

En esta figura se observa una tendencia a concentración en 3 puntos específicos de las provincias de Sullana, Piura y Morropón. Esta tendencia se puede explicar por la cercanía que ofrecen a las fuentes de materia prima necesaria para los fabricantes de ladrillos (ríos), y a la cercanía con las carreteras (vías de transporte para comercialización). Según Barranzuela (2014), la zona que cuenta con la arcilla más adecuada para la producción de ladrillos convencionales (fácil moldeo, alta resistencia) es Chulucanas-Morropón, dada su proximidad a los macizos graníticos del área; es por esto por lo que casi el 32% de la producción de ladrillos de la región se concentra ahí.

5.2.2. Cadena de suministros

La cadena de suministros de las empresas ladrilleras en la región de Piura cuenta con cuatro tipos de entes: Proveedores, productores (las empresas mismas), distribuidores y consumidores finales. Dado que la empresa productora de ladrillos ecológicos no necesita de los mismos suministros que los de las de ladrillos tradicionales, en el presente trabajo no es relevante detallar los abastecedores, pero el esquema general será muy similar. Este se puede apreciar en la siguiente figura.

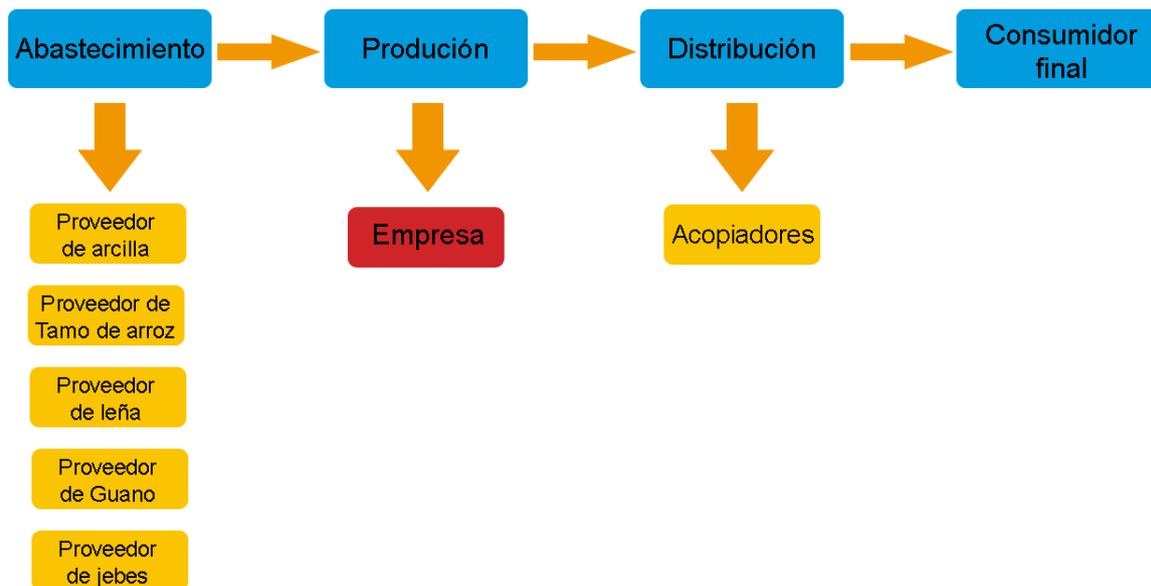


Figura 37. Cadena de suministros de empresas ladrilleras en Piura

Fuente: Elaboración propia, a partir de Soriano (2014)

5.3. Identificación del segmento

Para el estudio fue necesario identificar de manera clara las características que debe tener el mercado donde se pretende ofertar el producto. Es por ello que se procedió a detallar las siguientes variables que se utilizarán para determinar el nicho de mercado al cual aplicar.

5.3.1. Segmentación geográfica

La segmentación geográfica divide el mercado según la ubicación de residencia de los clientes y en donde se ubicará el producto. De acuerdo con la zona donde se va a realizar la investigación puede variar los resultados.

En el departamento de Piura tiene una extensión territorial de 35 892.49 Km.² equivalente al 2.8% del territorio nacional. El departamento está dividido en 8 Provincias y 64 distritos. Contando con una población de 1 858 617 mil según INEI Compendio Estadístico Piura 2017.

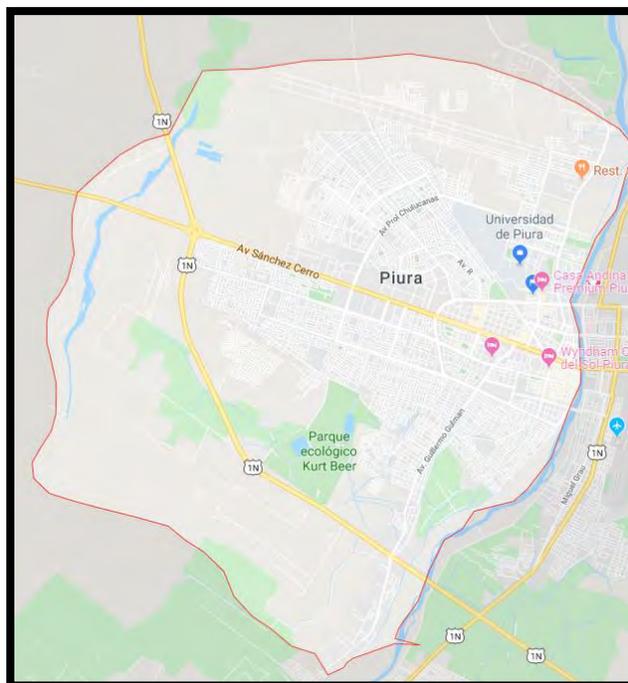


Figura 38. Distritos incluidos en la segmentación

Fuente: Elaboración propia, a partir de Google Maps (2019)

Por lo tanto, se tiene un mercado potencial de 475047 de población. Sin embargo, se ha escogido la Zona alejadas de Piura como: Chaquira, la arena, Jesús Maria, Vichayal, Catacaos, Castilla, etc. Centros poblados donde la construcción de material noble no es una opción para ellos.

Tabla 15. Población de Piura

| Distritos | Población |
|--------------|-----------|
| Piura | 158 495 |
| Castilla | 160201 |
| Catacaos | 75870 |
| Cura Mori | 18671 |
| El tallan | 5387 |
| La arena | 38734 |
| La unión | 41742 |
| Las lomas | 26947 |
| Tambo Grande | 107495 |
| Total | 475047 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de INEI (2017)

5.3.2. Segmentación Demográfica

En la segmentación demográfica, el mercado se divide por variables como ingresos, edad, género y nivel educativo.

En el caso de los ladrillos, los consumidores serán hombres y mujeres que poseen entre 30 y 60 años, pues este rango de edad es donde la población empieza a pensar en construir su vivienda y en donde pueden adquirir su crédito de vivienda. Además, se considera solo para zonas rurales donde pueda ser de utilidad nuestro prototipo

Tabla 16. Población de Piura entre 30 y 60 años

| Districtos | Hombre | Mujer |
|--------------|--------|-------|
| Piura | 2896 | 2591 |
| Castilla | 553 | 519 |
| Catacaos | 1043 | 992 |
| Cura Mori | 1182 | 1068 |
| El tallan | 548 | 514 |
| La arena | 1598 | 1492 |
| La unión | 301 | 288 |
| Las lomas | 8424 | 7537 |
| Tambo Grande | 32046 | 29260 |
| Total | 48591 | 44261 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de INEI (2017)

Tabla 17. Población seleccionada

| Districtos | 30 - 34 | 35 - 39 | 40 - 44 | 45 - 49 | 50 - 54 | 55 - 59 |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Piura | 23,160 | 21,380 | 20,187 | 17,527 | 14,669 | 12,476 |
| Castilla | 11,114 | 10,515 | 9,369 | 7,600 | 6,187 | 5,131 |
| Catacaos | 5,194 | 4,829 | 4,605 | 3,813 | 3,116 | 2,494 |
| Cura Mori | 1,245 | 1,261 | 1,103 | 929 | 710 | 494 |
| El tallan | 326 | 330 | 255 | 198 | 176 | 169 |
| La arena | 2,395 | 2,411 | 2,125 | 1,905 | 1,560 | 1,177 |
| La unión | 2,681 | 2,511 | 2,296 | 2,106 | 1,579 | 1,219 |
| Las lomas | 1,826 | 1,679 | 1,665 | 1,290 | 1,122 | 965 |
| Tambo Grande | 8,900 | 8,210 | 6,857 | 5,570 | 4,542 | 3,796 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de INEI (2017)

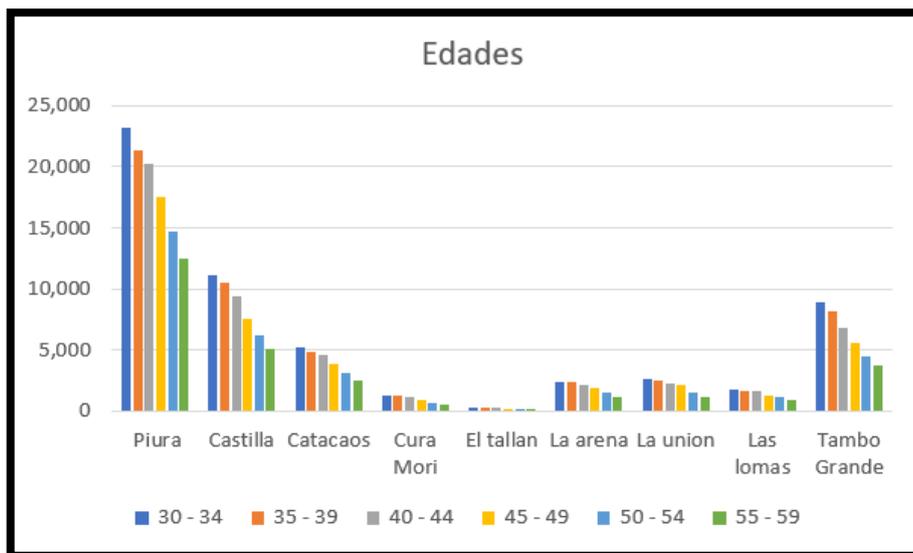


Figura 39. Gráfico de barras

Fuente: Elaboración propia, a partir de INEI (2017)

5.3.3. Población Económicamente Activa

Población económicamente activa, población en edad de trabajar y población ocupada, índice de empleo de los distritos de Piura. Remuneración mínima vital, e ingreso promedio proveniente del trabajo. Teniendo un ingreso promedio de 952,3 al año 2017 según el Compendio Estadístico de Piura 2017.

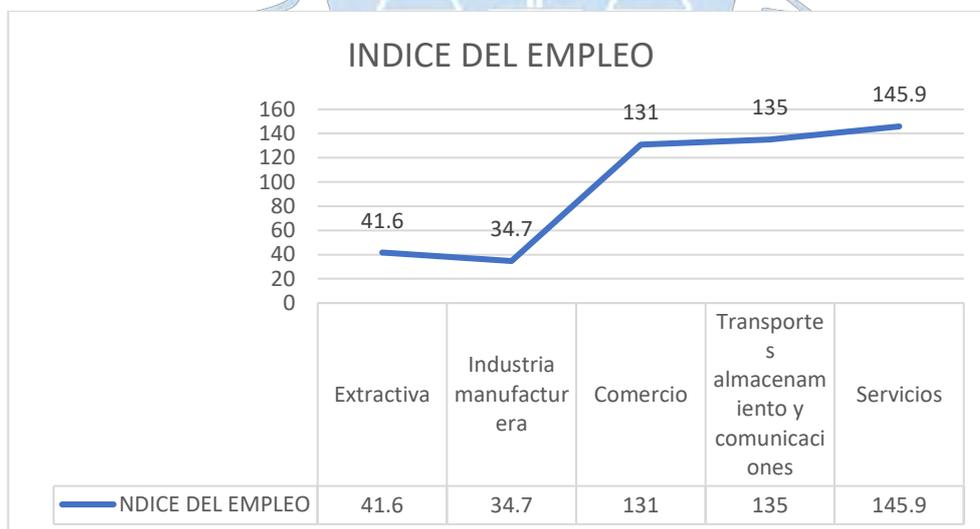


Figura 40. Gráfico del índice de empleo en Piura

Fuente: Elaboración propia, a partir de INEI (2017)

5.3.4. Investigación Cuantitativa

Se realiza un estudio de mercado para cuantificar la oferta y la demanda que tendría la salida de un nuevo producto de construcción. Dado que el producto propuesto en este proyecto no cuenta con antecedentes similares, no hay como calcular o cuantificar el alcance de la demanda, por lo que fue necesario recurrir a la aplicación de una serie de técnicas e instrumentos que permitieron recolectar la información requerida, para ello se eligió una población y una muestra tomada de los posibles consumidores del producto.

Las encuestas son una manera asequible y confiable de recopilar información sobre el mercado objetivo. Consiste en una serie de preguntas, cuyas respuestas permiten cuantificar la información requerida. Con la finalidad de encontrar la aceptación de los ladrillos ecológicos. (Véase apéndice 1).

Los resultados obtenidos de las encuestas son:

Pregunta 1: Distritos

Tabla 18. Resultados de la pregunta 1

| Distrito | Número de personas | Porcentaje (%) |
|-------------|--------------------|----------------|
| Catacaos | 5 | 6 |
| Castilla | 19 | 22 |
| Cura Mori | 0 | 0 |
| El Tallán | 4 | 5 |
| La Arena | 3 | 3 |
| La Unión | 0 | 0 |
| Las Lomas | 2 | 2 |
| Piura | 53 | 61 |
| Tambogrande | 1 | 1 |
| Total | 87 | 100 |

Fuente: Elaboración propia

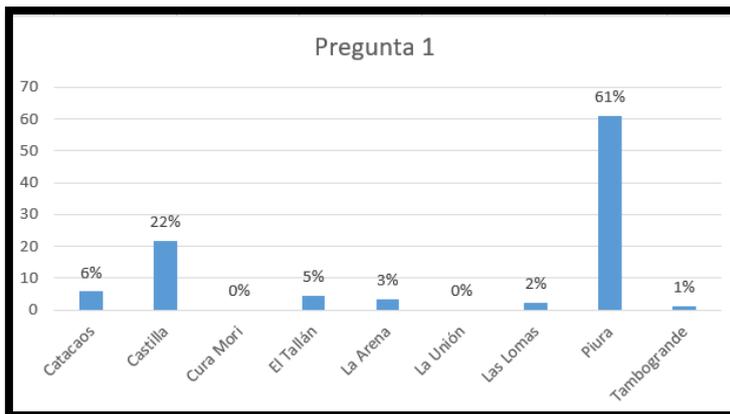


Figura 41. Diagrama de Barras de la pregunta 1

Fuente: Elaboración propia.

Según la figura, la mayoría de los encuestados son de la ciudad de Piura y le sigue Castilla con una diferencia de 39%.

Pregunta 2: ¿Tiene planificado la construcción y/o ampliación de vivienda?

Tabla 19. Resultados de la pregunta 2

| Alternativas | Número de personas | % |
|--------------|--------------------|----|
| SÍ | 83 | 95 |
| NO | 4 | 5 |

Fuente: Elaboración propia



Figura 42. Gráfico circular de la pregunta 2

Fuente: Elaboración propia

Se determinó que para todos los encuestados, el 95% si planea construir o seguir construyendo su vivienda.

Pregunta 3: ¿Qué estrategia usará para la construcción y/o ampliación de vivienda?

Tabla 20. Resultados de la pregunta 3

| Alternativas | Número de personas | Porcentaje (%) |
|---------------------------|--------------------|----------------|
| Lo construye por sí mismo | 7 | 8 |
| Contrata a una persona | 76 | 87 |
| No marcó | 4 | 5 |
| Total | 87 | 100 |

Fuente: Elaboración propia



Figura 43. Diagrama circular de la pregunta 3

Fuente: Elaboración propia

El 87% contrata a una persona para la construcción de su vivienda. Lo que nos hace pensar que nuestro mercado se encuentra en los albañiles de las zonas respectivas.

Pregunta 4: En su distrito, ¿qué materiales predominan para la construcción?

Tabla 21. Resultados de la pregunta 4.

| Alternativas | Número de personas | % |
|--------------------|--------------------|----|
| Ladrillo | 71 | 82 |
| Bloques de cemento | 13 | 15 |
| Madera | 3 | 3 |
| Otro | 0 | 0 |

Fuente: Elaboración propia

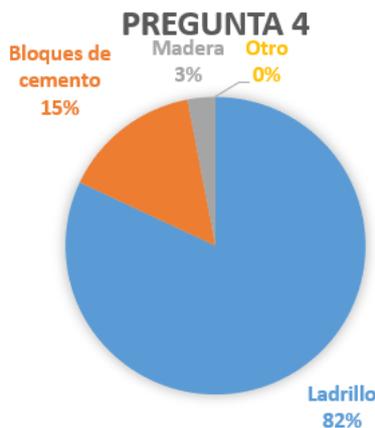


Figura 44. Diagrama circular de la pregunta 4

Fuente: Elaboración propia

El material que predomina más es el ladrillo con un 82% siguiendo por un bloque de cemento 15%. Existe una diferencia de 67% entre ambas.

Pregunta 5: ¿Cuál es el material que preferiría para la construcción?

Tabla 22. Resultados de la pregunta 5

| Alternativas | Número de personas | Porcentaje (%) |
|--------------------|--------------------|----------------|
| Ladrillo | 69 | 79 |
| Bloques de cemento | 15 | 17 |
| Madera | 3 | 3 |
| Otro | 1 | 1 |

Fuente: Elaboración propia

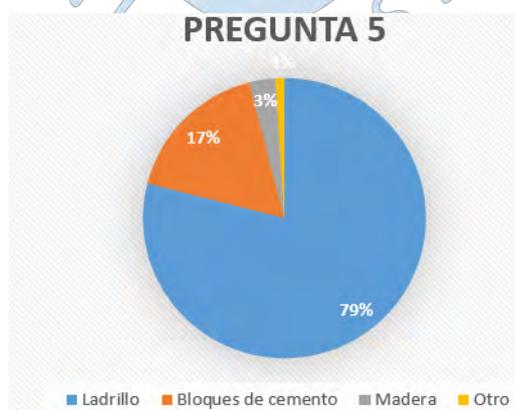


Figura 45. Diagrama circular de la pregunta 5

Fuente: Elaboración propia

En este punto a diferencia de la pregunta anterior de un 15% paso a un 17% la preferencia del material de construcción se puede inferir que depende mucho del precio la elección del material a usar.

Pregunta 6: ¿Cuál de las siguientes características considera de mayor importancia en un ladrillo, bloque de cemento, entre otros?

Tabla 23. Resultados de la pregunta 6.

| Alternativas | Número de personas | Porcentaje (%) |
|--------------------------------|--------------------|----------------|
| Resistencia | 17 | 20 |
| Peso | 16 | 18 |
| Precio | 28 | 32 |
| Amigable con el medio ambiente | 26 | 30 |

Fuente: Elaboración propia



Figura 46. Diagrama circular de la pregunta 6

Fuente: Elaboración propia

La siguiente pregunta tiene un porcentaje con una variabilidad menor entre todas las características. Sin embargo, predomina sobre todo el precio y que sea amigable con el medio ambiente porque entre ellas solo hay un 2%, una mínima diferencia. La menos valorada es el peso del ladrillo solo tiene el 18% de los encuestados.

Pregunta 7: ¿En qué lugar compra los ladrillos, bloque de cemento, entre otros?

Tabla 24. Resultados de la pregunta 7

| Alternativas | Número de personas | Porcentaje % |
|--------------|--------------------|--------------|
|--------------|--------------------|--------------|

| | | |
|---------------|----|----|
| Distribuidora | 42 | 48 |
| Ferretería | 21 | 24 |
| Fábrica | 24 | 28 |

Fuente: Elaboración propia

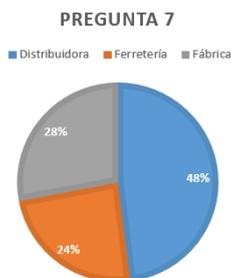


Figura 47. Diagrama circular de la pregunta 7

Fuente: Elaboración propia

La mayoría compra en distribuidora con un 48%, por lo tanto, se podría decir que nuestro canal de distribución queda decidido.

Pregunta 8: ¿De qué empresa de ladrillos u otro material solicita cuando los adquiere?

Tabla 25. Resultados de la pregunta 8

| Alternativas | Número de personas | % |
|------------------|--------------------|----|
| Ladrillos Tallán | 3 | 4 |
| Ladrillos Cortes | 38 | 44 |
| Grupo Quiroga | 28 | 32 |
| Otro | 17 | 20 |

Fuente: Elaboración propia

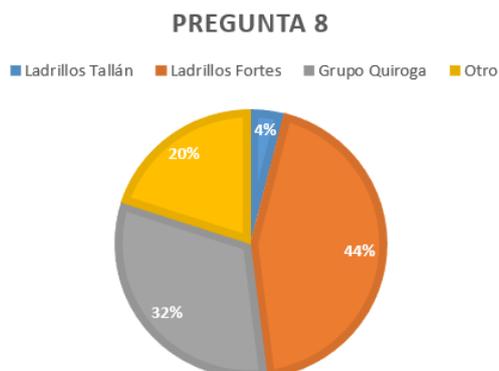


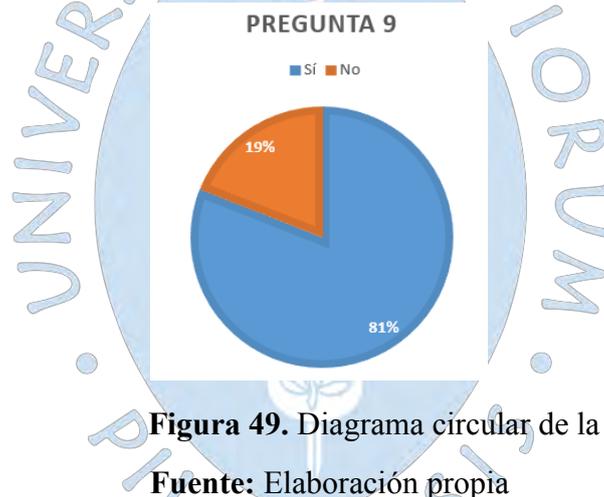
Figura 48. Diagrama circular de la pregunta 8**Fuente:** Elaboración propia

Los ladrillos Forte para este nicho de mercado tiene una gran influencia con un 44%. En conclusión, sería nuestro principal competidor.

Pregunta 9: ¿Compraría un bloque de cemento que tenga como componente plástico reciclado triturado y que posea características similares a las de un ladrillo convencional?

Tabla 26. Resultados de la pregunta 9

| Alternativas | Número de personas | Porcentaje (%) |
|--------------|--------------------|----------------|
| Sí | 70 | 81 |
| No | 17 | 19 |

Fuente: Elaboración propia**Figura 49.** Diagrama circular de la pregunta 9.**Fuente:** Elaboración propia

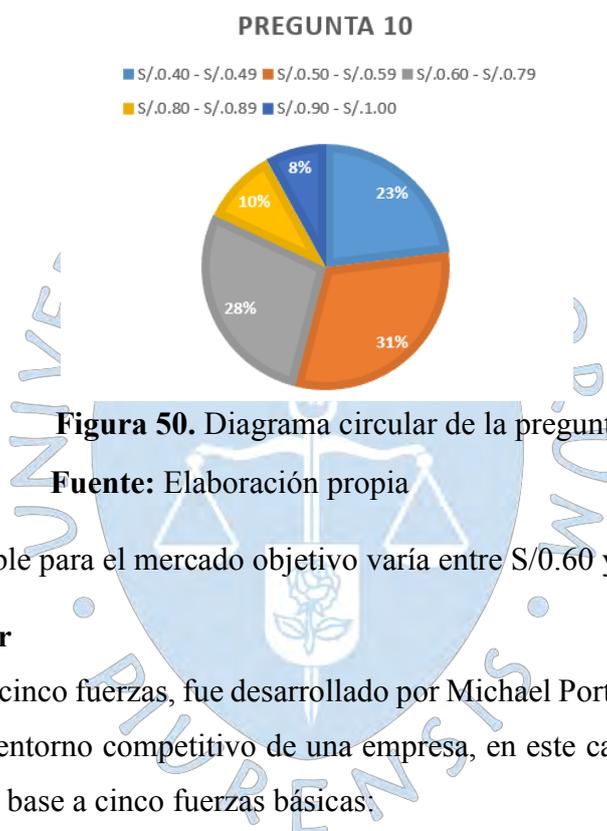
El 81% dio el visto bueno a la prueba de ladrillo con plástico reciclado. Gran parte de los encuestados está aceptando la utilización de nuestro prototipo.

Pregunta 10: ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por un bloque de cemento que tenga como componente plástico reciclado triturado y que posea características similares a las de un ladrillo convencional? (S/. por unidad)

Tabla 27. Resultados de la pregunta 10

| Alternativas | Número de personas | Porcentaje (%) |
|-------------------|--------------------|----------------|
| S/.0.40 - S/.0.49 | 20 | 23 |
| S/.0.50 - S/.0.59 | 27 | 31 |
| S/.0.60 - S/.0.79 | 24 | 28 |
| S/.0.80 - S/.0.89 | 9 | 10 |
| S/.0.90 - S/.1.00 | 7 | 8 |

Fuente: Elaboración propia

**Figura 50.** Diagrama circular de la pregunta 10

Fuente: Elaboración propia

El precio aceptable para el mercado objetivo varía entre S/0.60 y S/0.50 soles la unidad.

5.4. Análisis de Porter

O modelo de las cinco fuerzas, fue desarrollado por Michael Porter en 1987, y tiene como finalidad examinar el entorno competitivo de una empresa, en este caso aplicado al proyecto. Describe el entorno en base a cinco fuerzas básicas:

- La amenaza de nuevos entrantes.
- Poder de negociación de los clientes.
- El poder de negociación de los proveedores.
- Amenaza de productos y servicios sustitutos.
- Intensidad de la rivalidad entre competidores de un sector.

5.4.1. Amenaza de nuevos competidores entrantes

La gravedad de la amenaza depende de las barreras de entradas existentes o de la posibilidad de creación de nuevas empresas en el sector.

La primera de las barreras de entrada sería la correspondiente a las economías de escala. Al inicio de la implementación de una fábrica productora de ladrillos se requerirá de una mano de obra intensiva, y se contará con poca maquinaria lo que dificultará la creación de economías de escala. En el rubro de fabricación de ladrillos en la región Piura, por ejemplo, en Buenos Aires, se hacen por empresa, 2227 ladrillos al mes (Soriano, 2019). Lo cual indica que la producción es bastante alta, permitiendo abaratar el precio del ladrillo generando que el competidor tendrá dificultades al momento de introducirse en el mercado.

La segunda barrera de entrada sería la concerniente a la diferenciación del producto, la lealtad de los clientes. Se crea esta barrera cuando los competidores existentes tienen una imagen y un posicionamiento fuerte en el sector, por lo que un entrante debe gastar mucho dinero para vencer la lealtad de los clientes. Esta barrera es reducida, ya que las poblaciones de bajos recursos a la que va enfocado el proyecto, en su mayoría cuentan con viviendas hechas de material de baja calidad y quieren mejorar sus viviendas con ladrillos que sean mejores y que tengan un costo más bajo.

Las necesidades de capital, se convierte en una barrera de entrada. En un proyecto pasado se estimó que, para implementar una fábrica de ladrillos convencional, se estima un capital 818 909 dólares, con una capacidad de 1625 ladrillos por hora (Sacoto, 2013). Por lo que la inversión de capital es relativamente fuerte, si se quiere llegar a tener rentabilidad. Se tiene en cuenta el costo de la mano de obra, la adquisición de maquinaria, etc.

La cuarta barrera de entrada sería el costo de cambio de proveedor. Esta barrera es reducida, ya que no habrá costos por cambiar de proveedor de ladrillos. Las poblaciones de bajos recursos es muy probable que no cuenten con planificaciones de construcción, o con contratos que representen ataduras al momento de construir.

5.4.2. Poder de negociación de los clientes

Mide el comportamiento de los clientes frente al producto. Puede representar una amenaza ya que los clientes pueden forzar la baja de los precios o negociar por mayores niveles de calidad.

El poder de los clientes es, a priori, muy alto. Del total de la población, según el censo en Piura en el año 2007, solo el 25.8% de la población habita en zonas rurales (INEI, 2017). Esto es un indicador de que el grupo de clientes se encuentra concentrado, y en un principio, representarán el total del volumen de ventas ya que la empresa solo se enfocará en fabricar un tipo de ladrillo.

Los productos que adquiere el segmento de mercado al que va dirigido el proyecto, son bastante estandarizados ya que se refiere a ladrillos de arcilla o bloques de concreto. Los clientes potenciales aumentan su poder de negociación ya que tienen muchas opciones en el mercado. En el año 2010, había 323 ladrilleras en la región Piura (Soriano, 2019), una gran cantidad de opciones para adquirir ladrillos.

El eco ladrillo representa el producto de una tendencia ambientalista, buscando dar un buen uso a los desechos plásticos y es muy probable que los clientes perciban que obtienen pocos beneficios ya que la posterior construcción de la vivienda se supone, tendrá características similares a la de una hecha con ladrillos convencionales. Es por ello que, al momento de introducir el producto, se debe hacer mucho énfasis en los beneficios del producto, explicando lo que se gana con respecto al medio ambiente al momento de implementar esta solución en las viviendas.

5.4.3. Poder de negociación de los proveedores

El precio de los suministros puede aumentar, así como la calidad o los tiempos de entrega si los proveedores cuentan con un alto poder de negociación.

Se requerirá específicamente de hojuelas de plástico PET. Lo que se planea es que se obtengan los recipientes de este material y se le haga un proceso de triturado para que puedan utilizarse en la mezcla de concreto. En Lima, existen 52 empresas dedicadas a la comercialización de residuos plásticos y se estima 500 empresas informales dedicadas al molino de plástico (Rivera, 2004). El panorama indica que los proveedores no tendrían mucho poder de negociación, por la gran cantidad de empresas recicladoras que podrían proporcionar plástico PET para los ladrillos.

No existe una gran diferenciación en el insumo del plástico que otorgarán los proveedores, lo cual genera que el poder de negociación sea bajo. Un factor que podría causar que el poder de los proveedores aumente es el hecho de que el producto (plástico) resulta indispensable para la fabricación ya que es el rasgo diferencial para la venta del ladrillo, un producto que tenga en su interior plástico y que ayude al medio ambiente.

Los proveedores de los demás insumos para la fabricación de ladrillos son bastante abundantes por lo que el impacto de su poder de negociación es bastante bajo. Los más importantes de la región son: Distribuidora de Materiales S.A.C. (DIMASAC), DINO, entre otros.

5.4.4. Amenaza de productos sustitutos

Los principales sustitutos de elementos de albañilería son hechos de arcilla y de concreto. Se adquieren en los principales centros comerciales de la ciudad.

Los de concreto pueden ser ladrillos o bloques, fabricados en tres tipos: sólido, hueco y perforado. Los ladrillos de arcilla pueden ser artesanales e industriales y en Piura se fabrican en cuatro tipos: sólido, hueco, alveolar y tubular. (Seminario, 2013)

Los ladrillos de arcilla tienen forma de paralelepípedo, formados por tierras arcillosas. Son moldeadas, comprimidas y posteriormente sometidas a una cocción. (Arévalo, Ávalos, Garavito, López, Raymond y Torres, 2015).

En el departamento de Lima, en el año 2014, se pudo concluir que el 86% del mercado de materiales de construcción corresponde a los ladrillos cocidos de arcilla (Villafuerte, 2015). La amenaza de estos productos sustitutos es bastante alta al ser los más utilizados en construcción.

En la siguiente tabla se presenta una descripción de los diferentes tipos ladrillos de arcilla.

Tabla 28. Tipos de ladrillos de arcilla

| Tipo | Descripción |
|----------|--|
| TIPO I | Resistencia y durabilidad muy bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio con exigencias mínimas. |
| TIPO II | Resistencia y durabilidad bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicios moderadas |
| TIPO III | Resistencia y durabilidad media. Apto para construcciones de albañilería de uso general. |
| TIPO IV | Resistencia y durabilidad altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio rigurosas. |
| TIPO V | Resistencia y durabilidad muy altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio particularmente rigurosas. |

Fuente: Elaboración propia, a partir de Arévalo, Ávalos, Garavito, López, Raymond, J. y Torres (2015)

5.4.5. Rivalidad entre competidores existentes

En cuanto a las empresas más grandes del ámbito de materiales de construcción en albañilería, cuentan con una gran cantidad y variedad de materiales prefabricados en stock y dificulta la entrada de nuevas marcas. En Piura se cuenta con Distribuidora Norte Pacasmayo

SRL. (DINO), Uniblock y bloquera Manch E.I.R.L. (Arévalo, Ávalos, Garavito, López, Raymond y Torres, 2015).

La rivalidad que significa estas empresas grandes es alta, ya que al sentirse presionadas o afectadas significativamente podrían emplear tácticas como guerras de precios o publicitarias. Al aplicar estas tácticas, no se podría competir en un principio ya que son empresas muy grandes y cuentan con ventajas en economías de escala.

En la región Piura, las ladrilleras tienen el tamaño artesanal y se ha implementado una ladrillera semi - mecanizada en Chulucanas (Soriano, 2019), por lo que la rivalidad de los competidores es alta ya que existe una gran cantidad de competidores de tamaño similar en el mercado con un total de 323 ladrilleras.





Capítulo 6

Elaboración del prototipo

En este capítulo se describirán las tareas realizadas para la obtención del prototipo de ladrillo basado en plástico reciclado. Esto incluye la determinación de la base teórica, los cálculos realizados, el procedimiento de experimentación y las conclusiones. El término técnicamente correcto del prototipo es “bloque” (no ladrillo), pues su preparación se asemeja a la de un bloque de concreto macizo²⁶, por lo que en adelante será el término empleado para referirnos a él.

El plástico PET ha sido considerado como un buen sustituto de material inerte en las mezclas de concreto, pues se caracteriza por presentar una alta resistencia térmica y mecánica, un buen coeficiente de deslizamiento, y una alta resistencia química. En la siguiente tabla se muestran los datos técnicos del PET, para usos relacionados con la construcción:

Tabla 29. Datos técnicos del PET

| Propiedades del Polietileno Tereftalato | | |
|---|-----------|--------------------|
| Propiedades Mecánicas | | |
| Peso específico | 134 | g/cm ³ |
| Resistencia a la tracción | 825 | kg/cm ² |
| Resistencia a la flexión | 1450 | kg/cm ² |
| Alargamiento a la rotura | 15 | % |
| Módulo de elasticidad (tracción) | 28550 | kg/cm ² |
| Resistencia al desgaste por roce | MUY BUENA | |
| Absorción de humedad | 0.25 | % |
| Propiedades Térmicas | | |
| Temperatura de fusión | 255 | °C |
| Conductividad térmica Baja | Baja | |
| Temperatura de deformabilidad por calor | 170 | °C |
| Temperatura de ablandamiento de Vicat | 175 | °C |
| Coefficiente de dilatación lineal de 23 a 100 °C | 0.00008 | mm / °C |
| Propiedades Químicas | | |

²⁶ Sin espacios vacíos.

| Propiedades del Polietileno Tereftalato | |
|---|-----------------------------|
| Resistencia a álcalis débiles a Temperatura Ambiente | Buena |
| Resistencia a ácidos débiles a Temperatura Ambiente | Buena |
| Comportamiento a la combustión | Arde con mediana dificultad |
| Propagación de llama | Mantienen la llama |
| Comportamiento de quemado | Gotea |

Fuente: Elaboración propia, a partir de Echevarría (2017)

6.1. Planteamiento de objetivos

El objetivo de la experimentación es comprobar la siguiente hipótesis:

“El bloque basado en plástico reciclado cumplirá con los requerimientos de la norma técnica peruana E.070, para unidades de albañilería, en cuanto a dimensionamiento, absorción, alabeo y resistencia a la compresión; por lo que resultará factible como reemplazo de un ladrillo convencional de arcilla para una vivienda en las zonas de bajos recursos de la ciudad de Piura.”

Por lo tanto, podemos establecer los siguientes objetivos específicos para el resto de los apartados del capítulo:

- Hacer un diseño de mezcla de concreto que incluya un porcentaje óptimo de plástico triturado.
- Realizar la mezcla de los materiales necesarios para obtener dos tipos de bloques macizos de concreto (con y sin plástico), cuyos indicadores de calidad puedan ser comparados entre sí y con los de un ladrillo convencional.
- Llevar a cabo los ensayos de materiales para obtener los parámetros de dimensionamiento, absorción, alabeo y resistencia a la compresión, y determinar si el bloque basado en plástico cumple con los estándares de calidad establecidos por las normas técnicas peruanas para Ladrillos de Tipo III.

Tabla 30. Requerimientos de la Norma Técnica E070 para unidades de Albañilería con fines estructurales

| CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES | | | |
|--|---|-------------------------------|--|
| Clase | Variación de la Dimensión (máxima, en %) | Alabeo (máximo, en mm) | RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN |
| | | | |

| CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERIA PARA FINES ESTRUCTURALES | | | | | |
|---|--------------|--------------|----------|----|--|
| | Hasta 100 mm | Hasta 150 mm | > 150 mm | | f_b mínimo en Mpa (kg/cm ²) sobre área bruta |
| Ladrillo I | ± 8 | ± 6 | ± 4 | 10 | 4,9 (50) |
| Ladrillo II | ± 7 | ± 6 | ± 4 | 8 | 6,9 (70) |
| Ladrillo III | ± 5 | ± 4 | ± 3 | 6 | 9,3 (95) |
| Ladrillo IV | ± 4 | ± 3 | ± 2 | 4 | 12,7 (130) |
| Ladrillo V | ± 3 | ± 2 | ± 1 | 2 | 17,6 (180) |
| Bloque P | ± 4 | ± 3 | ± 2 | 4 | 4,9 (50) |
| Bloque NP | ± 7 | ± 6 | ± 4 | 8 | 2,0 (20) |

Fuente: Elaboración Propia, a partir de Norma E070.

En este caso, el bloque se medirá con los requerimientos de un Ladrillo III, el cual Diaz (2013), define como ladrillos con resistencia y durabilidad media, adecuados para construcciones de albañilería de uso general. Esta elección se tomó dado el contexto climático de la ciudad de Piura, el cual no presenta condiciones de frío, humedad o intemperismo²⁷ extrema que podrían requerir un ladrillo de tipo IV o V.

6.2. Desarrollo de la experimentación

La experimentación se dividió en tres grandes segmentos de trabajo: Obtención de la materia prima y maquinaria; elaboración de los bloques de concreto; y ensayos de los bloques de concreto. En esta sección se describirá a detalle todos los procedimientos realizados en cada uno de estos.

6.2.1. Obtención de la materia prima y maquinaria

La lista de materia prima, maquinaria y herramientas utilizada; y el método de obtención de estos se detallan en la tabla 31.

Tabla 31. MP, maquinaria y herramientas

| MP, insumo / maquinaria | | Método de obtención |
|-------------------------|---|---|
| Materia Prima | | |
| 1 | Hojuelas de plástico triturado. (Ver Apéndices 2) | Comprado en recicladora (sin nombre) en La Molina, Piura. (Ver Apéndices 3 y 4) |

²⁷ Desgaste de materiales rocosos.

| MP, insumo / maquinaria | | Método de obtención |
|----------------------------------|---|--|
| 2 | Arena de cantera Santa Cruz (Ver Apéndice 5 y 6) | Donado por el laboratorio de Ensayos de Materiales de Construcción de la Universidad de Piura. |
| 3 | Piedra zarandeada de cantera Santa Cruz (3/8") (Ver Apéndice 7) | |
| 4 | Cemento Fortimax de Pacasmayo (Ver Apéndice 8) | |
| Maquinaria y herramientas | | |
| 1 | Moldes para bloques (Ver Apéndices 9, 10 y 11) | Mandado a elaborar en la Zona Industrial I, Piura. |
| 2 | Balde para la mezcla (Ver Apéndice 12) | Prestado por el laboratorio de Ensayos de Materiales de Construcción de la Universidad de Piura. |
| 3 | Tamiz de 3/8" (Ver Apéndice 13 y 14) | |
| 4 | Balanza gravimétrica pequeña (12 kg.) (Precisión de 0.1 gr.) (Ver Apéndice 15) | |
| 5 | Balanza gravimétrica grande (100 kg.) (Precisión de 0.01 gr.) (Ver Apéndice 16) | |
| 6 | Plato para medición de masa de sólidos. | |
| 7 | Jarra para medición de masa de líquido. | |
| 8 | Balde para medición de sólidos de alto peso. | |
| 9 | Martillo | |
| 10 | Pala | |
| 11 | Varillas compresoras (Ver Apéndice 17) | |
| 12 | Pozos de curado (Ver Apéndice 18) | |
| 13 | Hornos de secado | |
| 14 | Pie de Rey (Ver Apéndice 19) | |

| MP, insumo / maquinaria | | Método de obtención |
|-------------------------|-------------------------------------|---|
| 15 | Máquina de ensayo de compresión | |
| 16 | Tablas de triplay (Ver Apéndice 20) | |
| 17 | Cuña metálica (Ver Apéndice 21) | |
| 18 | Destornillador | Prestado por el laboratorio de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Piura |
| 19 | Taladro | |

Fuente: Elaboración Propia

6.2.2. Elaboración de los bloques de concreto

Se llevó a cabo bajo la supervisión del experto Francisco Castro, técnico del laboratorio de Ensayos de Materiales de la Universidad de Piura. Se dividió en tres etapas: Diseño de mezcla; preparación de mezcla; y procedimientos finales.

6.2.2.1. Diseño de mezcla

Se tuvo en consideración diversas proporciones potenciales. El primer paso fue determinar un diseño para concreto con cemento, piedra y arena (agregados), y agua, para posteriormente reemplazar proporcionalmente una parte de los agregados por hojuelas de plástico triturado.

La primera opción considerada fue la de una mezcla con 30% o más de PET, la cual representaría una inmensa reducción de costos. Sin embargo, según Rivera (2013), esta alta proporción de PET en la mezcla disminuye significativamente la resistencia, debido a la deficiente adherencia del PET con el cemento. Por lo tanto, esta opción quedó descartada.

La segunda, fue una mezcla que contenga entre 15 y 20 % de PET. Según Pastor, Salazar, Seminario, Tineo y Zapata (2015), una mezcla con proporciones de 1, 1.5 y 0.5 de cemento, arena y PET, respectivamente, para la obtención de adoquines, resulta en unidades con una resistencia a la compresión de 100.63 kg/cm², por lo tanto, podría cumplir con la norma técnica peruana E070 que exige 95 kg/cm² para unidades de albañilería en condiciones normales. La contraparte de este diseño es que la absorción que ofrecía el adoquín era muy baja (2.17%). En el caso del bloque de esta investigación, dado que contiene piedra además de arena, la resistencia a la compresión podría incluso aumentar, pero no se corregiría el problema de la absorción.

Según Reyna (2016), como es citado en Echevarría (2017), al comparar los resultados obtenidos con unidades de concreto con 5%, 10% y 15% de plástico, se llegó a la conclusión

que la mejor resistencia a la compresión se obtiene siempre con porcentajes bajos de hojuelas de plástico y que aún en unidades con 5% de PET se consigue un ahorro en el costo unitario.

Finalmente, se determinó que el diseño de mezcla propuesto por Echevarría (2017) es el más adecuado para la presente investigación, pues utiliza los mismos materiales (cemento, arena, piedra, hojuelas de plástico y agua), y consigue un perfil de mezcla con buena trabajabilidad, consistencia y resistencia a la compresión, evitando el exceso de piedra y también de arena.

En la Tabla 32 se observa los resultados de las pruebas de compresión realizadas por Echevarría (2017) para las diversas proporciones de cemento-arena-piedra con las que experimentó.

Tabla 32. Proporciones cemento-arena-piedra

| RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LOS LADRILLOS DE PRUEBA | | | | | | | | | | |
|---|---|-------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Proporción | Área bruta ⁺ (cm ²) | 7 DIAS | | | 14 DIAS | | | 28 DIAS | | |
| | | Carga Máxima (kg) | Resistencia (kg/cm ²) | Resistencia promedio a 28 días (fb) | Carga Máxima (kg) | Resistencia (kg/cm ²) | Resistencia promedio a 28 días (fb) | Carga Máxima (kg) | Resistencia (kg/cm ²) | Resistencia promedio a 28 días (fb) |
| A 1 : 4 : 2 | 286 | 37000 | 129.37 | 181.98 | 42500 | 148.60 | 177.57 | 52900 | 184.97 | 182.40 |
| | 286 | 36300 | 126.92 | | 43000 | 150.35 | | 51000 | 178.32 | |
| | 286 | 36000 | 125.87 | | 44000 | 153.85 | | 52600 | 183.92 | |
| B 1 : 4 : 3 | 286 | 34500 | 120.63 | 171.91 | 40500 | 141.61 | 169.61 | 49800 | 174.13 | 172.49 |
| | 286 | 33750 | 118.01 | | 41200 | 144.06 | | 49200 | 172.03 | |
| | 286 | 35000 | 122.38 | | 42000 | 146.85 | | 49000 | 171.33 | |
| C 1 : 5 : 2 | 286 | 33500 | 117.13 | 163.50 | 39200 | 137.06 | 160.43 | 48000 | 167.83 | 165.15 |
| | 286 | 32200 | 112.59 | | 39500 | 138.11 | | 47000 | 164.34 | |
| | 286 | 32500 | 113.64 | | 38300 | 133.92 | | 46700 | 163.29 | |
| D 1 : 5 : 3 | 286 | 27200 | 95.10 | 137.36 | 34000 | 118.88 | 139.72 | 40700 | 142.31 | 141.26 |
| | 286 | 27500 | 96.15 | | 34000 | 118.88 | | 40000 | 139.86 | |
| | 286 | 27800 | 97.20 | | 33900 | 118.53 | | 40500 | 141.61 | |
| E 1 : 5.5 : 2.5 | 286 | 27400 | 95.80 | 135.95 | 33000 | 115.38 | 137.46 | 40500 | 141.61 | 140.38 |
| | 286 | 26750 | 93.53 | | 34000 | 118.88 | | 40200 | 140.56 | |
| | 286 | 27500 | 96.15 | | 33250 | 116.26 | | 39750 | 138.99 | |

Fuente: Echevarría (2017)

En esta figura, se observa que todos los diseños de mezcla cumplen con la resistencia para un ladrillo IV (130 kg/cm²), pero se elige la mezcla E (1 : 5.5 : 2.5), por ser aquella que requiere de menos cemento, que es la materia prima que representa el mayor costo por volumen, además de presentar la mejor trabajabilidad (Echevarría, 2017).

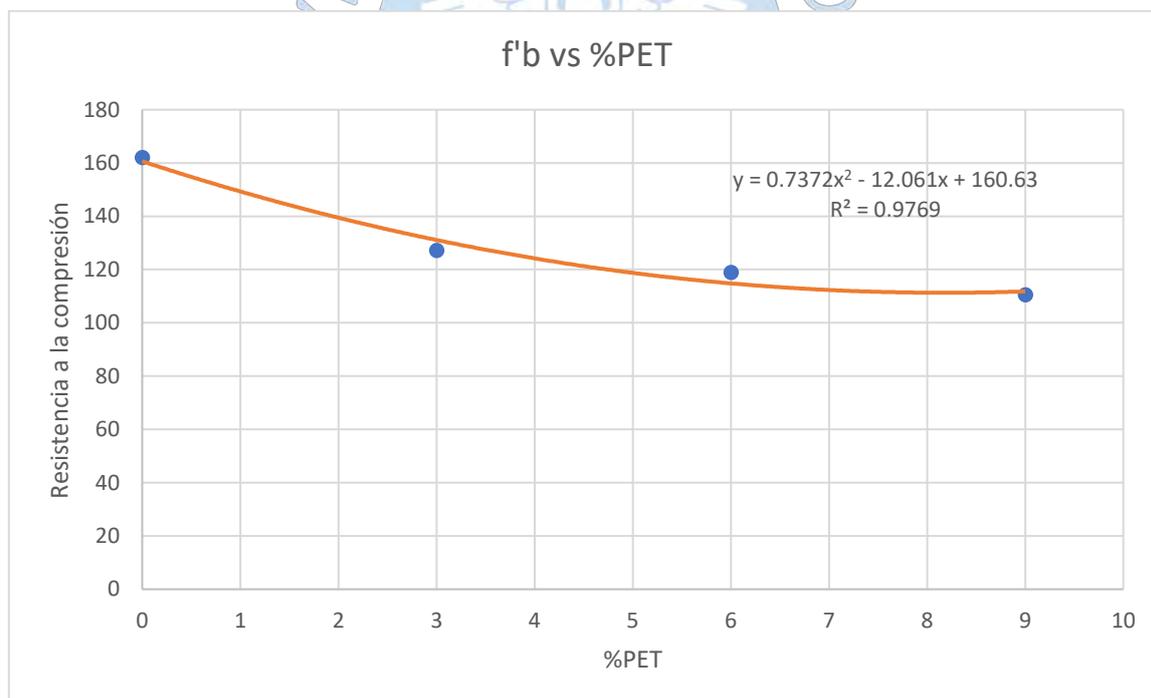
A partir de esto, Echevarría (2017), hizo pruebas con diferentes porcentajes de PET. Como ya fue mencionado anteriormente, al aumentar la cantidad de PET, la resistencia a la compresión disminuye. Los resultados de f^c con 0, 3, 6 y 9% de PET incorporado a la mezcla de concreto se muestran en la tabla 33.

Tabla 33. Resistencia a la compresión por porcentaje de PET

| RESISTENCIA A COMPRESIÓN | | | | |
|--------------------------|----------------|----------|-----------------|-------|
| Tipo | fb (kg/cm2) | σ | f'b (kg/cm2) | CLASE |
| LC PET 0% | 166.88 | 4.92 | 161.96 | IV |
| LC PET 3% | 136.44 | 9.36 | 127.08 | III |
| LC PET 6% | 124.45 | 5.66 | 118.80 | III |
| LC PET 9% | 118.03 | 7.56 | 110.46 | III |

Fuente: Echevarría (2017)

La proporción que ofrece la mejor resistencia a la compresión (sin tener en cuenta el valor de 0%) es 3%. Con este porcentaje el bloque ya no cumpliría con los requerimientos de un ladrillo tipo IV como en la mezcla inicial, pero sí con los de un tipo III, y con un margen considerable; por esto por lo que es preferible esta mezcla sobre las de 6 y 9 % de PET. En la siguiente figura se observa la relación de la resistencia a la compresión vs. Porcentaje de PET:

**Figura 51.** Resistencia a la compresión vs %PET en la mezcla

Fuente: Elaboración propia, a partir de Echevarría (2017)

Podemos observar una relación polinómica de grado 2, con fórmula $f'b = 0.7372(\%PET)^2 - 12.061(\%PET) + 160.63$. comprobándose la relación inversa entre la resistencia a la compresión y el %PET. Además, según Echevarría (2017), todas las mezclas cumplen con los

requerimientos de ladrillos tipo IV o V para el alabeo y variación dimensional, como es observado en la tabla 34.

Tabla 34. Clasificación de cada porcentaje de PET de acuerdo con los parámetros de calidad.

| TIPO | CLASIFICACIÓN DE ACUERDO A : | | | CLASIFICACIÓN FINAL |
|------------------|------------------------------|--------|---|---------------------|
| | VARIACIÓN DIMENSIONAL | ALABEO | RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN | |
| LC PET 0% | IV | V | IV | IV |
| LC PET 3% | V | V | III | III |
| LC PET 6% | IV | IV | III | III |
| LC PET 9% | V | V | III | III |

Fuente: Echevarría (2017)

Por lo tanto, se concluye que la proporción óptima de hojuelas de PET para el diseño de mezcla es 3%, pues proporciona el mejor margen de resistencia a la compresión con respecto a lo exigido por la norma E070 para ladrillos tipo III, y presenta las mejores características de variación dimensional y alabeo en comparación con las mezclas con 6 y 9 % de PET.

El agua se corrigió con respecto del estudio de Echevarría (2017), pues, según el experto Francisco Castro, el porcentaje en peso de agua no debe ser menor a 6%. Se estableció un porcentaje de 8%, para contar con una alta trabajabilidad de la mezcla. Entonces, se determinaron como óptimos el siguiente diseño de mezcla de concreto sin hojuelas de plástico:

Tabla 35. Diseño de mezcla sin PET

| PROPORCIONES DE LOS MATERIALES DE DISEÑO | | | | |
|--|----------------------|-------------------------------|-------------------|-------------|
| Material | Volumen (Proporción) | Densidad (g/cm ³) | Peso (Proporción) | Peso (kg/l) |
| Cemento | 1 | 3.12 | 1 | 256.2 |
| Arena | 5.5 | 2.61 | 5.79 | 1483.7 |
| Piedra | 2.5 | 2.59 | 2.19 | 562.8 |
| Agua | 0.72 | 1 | 0.7184 | 192.43 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de Echevarría (2017)

Las dimensiones del bloque deseado son de 24 cm. x 13 cm. x 9 cm. Por lo que el volumen de cada uno sería de 2808 cm³. Se decidió fabricar dos bloques de la mezcla sin hojuelas de PET, entonces el volumen total necesario de mezcla sería 2808 x 2 = 5616 cm³. Dada la disponibilidad de material, se decidió preparar 7000 cm³ de mezcla, para evitar cualquier tipo

de percance por pérdidas. Entonces, para hallar la masa de cada ingrediente necesario, se multiplicó su peso (kg/l) (detallado en la tabla 36), por 7 litros (7000 cm³), para hallar la cantidad de gramos necesarios de cada material.

Tabla 36. Masas de materiales para mezcla sin hojuelas

| Cemento | Agua | Arena | Piedra |
|------------|-------------|-------------|------------|
| 256.2 x 7L | 192.43 x 7L | 1483.7 x 7L | 562.8 x 7L |
| 1793 g | 1347 g | 10386 g | 3940 g |

Fuente: Elaboración propia

Para los bloques con hojuelas de PET se reemplazó la arena y piedra por PET, de tal manera que la proporción entre estos los materiales iniciales (5.5 : 2.5) no sea alterada. Se usarían 3 para realizar los ensayos, y uno se conservaría para ser presentado; por lo tanto, se preparó una mezcla para 4 bloques. El volumen total necesario es de 11232 cm³, pero se preparó 12 cm³ (L) por el mismo motivo que el mencionado en el párrafo anterior.

Tabla 37. Masas de materiales para mezcla con hojuelas

| Cemento | Agua | PET | Arena | Piedra |
|------------|-------------|-----------|-------------|------------|
| 256.2 kg/L | 192.43 kg/L | 39.5 kg/L | 1427.1 kg/L | 541.3 kg/L |
| 3074 g | 2174 g | 475 g | 17125 g | 6496 g |

Fuente: Elaboración propia

6.2.2.2. Preparación de la mezcla

Una vez listos los diseños de mezcla, se procedió a la preparación; como contenedor se empleó el balde. Se realizó primero la mezcla sin hojuelas de PET y después la que sí lo incluye. El procedimiento para estas dos mezclas fue el mismo (con la única diferencia de que en el primero se omite el paso del añadimiento de PET). Por lo tanto, se describirá únicamente el proceso para los bloques con plástico.

Después de realizar los cálculos, se determinó que la cantidad de arena que se tenía lista para ser usada sería insuficiente. Por lo tanto, el primer paso de la experimentación fue tamizar la arena contenida en una bolsa que aún presentaba partículas de piedra grandes (para esto, se utilizó el tamiz de 3/8"). Además, dado que las nuevas partículas de arena eran ligeramente más grandes que las que se tenía, se mezcló por 3 minutos ambas para obtener un conjunto homogéneo que no afecte la experimentación. Otro paso previo a la preparación fue cubrir las paredes internas de los moldes con aceite, para facilitar su extracción una vez secos los bloques.



Figura 52. Tamizado de arena

Fuente: Elaboración Propia



Figura 53. Recubrimiento con aceite

Fuente: Elaboración propia

El siguiente paso fue medir las cantidades de masa determinadas en la Tabla 37 en la balanza gravimétrica grande (para el caso de la arena) y pequeña (para el resto de los materiales). Conforme eran pesados, fueron agregados en el balde de mezcla. Este procedimiento se realizó, por recomendación del experto Francisco, en el siguiente orden:

arena, piedra, cemento, PET. Para medir la masa se empleó el plato para medición de masa de sólidos y la jarra para medición de masa de líquido. Los materiales se colocaron en el plato (previamente tarado en las balanzas), utilizando la pala, eran medidos hasta conseguir la masa necesaria, y finalmente iban siendo colocados y mezclados en el balde con ayuda de la pala.



Figura 54. Pesado de materiales

Fuente: Propia

El paso final de la preparación fue agregar agua (por intervalos) mientras se mezclaba con la pala los materiales. Este procedimiento duró 5 minutos, hasta conseguir una mezcla homogénea y con una buena trabajabilidad.



Figura 55. Mezcla de materiales

Fuente: Elaboración propia

Una vez lista la mezcla húmeda, se procedió a colocar en los moldes para bloques. Para esto se empleó también la pala; y, una vez colocados, se compactó con el martillo y las varillas compresoras.



Figura 56. Colocación en moldes y compactación

Fuente: Elaboración propia

6.2.2.3. Procedimientos finales

Una vez colocados ambos tipos de mezcla en los seis compartimentos de los moldes, se dejaron solidificando hasta el día siguiente. Después, se procedió a desentornillar los moldes para extraer los bloques. Inicialmente se utilizó el destornillador, pero implicaba una pérdida significativa de tiempo, por lo que se solicitó el préstamo del taladro disponible en el laboratorio de Ingeniería Mecánica para terminar la tarea.



Figura 57. Desentornillado manual

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se procedió a colocar los bloques en pozo de curado del laboratorio de ensayo de materiales. Se colocó con corrector una marca N1, N2 y P1 para identificar los bloques “normales” y con plástico, en caso sean movidos de su posición original. Se dejaron curando por una semana (7 días), pues es el tiempo ideal para empezar a ensayar las muestras de concreto, ya que permiten hacer una estimación acertada del rendimiento que ofrecerían a 28 días, tiempo total requerido para el curado cuando van a ser utilizados en un proyecto de construcción.



Figura 58. Bloques en pozo de curado

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, una vez transcurridos los 7 días, los bloques se retiraron del pozo de curado, se dejaron escurrir por 15 minutos, para evitar problemas en el horno, y se dejaron secando en este por 4 días.



Figura 59. Bloques en el horno

Fuente: Elaboración propia

6.2.3. Ensayos a los bloques de concreto

Cuando estuvieron ya secos, se procedió a realizar las pruebas de los bloques con y sin plástico para determinar los parámetros de calidad. Se realizaron, en ese orden, pruebas de dimensionamiento, absorción, alabeo y compresión. Se determinó esta secuencia por recomendación del experto Francisco, con base en la complejidad de cada una. Además, las primeras 3 son ensayos no destructivos, mientras que el de compresión sí lo es, por lo que era mandatorio realizarlo al final.

6.2.3.1. Ensayo de dimensionamiento

Con este ensayo se buscaba comprobar que los ladrillos cumplan con el requerimiento de variación de la dimensión especificada en la norma E.070, para ladrillos tipo IV, que se observa en la tabla 38.

Tabla 38. Variación máxima de la dimensión según norma E070

| CLASE | VARIACIÓN DE LA DIMENSION (máxima en porcentaje) | | |
|--------------------------|---|--------------|---------------|
| | Hasta 100 mm | Hasta 150 mm | Más de 150 mm |
| Ladrillo I | ± 8 | ± 6 | ± 4 |
| Ladrillo II | ± 7 | ± 6 | ± 4 |
| Ladrillo III | ± 5 | ± 4 | ± 3 |
| Ladrillo IV | ± 4 | ± 3 | ± 2 |
| Ladrillo V | ± 3 | ± 2 | ± 1 |
| Bloque P ⁽¹⁾ | ± 4 | ± 3 | ± 2 |
| Bloque NP ⁽²⁾ | ± 7 | ± 6 | ± 4 |

Fuente: Norma técnica E.070

Para medir las dimensiones de longitud, ancho y alto se utilizó el pie de rey. Dado que los bloques presentaban una ligera deformación (no eran perfectamente rectos a través de sus dimensiones completas), se midió cada dimensión en 4 puntos. Los resultados se muestran en la tabla 39.

Tabla 39. Ensayo de dimensionamiento

| Ensayo de dimensionamiento | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|------------|-----|-----|-----|------------|-----|-----|-----|-----------|----|----|----|
| Bloque | Largo (mm) | | | | Ancho (mm) | | | | Alto (mm) | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| N.1. (Individuales) | 243 | 243 | 242 | 243 | 131 | 133 | 131 | 129 | 91 | 93 | 92 | 91 |
| N.1. (Promedio) | 242.75 | | | | 131 | | | | 91.75 | | | |
| N.2. (Individuales) | 243 | 244 | 242 | 242 | 134 | 133 | 133 | 135 | 93 | 91 | 91 | 91 |
| N.2. (Promedio) | 242.75 | | | | 91.5 | | | | 133.75 | | | |
| P.1. (Individuales) | 246 | 245 | 244 | 244 | 133 | 133 | 133 | 132 | 92 | 92 | 92 | 94 |
| P.1. (Promedio) | 244.75 | | | | 132.75 | | | | 92.5 | | | |
| P.2. (Individuales) | 245 | 243 | 242 | 244 | 132 | 132 | 132 | 132 | 92 | 91 | 92 | 91 |
| P.2. (Promedio) | 243.5 | | | | 132 | | | | 91.5 | | | |

| Ensayo de dimensionamiento | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|--------|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|
| P.3. (Individuales) | 243 | 243 | 243 | 244 | 133 | 132 | 132 | 132 | 91 | 91 | 91 | 93 |
| P.3. (Promedio) | 243.25 | | | | 132.25 | | | | 91.5 | | | |
| P.4. (Individuales) | 244 | 244 | 243 | 243 | 91 | 91 | 92 | 91 | 130 | 131 | 129 | 134 |
| P.4. (Promedio) | 243.5 | | | | 91.25 | | | | 131 | | | |

Fuente: Elaboración propia

A partir de estos promedios, podemos hallar la desviación porcentual de las dimensiones para cada bloque.

Tabla 40. Desviación dimensional

| Desviación dimensional | | | | | |
|------------------------|--------------|----------------------|-----------------|----------------|-------|
| Bloque /Dimensión | Medida (mm) | Medida esperada (mm) | Desviación (mm) | Desviación (%) | |
| N.1 | Largo | 242.75 | 240 | 2.75 | 1.146 |
| | Ancho | 131 | 130 | 1 | 0.769 |
| | Alto | 91.75 | 90 | 1.75 | 1.944 |
| N.2 | Largo | 242.75 | 240 | 2.75 | 1.146 |
| | Ancho | 133.75 | 130 | 3.75 | 4.167 |
| | Alto | 91.5 | 90 | 1.5 | 1.154 |
| P.1 | Largo | 244.75 | 240 | 4.75 | 1.979 |
| | Ancho | 132.75 | 130 | 2.75 | 2.115 |
| | Alto | 92.5 | 90 | 2.5 | 2.778 |
| P.2 | Largo | 243.5 | 240 | 3.5 | 1.458 |
| | Ancho | 132 | 130 | 2 | 1.538 |
| | Alto | 91.5 | 90 | 1.5 | 1.667 |
| P.3 | Largo | 243.25 | 240 | 3.25 | 1.354 |
| | Ancho | 132.25 | 130 | 2.25 | 1.731 |
| | Alto | 91.5 | 90 | 1.5 | 1.667 |
| P.4 | Largo | 243.5 | 240 | 3.5 | 1.458 |
| | Ancho | 131 | 90 | 1 | 1.111 |
| | Alto | 91.25 | 130 | 1.25 | 0.962 |

Fuente: Elaboración propia

Entonces, se elabora un promedio de las desviaciones de cada dimensión de los bloques regulares, y con plástico, y se determina la clasificación de ladrillo con la que se puede comparar de acuerdo con este parámetro de calidad. La clasificación final es la menor de las clasificaciones por cada dimensión.

Tabla 41. Clasificación según variación de dimensión

| Clasificación según variación de dimensión | | | | |
|--|-----------|--------------------------|------------------------------------|---------------------|
| Bloque | Dimensión | Desviación promedio (mm) | Clasificación (por cada dimensión) | Clasificación final |
| Normal | Largo | 1.146 | IV | IV |
| | Ancho | 0.962 | V | |
| | Alto | 3.056 | IV | |
| Plástico | Largo | 1.562 | IV | IV |
| | Ancho | 1.587 | V | |
| | Alto | 1.806 | V | |

Fuente: Elaboración propia

6.2.3.2. Ensayo de absorción

Se realizó para comprobar que los bloques cumplen con los requerimientos de la norma E.070, que dice lo siguiente: “La absorción de las unidades de arcilla y sílico calcáreas no será mayor que 22%”.

Para el ensayo de absorción se midió la masa de los bloques secos; luego, se colocaron en la misma poza utilizada para el proceso de curado y de dejaron sumergidos por 24 horas; se extrajeron de la poza y se dejaron escurrir por 1 minuto (pues el agua de la superficie no debería contar como absorbida); y finalmente se halló la nueva masa de los ladrillos para calcular la variación de masa, que representa la absorción. La fórmula utilizada es la siguiente, como es indicado en la NTP 399.613:

$$A\% = 100 \left(\frac{W_s - W_d}{W_d} \right)$$

Donde A% es la absorción, W_s es la masa final y W_d , la masa inicial.

Los resultados, así como la determinación de si el ladrillo es aceptado o no, según la norma de acuerdo con este parámetro de calidad, se muestran en la tabla 42. Los únicos instrumentos usados para esta prueba fue la balanza gravimétrica pequeña y el plato para medición de masa.

Tabla 42. Clasificación por % de absorción

| % de absorción y clasificación | | | | | | |
|--------------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------|-----------------------|---------------|
| Bloque | Masa sin agua (W_d , g) | Masa con agua (W_s , g) | Variación ($W_s - W_d$, g) | Absorción (A%) | Promedio de absorción | Clasificación |

| | | | | | | |
|-------------|------|------|-----|-------|-------|----------|
| N.1. | 5806 | 6224 | 418 | 7.199 | 7.133 | Aceptado |
| N.2. | 5957 | 6378 | 421 | 7.067 | | |
| P.1. | 6084 | 6502 | 418 | 6.871 | 6.987 | Aceptado |
| P.2. | 5954 | 6367 | 413 | 6.936 | | |
| P.3. | 5958 | 6397 | 439 | 7.368 | | |
| P.4. | 5980 | 6385 | 405 | 6.773 | | |

Fuente: Elaboración propia

Ambos tipos de bloques serían aceptados según la norma, aunque el bloque con PET presenta una absorción ligeramente menor en comparación con el bloque regular.

6.2.3.3. Ensayo de alabeo

El alabeo de una pieza de albañilería es la curvatura que presenta la unidad en sus superficies horizontales (las cuales serán sometidas a cargas verticales), y que puede afectar su rendimiento. El alabeo máximo permitido para los ladrillos de cada tipo, según la norma E.070 se muestra en la tabla 43.

Tabla 43. Alabeo máximo según norma E.070

| Alabeo permitido por tipo de ladrillo | |
|---------------------------------------|--------------------|
| Clase | Alabeo máximo (mm) |
| Ladrillo I | 10 |
| Ladrillo II | 8 |
| Ladrillo III | 6 |
| Ladrillo IV | 4 |
| Ladrillo V | 2 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de Norma Técnica E.070

Para realizar las pruebas de alabeo se utilizó el pie de rey (como varilla recta colocada entre cada esquina de las dimensiones que serían medidas) y la cuña metálica (que midió la distancia máxima que existe entre el pie de rey y el bloque). Se midió el alabeo de ambas caras de 24x13 cm, tanto de sus dos distancias transversales (de esquina a esquina opuesta), como de sus bordes de 24 cm (En la figura 10 se representa estas distancias). Al final se elige el alabeo más alto que se obtenga de los 8 medidos, y es comparado con los requerimientos indicados en la tabla 43.

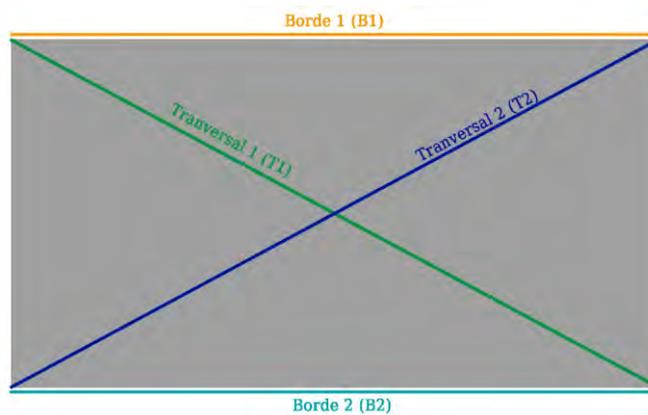


Figura 60. Distancias para medir alabeo del bloque

Fuente: Elaboración propia

El proceso de medición con el pie de rey y la cuña se observa en la figura 61.



Figura 61. Medición de alabeo para área transversal

Fuente: Propia

Los resultados del ensayo se observan en la tabla 44.

Tabla 44. Alabeo máximo de cada bloque

| Resultados de la prueba de alabeo | | | | |
|-----------------------------------|-------|-----------|--------------------------------|--------------------|
| Bloque | Cara | Dimensión | Alabeo por cada dimensión (mm) | Alabeo máximo (mm) |
| N.1 | N.1-1 | T1 | 1.1 | 1.2 |
| | | T2 | 0.8 | |
| | | B1 | 0.9 | |
| | | B2 | 0.1 | |
| | N.1-2 | T1 | 0 | |
| | | T2 | 1.2 | |
| | | B1 | 1 | |
| | | B2 | 0.7 | |
| N.2 | N.2-1 | T1 | 1.25 | 1.25 |
| | | T2 | 1.1 | |

| Resultados de la prueba de alabeo | | | | |
|-----------------------------------|-------|----|------|------|
| | N.2-2 | B1 | 1.05 | |
| | | B2 | 1 | |
| | | T1 | 1 | |
| | | T2 | 1.1 | |
| | | B1 | 1.05 | |
| | | B2 | 0.5 | |
| P.1 | P.1-1 | T1 | 0.8 | 1.2 |
| | | T2 | 1 | |
| | | B1 | 0.65 | |
| | | B2 | 0.8 | |
| | P.1-2 | T1 | 1.05 | |
| | | B2 | 1.2 | |
| P.2 | P.2-1 | T1 | 0.95 | 0.95 |
| | | T2 | 0 | |
| | | B1 | 0.8 | |
| | | B2 | 0.5 | |
| | P.2-2 | T1 | 0.1 | |
| | | B2 | 0 | |
| P.3 | P.3-1 | T1 | 0 | 1.5 |
| | | T2 | 1.2 | |
| | | B1 | 0.8 | |
| | | B2 | 0.95 | |
| | P.3-2 | T1 | 0.8 | |
| | | B2 | 1.5 | |
| P.4 | P.4-1 | T1 | 1.3 | 1.3 |
| | | T2 | 0.7 | |
| | | B1 | 1.1 | |
| | | B2 | 0.95 | |
| | P.4-2 | T1 | 0.7 | |
| | | B2 | 0 | |

Fuente: Elaboración propia

A partir de los valores de alabeo máximo de cada bloque, se halla el promedio de las muestras y se determina con qué tipo de ladrillo puede ser identificado cada bloque de acuerdo con su calidad, según lo especificado en la norma E.070.

Tabla 45. Clasificación según alabeo

| Clasificación de cada bloque | | |
|------------------------------|-------------------------|------|
| Bloque | Alabeo promedio (mm) | Tipo |
| Normal | 1.225 | V |
| Con plástico | 1.238 | V |

Fuente: Elaboración propia

La calidad de ambos bloques de acuerdo con su alabeo promedio, según lo establecido en la norma E.070, es la requerida para ladrillos de Tipo V.

6.2.3.4. Ensayo de compresión.

La última prueba realizada fue la de compresión, que determina qué tanto esfuerzo soporta el bloque antes de destruirse. Es la prueba más importante, pues determina si el bloque podrá resistir cargas suficientes para ser usado dentro en un proyecto de construcción. La prueba se realizó con el bloque a una edad de 7 días, en la máquina de ensayo de compresión. Los bloques se colocaron con una plancha de triplay en cada uno de sus lados de mayor dimensión en la máquina; el uso de este material es mandatorio, pues el espécimen no es completamente plano en sus caras (presenta deformaciones), por lo que la aplicación de la fuerza no sería uniforme y resultaría en valores de fuerza erróneos. El experto Stewart, del laboratorio de ensayo de materiales de construcción de la universidad de Piura, operó la maquinaria, la cual aplicó presión en las caras de los ladrillos, hasta que este se fue destruido, y el retornó un valor de kilopondio (kg.f). Para determinar el valor de resistencia a la compresión a partir de este valor, se utilizó la siguiente fórmula, como es indicado en la NTP 399.613:

$$C = \frac{W}{A}$$

Donde C es la resistencia a la compresión del espécimen (en Mpa), W es la máxima carga en Newton, y A es el promedio del área bruta de las superficies de contacto superior e inferior del espécimen (en mm²).

Sólo se realizó las pruebas a los dos ladrillos regulares y a 3 de los 4 ladrillos con plástico (el espécimen P1 no fue ensayado, pues se debía conservar para ser presentado). Los resultados se observan en la tabla 46.



Figura 62. Bloque destruido

Fuente: Elaboración Propia



Figura 63. Valor de kg.f de la máquina

Fuente: Propia

Tabla 46. Resultados de la prueba de compresión

| Resistencia a la compresión | | | | | |
|-----------------------------|----------------------|----------|------------|---------|-------------------------|
| Bloque | A (mm ²) | W (kg.f) | W (N) | C (Mpa) | C (kg/cm ²) |
| N.1. | 31800.25 | 34977 | 343007.197 | 10.786 | 109.990 |
| N.2. | 32467.8125 | 45904 | 450164.462 | 13.865 | 141.384 |
| P.2. | 32142 | 63645 | 624144.239 | 19.418 | 198.013 |
| P.3. | 32169.8125 | 56325 | 552359.561 | 17.170 | 175.087 |
| P.4. | 31898.5 | 58159 | 570344.957 | 17.880 | 182.326 |

Fuente: Elaboración propia

Las pruebas se realizaron con los ladrillos a una edad de 7 días, por lo que se tendrá que estimar el valor de resistencia que tendría a los 28 días. Para ello, se utiliza la siguiente fórmula, como es indicado en la Instrucción Española de Hormigón Estructural:

$$f_{cm}(t) = \beta_{cc}(t) \times f_{cm}$$

Donde f_{cm} es la resistencia media a la compresión a 28 días, $f_{cm}(t)$ es la resistencia media a la compresión a los t días, β_{cc} es el coeficiente que depende de la edad del concreto y sigue la siguiente fórmula, según la Instrucción Española de Hormigón Estructural:

$$\beta_{cc}(t) = e^{s(1 - (\frac{28}{t})^{\frac{1}{2}})}$$

Por lo tanto, si se despeja f_{cm} , la fórmula quedaría:

$$f_{cm} = \frac{f_{cm}(t)}{e^{s(1 - \sqrt{\frac{28}{t}})}}$$

Donde:

T: edad del concreto en días

s: coeficiente que depende del tipo de cemento:

- **0.2:** para cementos de alta resistencia y endurecimiento rápido (CEM 42.5R – 52.5R). (Es el caso del cemento utilizado en este trabajo)

- **0.25:** para cementos normales y de endurecimiento rápido (CEM 32.5R – 42.5R)

•**0.38:** para cementos de endurecimiento lento (CEM 32.5)

Con esta fórmula se estima los valores de la resistencia a la compresión que tendrían los bloques a los 28 días de edad, a partir de los valores obtenidos en los ensayos para 7 días de edad, y compararlos con los requerimientos de la norma E.070. Los resultados se muestran en la tabla 47.

Tabla 47. Clasificación según resistencia a la compresión

| Resistencia a la compresión a los 28 días y clasificación | | | | | |
|---|------|--|--|---|------|
| Bloque / Espécimen | | Resistencia por espécimen a los 7 días (kg/cm ²) | Resistencia media a los 7 días (kg/cm ²) | Resistencia media a los 28 días (kg/cm ²) | Tipo |
| Normal | N.1. | 109.990 | 125.687 | 153.514 | IV |
| | N.2. | 141.384 | | | |
| Con PET | P.2. | 198.013 | 185.142 | 226.133 | V |
| | P.3. | 175.087 | | | |
| | P.4. | 182.326 | | | |

Fuente: Elaboración propia

Entonces, de acuerdo con la norma E.070 con respecto a la resistencia a la compresión, los bloques sin plástico cumplen con los requisitos de calidad de un ladrillo tipo IV y los bloques con PET, los de un ladrillo tipo V.

6.3. Conclusiones y recomendaciones de la experimentación

Haciendo una recopilación de las pruebas realizadas, se puede determinar con qué tipo de ladrillo es comparable el bloque de PET de acuerdo con lo establecido por la norma E.070. La clasificación mínima entre las clasificaciones para cada parámetro es la clasificación final. Para la prueba de absorción, se considera que ambos podrían ser tipo V, ya que la norma sólo indica si es aceptado o no.

Tabla 48. Clasificación final de los bloques

| Tipo de ladrillo que puede reemplazar el bloque según las pruebas realizadas | | | | | |
|---|--|-------------------------------------|----------------------------------|---|-----------------------|
| Bloque | Tipo según variación del dimensionamiento | Tipo según absorción | Tipo según alabeo | Tipo según resistencia a la compresión | Tipo final |
| Normal | IV | V | V | IV | IV |
| Con PET | IV | V | V | V | IV |

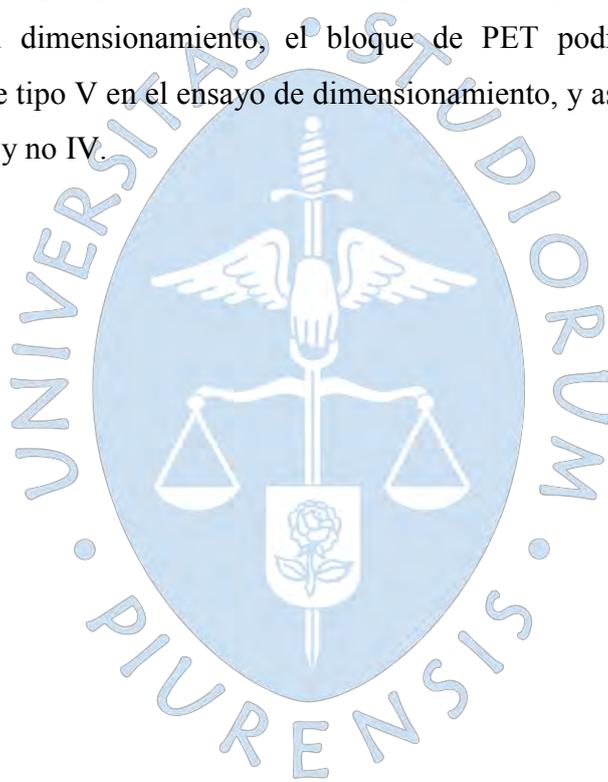
Fuente: Elaboración propia

A partir de los resultados de las experimentaciones se puede llegar a las siguientes conclusiones con respecto a la elaboración del prototipo:

- El diseño de mezcla óptimo para ladrillos basados en plástico reciclado es aquel que está compuesto por bajos porcentajes de hojuelas de plástico PET (<15%).
- Se cometió un error al compactar los bloques sin PET únicamente con las varillas compresoras pequeñas y no las grandes (que sí fueron usadas para los bloques con PET), esto explica la resistencia inferior en los resultados, lo cual evita que se pueda realizar una comparación real y precisa sobre la variación de rendimiento entre ambos tipos de bloque.
- El bloque basado en plástico cumple con los estándares de calidad establecidos por las normas técnicas peruanas para Ladrillos de Tipo IV (y, por lo tanto, también los de Tipo III, que era lo esperado).
- Es importante preparar un volumen de mezcla superior al volumen necesario para obtener la cantidad de bloques deseada, para evitar problemas en la experimentación por pérdidas.
- La decisión de incluir una mayor proporción de agua en el diseño de mezcla, en comparación con el de Echevarría (2019) dio resultados positivos, pues se obtuvo una resistencia a la compresión significativamente más alta.
- Es importante utilizar un cemento de calidad (42.5R, alta resistencia a la compresión) para obtener concreto que ofrezca mejores propiedades mecánicas. Además, la arena y

la piedra utilizadas para la mezcla deben tener el tamaño de partícula ideal y consistente en todo su volumen.

- Para realizar los cálculos no se debe aproximar los datos antes del resultado final, pues esto restaría precisión a estos, y reduciría la calidad de las conclusiones.
- Se debería realizar los ensayos con un mayor número de especímenes para obtener resultados más confiables.
- Se debería realizar los ensayos con una edad de los ladrillos de 28 días, para obtener los resultados exactos, que no dependen de una estimación que puede generar errores.
- Utilizar un molde de metal podría resultar en especímenes con dimensiones más consistentes, lo que permitiría obtener bloques de mejor calidad. Reduciendo la desviación del dimensionamiento, el bloque de PET podría haber obtenido una clasificación de tipo V en el ensayo de dimensionamiento, y así tener una clasificación final de tipo V y no IV.



Capítulo 7

Ingeniería del Proyecto

En este capítulo se analiza todo el estudio de la Ingeniería del proyecto, donde se tiene la responsabilidad de desarrollar todo lo referido a la instalación y funcionamiento de la planta. Esto incluye desde la descripción del proceso, adquisición del equipo y maquinaria, determinación de la distribución óptima de planta, hasta la estructura de organización y jurídica que debe tener la planta de producción.

Los puntos principales que se tratarán en esta sección son la localización y distribución de la planta; tecnología, maquinaria y equipo y diseño y proceso de producción

7.1. Diseño y proceso de Producción

Un sistema de producción es el proceso de diseños donde los elementos se transforman en productos útiles. Para que esto suceda se sigue una secuencia de insumos- conversión- resultados. El objetivo principal es llevar a cabo una buena producción con el mínimo coste y la mayor productividad posible.

El diseño de un sistema de producción inicia con el diseño del producto para ser manufacturado, el análisis de la adquisición de propiedad, la construcción de instalaciones, la adquisición de maquinaria y provisionamiento de fuentes de energía, lo que supone la red de flujo de recursos del sistema. (Monografías Plus, s.f.)

7.1.1. Descripción del producto.

Es importante poder resumir de forma precisa al producto que se pretende ofrecer, de tal manera que se tenga una visión global de los objetivos que tiene el mismo, sus componentes principales y las propiedades que posee.

El producto que se desea ofrecer es un adoquín hecho a base de plástico reciclado y presenta las siguientes características:

Tabla 49. Descripción del producto

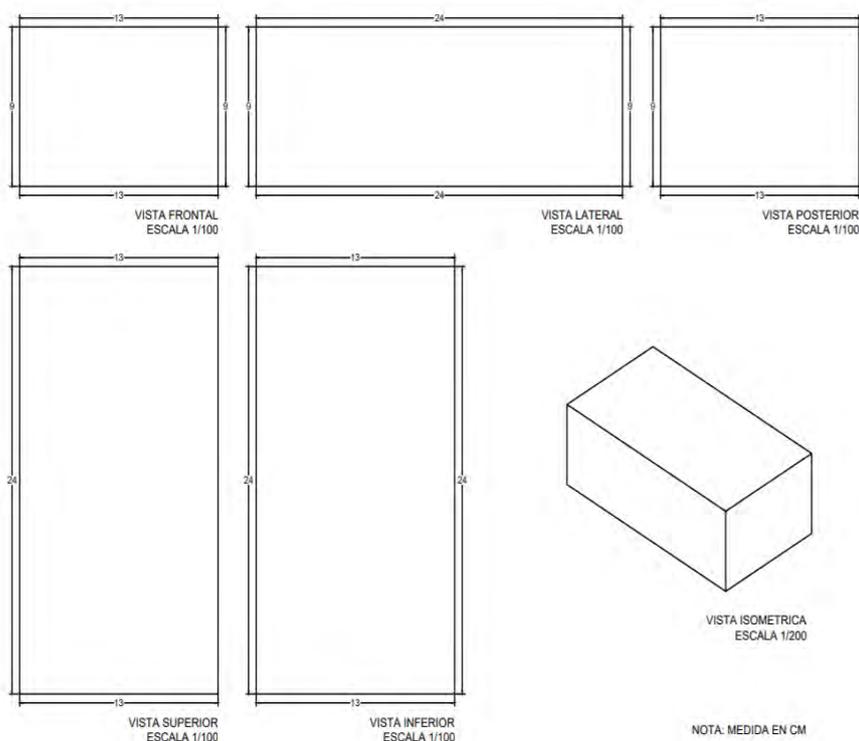
| ECOLADRILLO | |
|---|---|
| Nombre del producto | <p>ECOLADRILLO</p>  |
| Descripción del producto | <p>Adoquines de cemento y plástico, utilizados como ladrillos ecológicos, los cuales tienen forma de paralelepípedo de medidas 24x13x9 cm.</p> <p>Se diferencia de otros adoquines tradicionales porque utiliza plástico reciclado en sus componentes que lo determina como un producto amigable con el medio ambiente.</p> |
| Usos del producto | Utilizados en obras de construcción como viviendas, edificios, muros, vías, recubrimientos, cercos perimétricos, etc. |
| Lugar de elaboración | Provincia de Piura |
| Composición principal del producto | <ul style="list-style-type: none"> • Plástico reciclado • Cemento • Agua |

ECOLADRILLO

Presentación comercial



Presentación técnica



Objetivos del producto

- Ecológico: disminuir la contaminación del medio ambiente producida por desechos plásticos.
- Económico: desarrollo de un producto a bajo costo y

| ECOLADRILLO | |
|------------------------------------|---|
| | <p>al alcance de las familias piuranas que permita mejoras en el ámbito de construcción de la región.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Innovación: desarrollo de un nuevo producto con la misma función de un ladrillo tradicional y características positivas adicionales como aislación térmica, peso y resistencia mecánica. • Tecnológico: desarrollar componentes de construcción livianos, de buena aislación térmica, y resistencia mecánica suficiente para cumplir la función misma de un ladrillo común. • Social: generar concientización en toda la región para un correcto uso de los productos reciclados. <p>Trabajar con las pequeñas agrupaciones de recicladores de la zona, con el fin de desarrollar nuevos puestos de trabajo.</p> <p>Capacitaciones a centros poblados para que sean capaces de crear sus propios ladrillos para su posterior uso en construcciones.</p> |
| Características principales | <ul style="list-style-type: none"> • Livianos, debido a que contienen plástico, característico por tener bajo peso específico. • Buen aislador térmico. • Muy buena resistencia al fuego. • Excelente resistencia acústica. • Resistencia similar e incluso superior a la de ladrillos tradicionales. • Igual absorción del agua que los ladrillos comunes. |

Fuente: Elaboración Propia

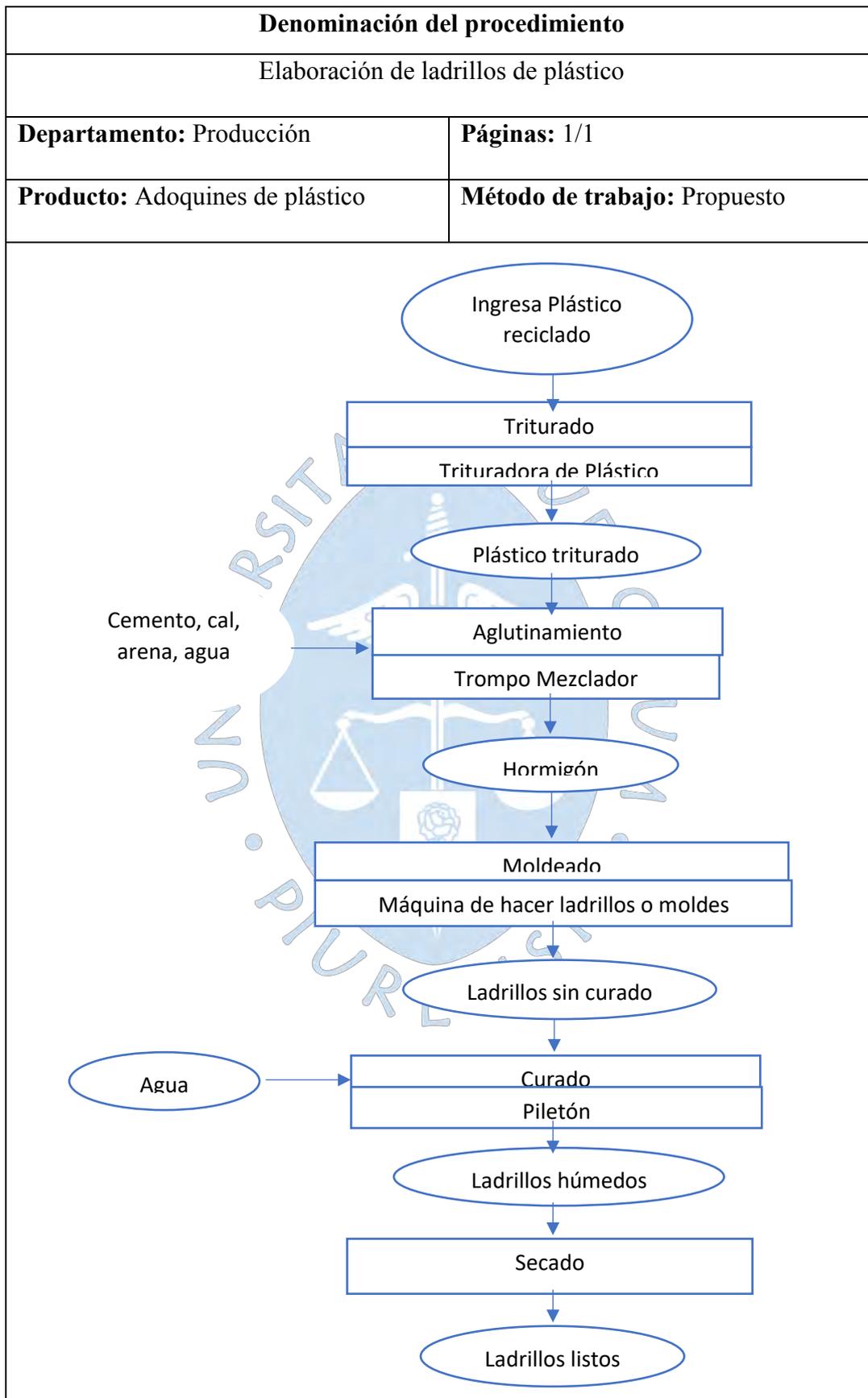
7.1.2. Manual de procesos (MAPRO)

Es un documento que contiene la descripción de actividades que se desarrollan con el fin de lograr un objetivo. Este manual describe los procedimientos que intervienen durante el proceso e indican las responsabilidades que tienen cada uno de ellos.

Un manual de procedimientos es importante porque contiene información, formularios, autorizaciones, documentos, descripciones de maquinaria y equipos y cualquier otro dato que suponga participación en la empresa. Con ello se puede conocer el funcionamiento interno, es decir las tareas, ubicación, requerimientos y los puestos responsables que desarrollan distintas actividades en el proceso productivo. (Municipalidad de Moyobamba, 2011).

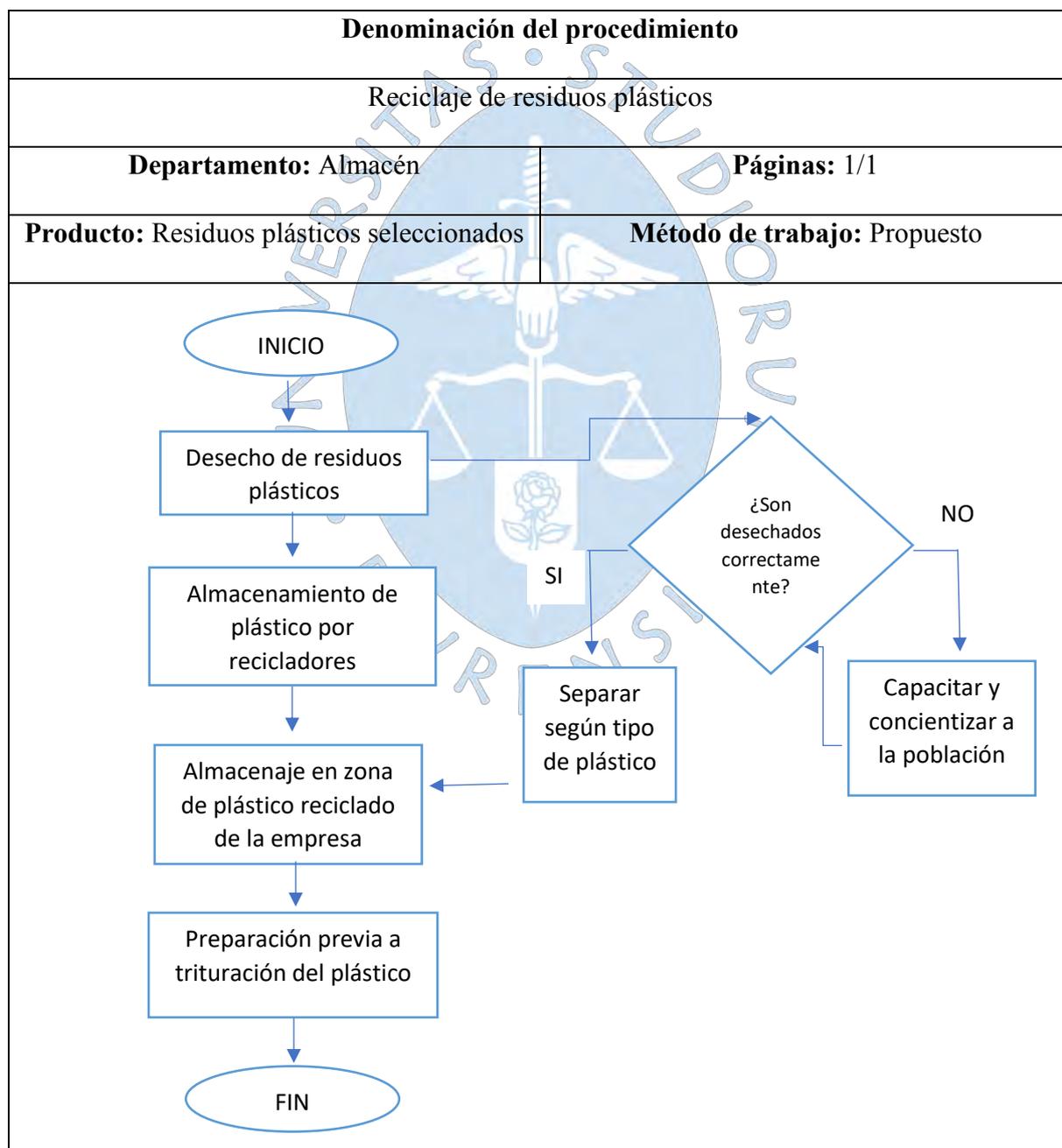
- **Objetivos:** Determinar una serie de procedimientos que se llevarán a cabo para convertir la materia prima en un producto terminado. Para ello se especifica las distintas actividades de forma detallada, con el fin que se integre toda la información y que se encuentre al alcance de los distintos actores de la empresa.
- **Alcance:** Con el Alcance se pretende determinar qué originó la necesidad de desarrollar el proyecto y qué actividades se deben llevar a cabo para cumplir con los objetivos planteados. Esta descripción debe ser a detalle para poder realizar las diferentes tareas que den como resultado el producto final inicialmente planteado.
- **Diagramas de procesos:** Se presenta a continuación cada uno de los procesos identificados en el desarrollo del proyecto donde se pretende obtener como producto final ladrillos ecológicos a base de plástico reciclado.



Tabla 50. Elaboración de ladrillos de plástico**Fuente:** Elaboración propia

- Reciclado de plástico:** La cantidad de desechos plásticos en la ciudad de Piura es muy elevada, esto es producto de un excesivo consumo de envases plásticos, que tras ser usados en su mayoría una vez, son desechados por sus consumidores, que en su gran mayoría no lo hacen en lugares correctos. Con este proyecto se pretende trabajar juntamente con la municipalidad para gestionar un trabajo de la comunidad donde se promueva el correcto reciclaje de los envases plásticos y también con pequeñas organizaciones de recicladores en la región, de tal manera que se apoye el trabajo de estas personas y puedan así generar mayores ingresos.

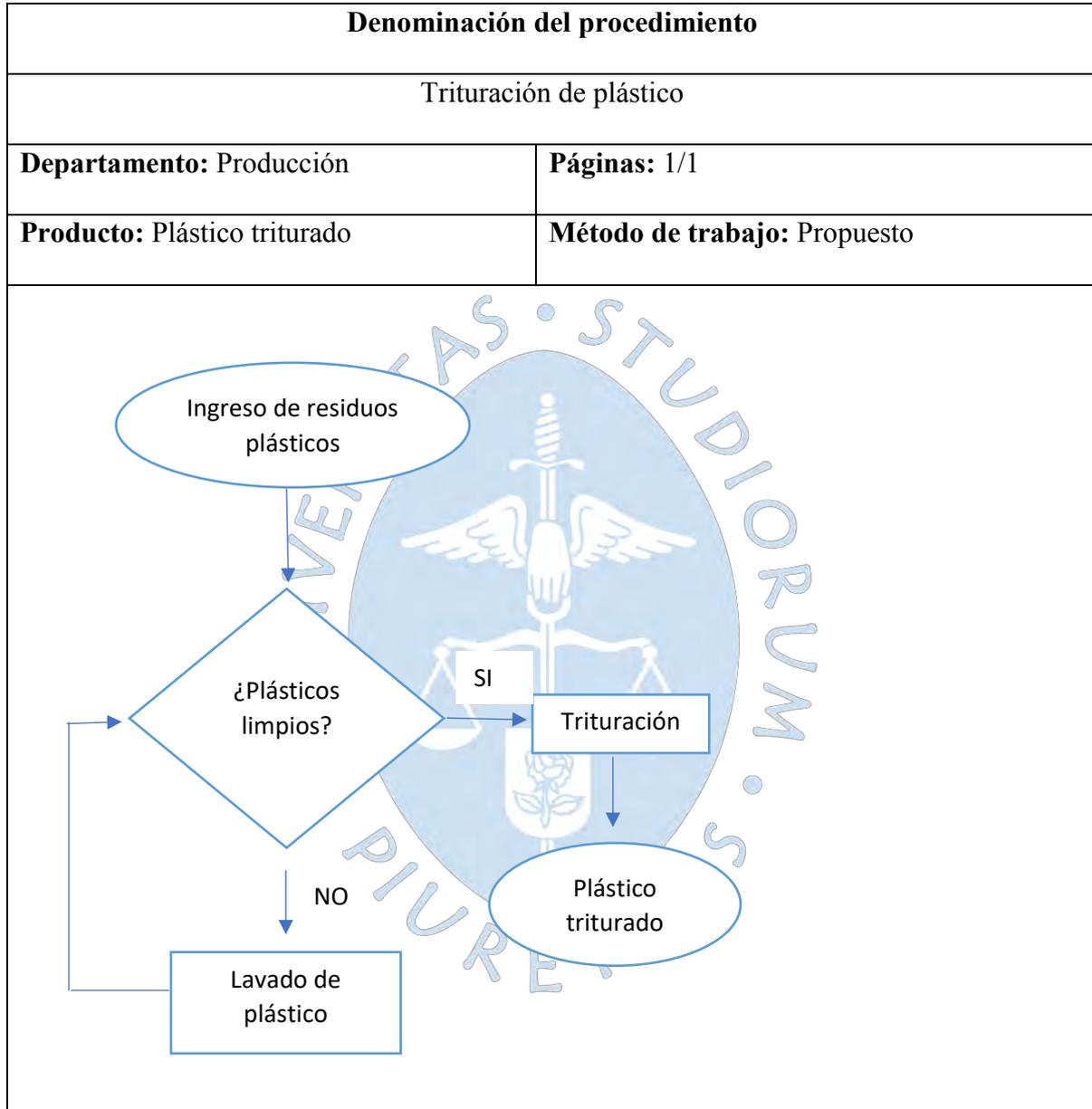
Tabla 51. Reciclaje de residuos plásticos



Fuente: Elaboración propia

- **Triturado de plástico:** En este proceso se realiza el triturado de plástico donde los desechos pasan a ser desmenuzados a través de un triturador que, por medio de un juego de cuchillas giratorio, reduce a pequeños trozos el material.

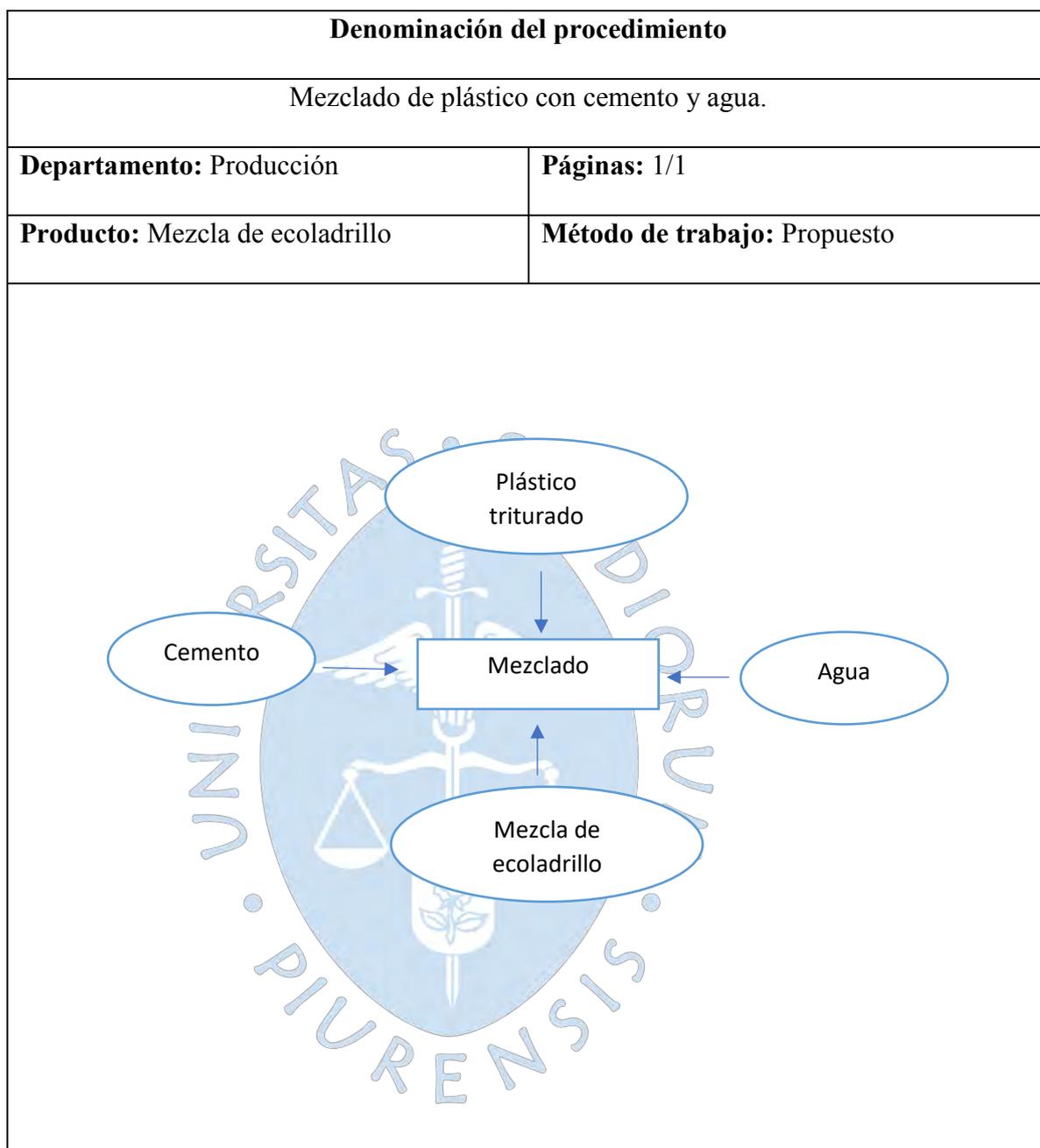
Figura 64. Trituración de plástico



Fuente: Elaboración Propia

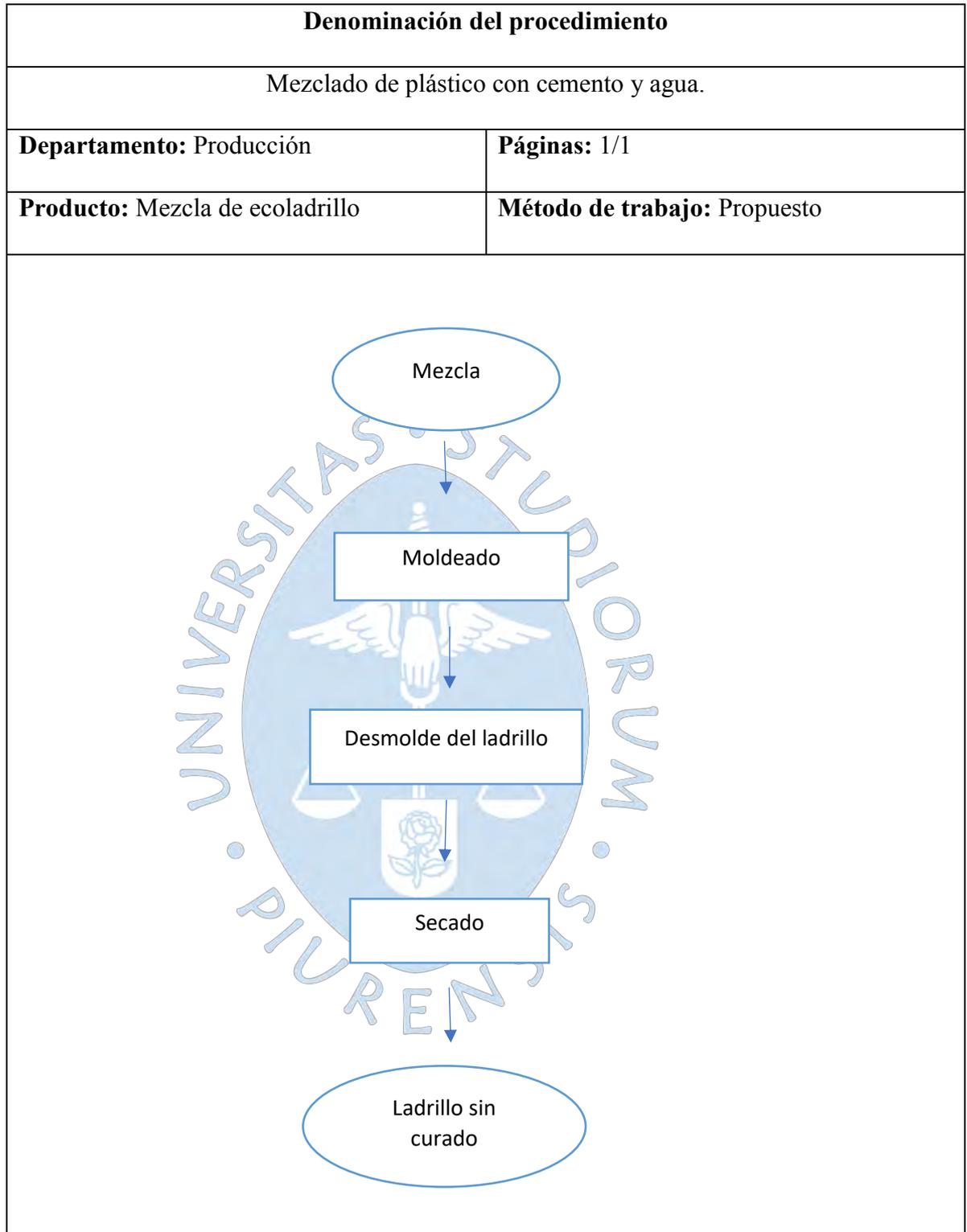
- **Mezclado de plástico con cemento y agua:** Se procede a mezclar los componentes principales que dan origen al ecoladrillo. Estos son cemento, residuos plásticos previamente triturados y agua. Las cantidades están definidas anteriormente en el desarrollo del prototipo.

Figura 65. Mezclado de plástico con cemento y agua



Fuente: Elaboración propia

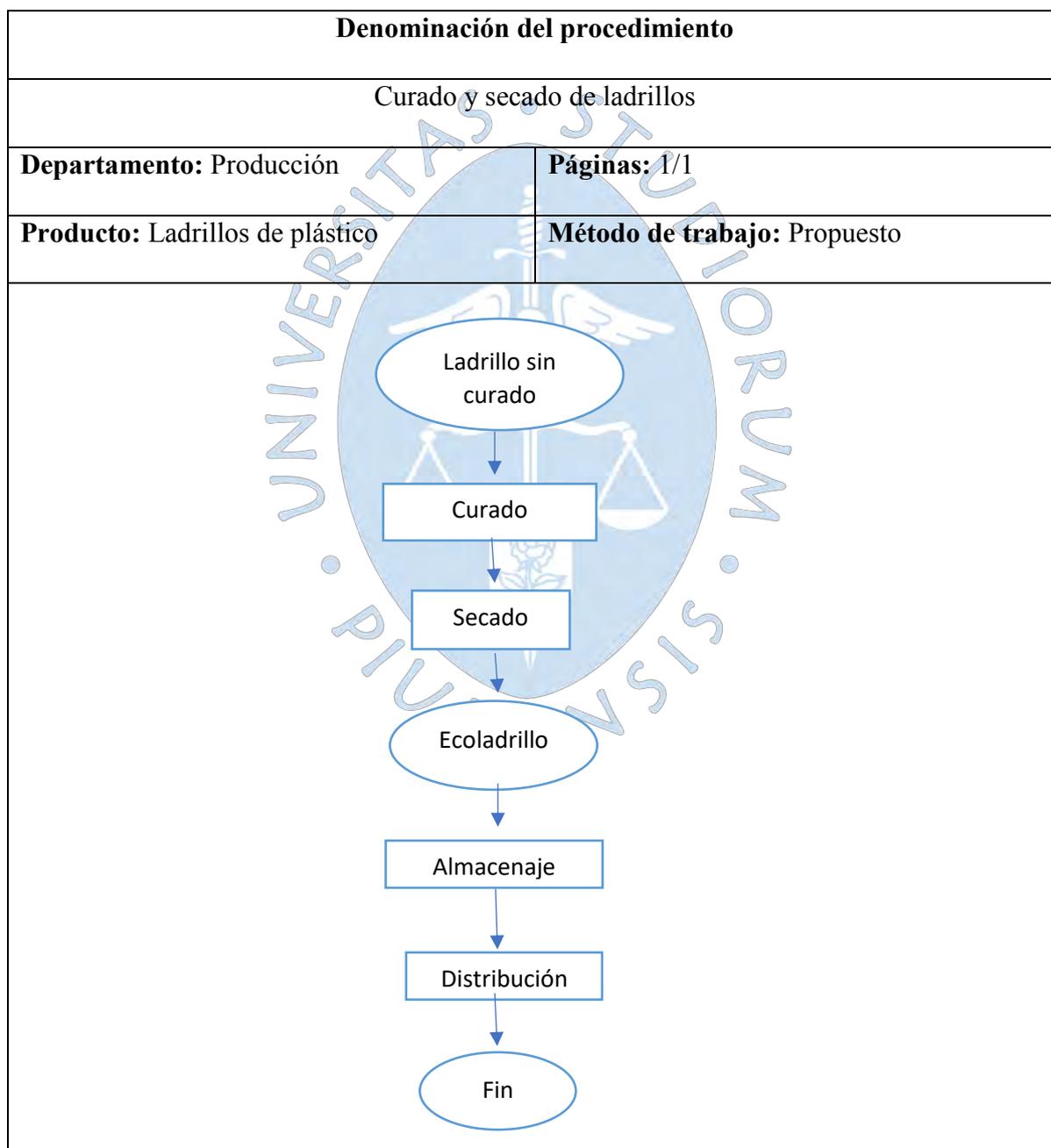
- **Moldeado:** Con la mezcla ya lista se procede a colocarla en el molde adecuado, de tal manera que obtenga las medidas requeridas, que son 24x13x9 cm.

Figura 66. Mezclado de plástico con cemento y agua.**Fuente:** Elaboración propia

- **Curado y secado:** Después de obtener el ladrillo, se deja secar por un día y se procede al curado, que es un procedimiento donde los ladrillos se sumergen en un contenedor con agua durante 7 días con la finalidad que estos adquieran sus características de cohesión.

Después de esto se procede al secado, que dura aproximadamente 28 días si se trata de un secado natural, a temperatura ambiente. Con este último proceso el ladrillo adquiere sus propiedades mecánicas características.

Tabla 52. Curado y secado de ladrillos



Fuente: Elaboración propia

7.1.3. Capacidad de Producción

En este segmento de análisis se pretende determinar el número de unidades que la planta puede alojar, recibir, almacenar o producir en un periodo de tiempo específico. La capacidad de producción será determinada por la estimación de la demanda planteada, de tal manera que se logre cubrir con los pedidos encargados de manera óptima y no haya un exceso de producción que genere costos adicionales de almacenaje.

Es importante que la capacidad de producción vaya acorde con la misión y visión de la empresa, de tal manera que pueda cumplir con los objetivos inicialmente planteados. Para analizar la capacidad de producción, se tomó en cuenta tres horizontes de tiempo:

- Capacidad a corto plazo (hasta 3 meses): programación de trabajos, personas y asignación de maquinaria. En este punto es difícil cambiar la capacidad, por lo que debe usarse la ya existente.
- Capacidad a mediano plazo (3 a 18 meses): se puede agregar equipos, personal y turnos e incluso subcontratar, almacenar o utilizar el inventario. Aquí interviene la Planificación agregada.
- Capacidad a largo plazo (mayor a 1 año): en este tiempo se puede agregar instalaciones y equipo de acuerdo con la variación que sufra la demanda.

7.1.3.1. Dimensionamiento de la Capacidad de Producción

La capacidad de una planta tiene distintas formas de medirla, se basa en la cantidad de recursos que entran y que están disponibles con relación a los requerimientos de producción durante un periodo de tiempo determinado. Medir esta capacidad de producción implica que se debe encontrar la cantidad de producción que se necesita para satisfacer la demanda actual y futura. Además, si es posible o no el cumplimiento de esta.

La capacidad de diseño es la producción teórica máxima de un sistema en un periodo de tiempo bajo condiciones ideales. Generalmente se expresa como una tasa, como el número de producción en unidades sobre un horizonte de tiempo, ya sea por semana, por mes o por año.

La capacidad efectiva es la capacidad que se espera alcanzar bajo condiciones reales y actuales. Normalmente la capacidad efectiva es menor que la capacidad de diseño debido a que ahora se toman en cuenta los parámetros reales.

Otra forma de medir la capacidad de planta es a través de la Utilización, que es el porcentaje de la capacidad de diseño que realmente se logra poner en marcha y la Eficiencia, que es el porcentaje de la capacidad efectiva que se alcanza realmente.

$$\text{Utilización} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Capacidad de diseño}}$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Capacidad efectiva}}$$

Para la determinación de la capacidad de la planta se tuvo en cuenta datos de la producción de ladrillos tradicionales en la ciudad de Piura. Sumado a ellos los estudios de mercado realizado para el proyecto y teniendo en cuenta el nivel de aceptación del producto, se pretende llegar al quinto año con una producción del 2% respecto a la producción de ladrillos tradicionales en la ciudad de Piura.

La producción base, sobre la que se ha trabajado esta estimación, es de 7294, 36 millares/mes, lo que genera una producción aproximada de 87532,32 millares/año.

Tabla 53. Producción estimada por horizonte de tiempo

| Horizonte de tiempo | Producción estimada (millares/año) |
|----------------------------|--|
| 1 año | 1579,958376 |
| 3 años | 1664,11408 |
| 5 años | 1750,6464 |
| 10 años | 1838,17872 |

Fuente: Elaboración propia.

Tomándose como base la masa promedio de un ecoladrillo (masa promedio: 5994 g), se determina la siguiente producción en peso de acuerdo con las demandas estimadas.

Tabla 54. Producción estimada de ecoladrillos en función a la masa del producto.

| Horizonte de tiempo | Cantidad de producción estimada (millares por año) | Masa total de producción estimada (Toneladas) |
|----------------------------|---|--|
| 1 año | 1579,958376 | 9.4703 |

| Horizonte de tiempo | Cantidad de producción estimada (millares por año) | Masa total de producción estimada (Toneladas) |
|---------------------|--|---|
| 3 años | 1664,11408 | 9,9747 |
| 5 años | 1750,6464 | 10,4934 |
| 10 años | 1838,17872 | 11,0180 |

Fuente: Elaboración propia.

Para determinar la capacidad de producción, se ha adaptado el método de planificación de la capacidad utilizando datos de las proyecciones establecidas en la Tablas 55 y Tabla 56.

Se ha considerado los siguientes parámetros:

$$CP = f(A, B, C, D)$$

Tabla 55: Variables para definir capacidad de planta de producción.

| Variables | Valor |
|-------------------------------|---------------------------------------|
| CP: Capacidad de producción | En función de variables de producción |
| A: Días de trabajo/ año | 300 días laborables al año |
| B: Turnos de trabajo/ día | 1 turno de trabajo por día |
| C: Horas de trabajo/ turno | 8 horas laborables por turno |
| D: Unidad de producción/ hora | Acorde a la alternativa de tamaño |

Fuente: Elaboración propia, a partir de Chunga (2018)

Tabla 56. Alternativas de tamaño óptimo de planta.

| Variable | Alternativa 1 | Alternativa 2 | Alternativa 3 |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| CP (millares/año) | 1600 | 1800 | 2000 |
| A (días/año) | 300 | 300 | 300 |

| | | | |
|------------------------|------|------|------|
| B (turno/día) | 1 | 1 | 1 |
| C (horas/turno) | 8 | 8 | 8 |
| D (millar/hora) | 0,67 | 0.75 | 0.83 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 57. Requerimientos de recursos físicos.

| Tipo | Equipos | Marca | Capacidad | Cantidad |
|--------------------------|-----------------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| Maquinarias y Equipos | Balanza electrónica | Precisión Perú | 100 kg | 1 |
| | Triturador de Plástico | Industria nacional | 4 T m/H | 1 |
| | Mezcladora | Industria nacional | 10 Tm/H | 1 |
| | Cinta Transportado ra | Industria nacional | 10 Tm/H | 1 |
| | Moldes para ladrillos | Industria nacional | 24 unid. | 350 |
| | Montacarga | Toyota | 3.0 TM | 1 |
| | Camión | Jac | 5.0 TM | 1 |
| | Computadora | HP - Corel i3 | 4 GB RAM, 1 TB | 4 |
| Herramienta | Herramientas | Marca | Capacidad | Cantidad |
| | Tinas plásticas | Rey | 50 L | 6 |
| | Jarras plásticas | Rey | 1 L | 12 |
| | Coladores | Rey | Mediana | 12 |
| | Tablas de Muestreo | Rey | Mediana | 6 |

| Tipo | Equipos | Marca | Capacidad | Cantidad |
|-------------|-------------------------------|--------------------|------------------|-----------------|
| | Lampas | Incoresa | Tipo cuchara | 6 |
| | Dinos - Envases Plásticos | Rey | 200 L | 3 |
| | Recogedor | Rey | Mediana | 12 |
| | Paletas | Rey | Mediana | 12 |
| | Materiales de laboratorio | Varios | | 1 |
| | Herramientas de Mantenimiento | Varios | | 1 |
| | Mesa de trabajo | Industria nacional | 3 x 3 m. | 3 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de Chunga, Morales, & Valdivia (2018)

7.1.3.2. Consideraciones para la decisión sobre la capacidad

Los aspectos para tener en cuenta son:

- Un pronóstico de la demanda con exactitud ayuda a determinar cuál sería el mejor programa de producción para lanzar el nuevo producto y compararlo con productos parecidos ya existentes en el mercado.
- Una vez que se tiene el volumen de producción se debe investigar que tecnologías son necesarias además de analizar los costos, los recursos humanos necesarios, la calidad y la confiabilidad.
- Se debe encontrar el nivel de operación óptimo para eso la tecnología con la que se cuenta y la capacidad necesaria determinan el mejor tamaño óptimo de una instalación.
- Siempre estar preparado para la incertidumbre del mercado. Es importante tener flexibilidad en las instalaciones y equipos.

7.2. Cadena de Suministro

La cadena de suministros de las empresas ladrilleras en la región de Piura cuenta con cuatro tipos de entes: Proveedores, productores (las empresas mismas), distribuidores y consumidores finales. A continuación, se muestra una figura donde se puede apreciar la cadena de suministros que se presenta en la empresa.

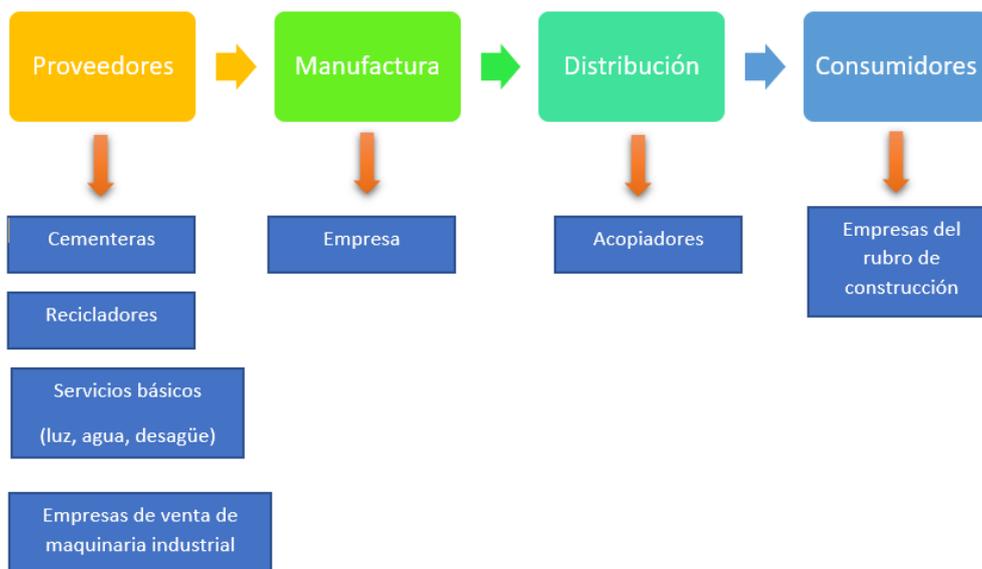


Figura 67. Cadena de suministros de empresas ladrilleras en Piura

Fuente: Elaboración propia, a partir de Soriano (2014)

- **Proveedores:** este sector es muy importante en la cadena de suministros, ya que con ellos se inicia el proceso de producción, obteniendo la materia prima u otros componentes necesarios para llevar a cabo las actividades que den por terminado el producto.

Los principales proveedores en esta empresa son:

- **Cementeras:** proveen de una de las materias primas fundamentales a la empresa para la producción de ladrillos ecológicos.
- **Recicladores:** pueden ser pequeños grupos de personas dedicadas a esta labor, hasta el mismo municipio, con el que se pretende llevar a cabo campañas de reciclaje con un fin de concientización a la población.
- **Servicios de agua y luz:** es importante contar con servicios básicos en la empresa para la realización de distintas actividades. Una de ellas y que hace hincapié al agua es la del proceso del mezclado, donde este insumo es necesario para llevar a cabo la producción.
- **Empresas de venta de equipo y maquinaria industrial:** como se detalló en un principio, es necesario que la planta se encuentra bien equipada para que el proceso productivo sea realizado de manera óptima.
- **Empresas logísticas de distribución:** el proceso de distribución será en parte tercerizado, por ello es necesario contratar empresas logísticas para que se

encarguen de llevar los productos terminados a los principales compradores y puntos de venta.

- **Manufactura:** este proceso se llevará a cabo dentro de la empresa, donde el fin principal será convertir la materia prima en producto terminado.
- **Distribución:** la distribución del producto a los puntos finales se llevará a cabo de dos formas:
 - Empresas logísticas tercerizadas: se encargarán de llevar los productos a otras empresas o puntos de ventas finales.
 - Venta de productos a compradores industriales en la misma fábrica.
- **Consumidores:** los consumidores finales serán aquellas personas con fines en el ámbito de construcción, que usarán los ladrillos ecológicos para edificaciones entre otros proyectos.

7.3. Manual de Operaciones y Funciones (MOF)

Para poder llevar a cabo el buen manejo de una empresa es necesario la correcta distribución de las funciones a desarrollarse en esta, es por esto por lo que, basados en lo que propone Chunga, Morales y Valdivia (2018) se determinó la siguiente distribución para cargos para en la empresa productora de ladrillos (Ver Figura 68).

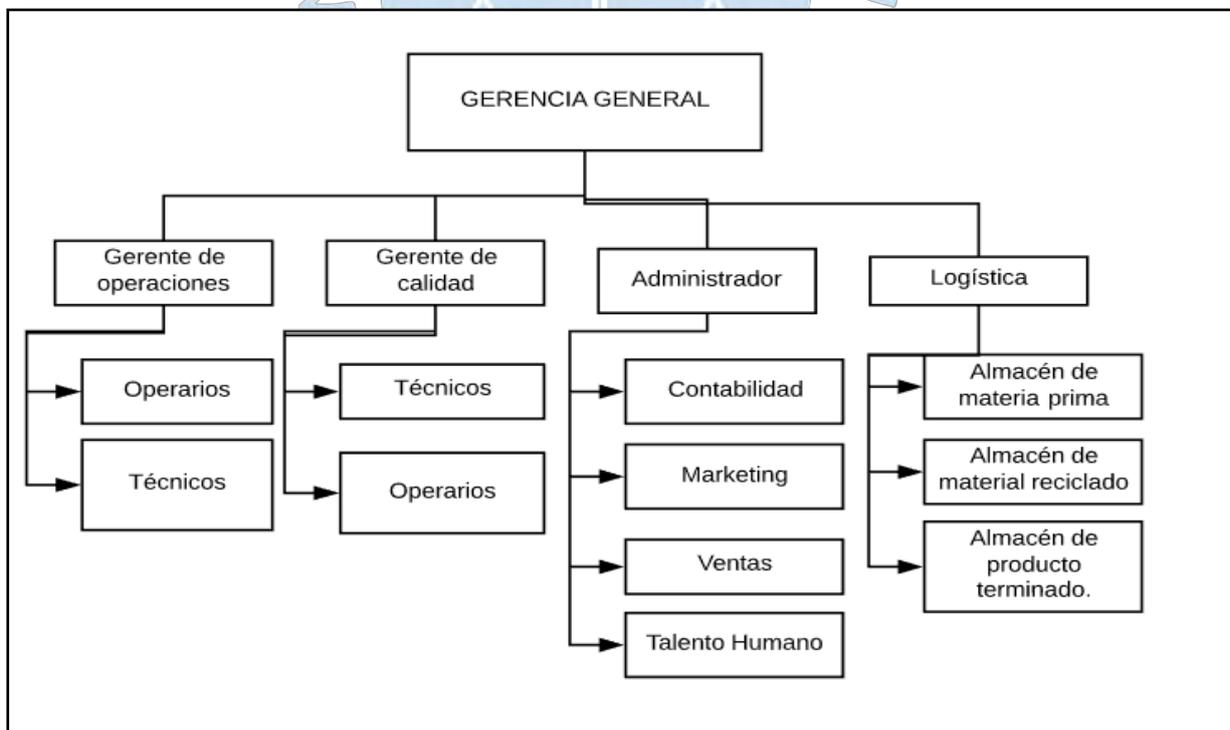


Figura 68. Organigrama de la empresa

Fuente: Elaboración propia

Un manual de organización y funciones (MOF) contiene la información de las funciones que desempeña cada unidad orgánica que se encuentra en un organigrama. A continuación, se describirá cada función según la estructura propuesta del MOF. (Ver tabla 58)

Tabla 58. MOF del administrador

| I. Identificación del cargo | |
|---|--------------------------------|
| Título del puesto: | Administrador |
| Supervisa a: | Todo el personal de la empresa |
| II. Misión del puesto | |
| Dirigir todas las áreas de la empresa y mantener el flujo de la información. | |
| III. Funciones principales | |
| Realizar reportes de asistencia del personal bajo su mando. Realizar análisis de resultados diariamente. Llevar el control de costos. Realizar el control de inventarios de materia prima y de suministros. Realizar pagos a proveedores. Hacer reportes de cierres diarios de la operación. | |
| IV. Conocimientos/ Competencias | |
| Manejo de personal. Conocimientos de contabilidad y estrategias de mercado. Manejo de herramientas tecnológicas. Solución de problemas. Liderazgo. Responsabilidad. | |

Fuente: Elaboración propia a partir de Chunga, Morales, & Valdivia (2018)

Tabla 59. MOF del gerente de operaciones

| I. Identificación del cargo | |
|--|---|
| Título del puesto: | Gerente de operaciones |
| Supervisa a: | Asistente y supervisores de operaciones |
| II. Misión del puesto | |
| Velar por la efectividad de las operaciones y el cumplimiento de los estándares de calidad. | |
| III. Funciones principales | |
| Revisión y aprobación de planes de producción y su planificación. Verificar el almacenamiento de los productos. Desarrollo de planes estratégicos de producción. Realizar y controlar los presupuestos de maquinaria y personal. Verificar la calidad de la materia prima. Elaborar reportes de resultados. | |
| IV. Conocimientos/ Competencias | |
| Manejo de personal. Facilidad de palabra. Manejo de normativas de seguridad y producción. Conocimiento en maquinaria de producción. Proactivo. Dinámico. | |

Fuente: Elaboración propia a partir de Chunga, Morales, & Valdivia (2018)

Tabla 60. MOF del operario de producción

| I. Identificación del cargo | |
|---|----------------------------|
| Título del puesto: | Operario de producción |
| Supervisa a: | No tiene personal a cargo. |
| II. Misión del puesto | |
| Mantener el buen funcionamiento de la línea de producción diaria. | |
| III. Funciones principales | |
| Realizar las tareas designadas dentro de la cadena productiva. Elaborar reportes de fallas de la maquinaria o de los productos hechos. Revisar la calidad y detectar los errores. Revisar diariamente el estado del equipo y de los materiales. Depositar los desechos de la materia prima donde corresponda. Revisar las medidas de seguridad de la planta. | |
| IV. Conocimientos/ Competencias | |
| Manejo de maquinaria de producción. Conocimiento de términos técnicos de la maquinaria. Experiencia laboral en cadenas de producción (deseable). Conocimiento en maquinaria de producción. | |

Fuente: Elaboración propia a partir de Chunga, Morales, & Valdivia (2018)

Tabla 61: MOF del técnico

| I. Identificación del cargo | |
|---|----------------------------|
| Título del puesto: | Técnico |
| Supervisa a: | No tiene personal a cargo. |
| II. Misión del puesto | |
| Mantener el buen funcionamiento de la línea de producción diaria. | |
| III. Funciones principales | |
| Realizar las tareas designadas dentro de la cadena productiva. Elaborar reportes de fallas de la maquinaria o de los productos hechos. Revisar la calidad y detectar los errores. Revisar diariamente el estado del equipo y de los materiales. Depositar los desechos de la materia prima donde corresponda. Revisar las medidas de seguridad de la planta. | |
| IV. Conocimientos/ Competencias | |
| Manejo de maquinaria de producción. Conocimiento de términos técnicos de la maquinaria. Experiencia laboral en cadenas de producción (deseable). Conocimiento en maquinaria de producción. | |

Fuente: Elaboración propia a partir de Chunga, Morales, & Valdivia (2018)

Tabla 62: MOF del asistente administrativo

| I. Identificación del cargo | |
|---|----------------------------------|
| Título del puesto: | Asistente administrativo |
| Supervisa a: | Vendedores y asistentes de campo |
| II. Misión del puesto | |
| Maximizar la rentabilidad de la empresa a través de la incrementación de ventas y el volumen. | |
| III. Funciones principales | |
| Elaborar esquema de ventas. Difundir los resultados de venta a los supervisores. Realizar visitas a los clientes. Controlar el presupuesto de ventas. Verificar las entregas de los productos vendidos. Elaborar reportes de resultados. | |
| IV. Conocimientos/ Competencias | |
| Conocimiento en técnicas de venta. Facilidad de palabra. Vocación para las ventas. Conocimiento en negociaciones y cierres de venta. Proactivo. Amplia red de contactos. | |

Fuente: Elaboración propia a partir de Chunga, Morales, & Valdivia (2018)

Tabla 63. MOF del vendedor

| I. Identificación del cargo | |
|---|------------------------------|
| Título del puesto: | Vendedor |
| Supervisa a: | No tiene personal a su cargo |
| II. Misión del puesto | |
| Maximizar la rentabilidad de la empresa a través de la incrementación de | |
| III. Funciones principales | |
| Elaborar esquema de ventas. Difundir los resultados de venta a los supervisores. Realizar visitas a los clientes. Controlar el presupuesto de ventas. Verificar las entregas de los productos vendidos. Elaborar reportes de resultados. | |
| IV. Conocimientos/ Competencias | |
| Conocimiento en técnicas de venta. Facilidad de palabra. Vocación para las ventas. Conocimiento en negociaciones y cierres de venta. Proactivo. Amplia red de contactos. | |

Fuente: Elaboración propia a partir de Chunga, Morales, & Valdivia (2018)

Tabla 64. MOF del asistente de campo

| I. Identificación del cargo | |
|---|------------------------------|
| Título del puesto: | Asistente de campo |
| Supervisa a: | No tiene personal a su cargo |
| II. Misión del puesto | |
| Maximizar la rentabilidad de la empresa a través de la incrementación de | |
| III. Funciones principales | |
| Elaborar esquema de ventas. Difundir los resultados de venta a los supervisores. Realizar visitas a los clientes. Controlar el presupuesto de ventas. Verificar las entregas de los productos vendidos. Elaborar reportes de resultados. | |
| IV. Conocimientos/ Competencias | |
| Conocimiento en técnicas de venta. Facilidad de palabra. Vocación para las ventas. Conocimiento en negociaciones y cierres de venta. Proactivo. Amplia red de contactos. | |

Fuente: Elaboración propia a partir de Chunga, Morales, & Valdivia (2018)

7.4. Tecnología, maquinaria y equipo

Para poner el proyecto en marcha exitosamente, se deberá contar la tecnología, maquinaria y equipos para las diversas zonas de producción y procesos de transformación de ladrillos ecológicos especificadas en apartados anteriores. Es importante describir las funciones y el modo de operar de estas.

7.4.1. Mezcladora de cemento

Es una máquina para elaborar el hormigón, donde se introducen los agregados (arena, confitillo, agua, cemento), y como salida se obtiene una mezcla homogénea lista para el curado. Esta máquina cuenta con un trompo, el cual agiliza el trabajo ya que permite al operario manipular la ubicación de los elementos que se están utilizando. En la Figura 69, se puede apreciar la imagen de una mezcladora convencional. (EcuRed, 2019).



Figura 69. Mezcladora de cemento

Fuente: Albiz (2019)

La mayor ventaja que existe al utilizar una mezcladora es la homogeneidad. Esto significa que la mezcla tendrá proporciones iguales de los componentes, lo que garantizará la resistencia del hormigón. En la operación de mezclado, o aglutinamiento, hay otros factores que considerar como el tiempo de mezclado. Este tiempo abarca desde que los elementos ingresan a la máquina hasta que sale la mezcla homogénea. Este tiempo depende del tipo de mezcladora utilizada, o de los procesos que han seguido los insumos en etapas anteriores. Considerando todo esto, este tiempo no puede ser menor a dos minutos (Aceros Arequipa, 2018).

La mezcladora que se utilizará en el proyecto es la mezcladora de Tolva, por su facilidad para poder colocar distintos agregados mientras se realiza la mezcla.

7.4.2. Trituradora de plástico

Esta máquina se encarga del proceso de triturado del plástico (ya sea PVC, PEBD o PET). Y se plantea la obtención de máquinas similares a las que ofrece la marca LIDEM, que cuenta con tres modelos de distintas capacidades (Modelo CRS8 15N: 10000 kg/hora, Modelo CRS5 10NA: 5000 kg/hora, Modelo CRD5 10NA: 3500 kg/hora). Considerando la capacidad de producción inicial, bastará con una de modelo CRD5, posteriormente se podría remplazar por la CRS5 o CRS8. Importada. (Ver figura 70)



LIDEM

Figura 70. Trituradora de media capacidad

Fuente: LIDEM. (2019)

7.4.3. Moldes de concreto

La mezcla de hormigón queda en un estado homogéneo luego de pasar por las máquinas mezcladoras, pero necesitará de una herramienta que le dé forma a esta mezcla. Es en este punto donde entra a tallar los moldes de concreto. En un proyecto a menor escala se pueden utilizar moldes donde se introduzca el hormigón de forma manual, uno por uno, en cada molde o incluso se pueden fabricar moldes de forma artesanal con elementos de fácil acceso. En la figura 71 se puede ubicar un molde para fabricar concreto que está a la venta en la actualidad:



Figura 71. Moldes de concreto

Fuente: Mercado Libre

7.4.4. Máquina compactadora de concreto

Para fabricar bloques de concreto de forma industrial se requiere de una máquina compactadora de concreto. Donde se ingrese la mezcla de hormigón y de forma automática proceda a compactar y moldear los bloques. En la figura 72, se puede observar una máquina de este tipo:



Figura 72. Máquina compactadora de concreto

Fuente: Made in China (2017)

Esta máquina compactadora cuenta con una estructura móvil que recoge el hormigón, realiza un movimiento hacia arriba para luego compactar hacia abajo donde están las placas metálicas que sirven como moldes, dándole forma a los bloques. Con ayuda de esta compactadora ya no es necesaria la mano de obra que se encargaría de depositar el concreto en los moldes, generando homogeneidad y reduciendo la incertidumbre en el proceso.

7.4.5. Cuarto de Curado

En el proceso de elaboración de bloques de concreto, hay una etapa de curado que se encarga de hidratar los bloques antes de pasar a su entrega. En una planta de fabricación de estos bloques es muy común la utilización de cuartos de curado, los cuales cuentan con un amplio espacio de almacenamiento y con rociadores ubicados en la parte superior de los cuartos.

Estos rociadores se encargan de arrojar agua pulverizada a los bloques, y en un tiempo de 24 horas los bloques estarán listos para su entrega a los clientes. (Su Vivienda TV, 2013).

En los cuartos de curado se deben tener en cuenta los parámetros de humedad y temperatura. En el Laboratorio de Aseguramiento de Calidad S.A. de C.V., se encargan de mantener sus cuartos de curado con una humedad mayor o igual a 95%, y una temperatura de 23°C. (LACSA, 2016).

El elemento principal de esta etapa, sin ninguna duda, es el agua. Es por ello por lo que resulta importante especificar algunas características que debe tener este fluido en el momento de su aplicación. Se recomienda que la temperatura del agua tenga valores cercanos a 17.2 °C, y que mediante un control electrónico se mantenga esta temperatura. En el caso de que los cuartos de curado consistan en tanques de agua en los que se sumerjan los bloques en vez de

usar rociadores, el control de temperatura se puede ejecutar a través de un cable de calefacción, ubicado bajo el tubo que se encarga de llevar el agua. En Inglaterra se ha aceptado como temperatura normal de curado, la de 64 °F o 17.7 °C. (ICE, 1956).

7.5. Localización y Distribución en planta

Es importante determinar la localización óptima de la planta, considerando la cercanía de los abastecedores de materia prima, la facilidad de transporte, entre otros factores. Además, se debe tener claro cómo se distribuirá la planta (en cuánto a las áreas y ubicación de maquinaria y equipos), de manera que brinde un funcionamiento óptimo.

7.5.1. Localización de la planta

Este segmento busca determinar la ubicación óptima donde colocar la planta de fabricación de ladrillos hechos a base de residuos plásticos en la ciudad de Piura. Para poder determinar esta ubicación se tuvo en cuenta los siguientes factores:

- Cercanía a la materia prima
- Servicio de energía eléctrica
- Servicio de agua
- Mano de obra
- Vía de exportación
- Mercado objetivo
- Condiciones climáticas
- Elementos sociales o comunidad
- Aspecto legal

La elección de la ubicación cuenta con los requisitos anteriormente planteados, con el fin de elegir la mejor alternativa para la empresa y que muestre el mínimo costo de producción. (Krajewski, 2013).

En la ciudad de Piura se pueden identificar 3 alternativas potenciales para la ubicación de una planta de fabricación de ladrillos hechos a base de plástico. Estas alternativas son:

- **Alternativa I: Zona Industrial I:** Se considera esta alternativa debido a que en esta zona se encuentran varias empresas del sector industrial que vienen realizando diferentes tipos de actividades a lo largo de los años sin problema alguno. Sin embargo, la instauración de un nuevo centro comercial ha generado una mayor concentración de tráfico, lo que dificulta el paso de medios de transporte de gran tamaño hacia los puntos de fabricación de distintos productos.

- **Alternativa II: Zona Industrial II:** Se considera esta zona debido a su ubicación céntrica y accesible para las diferentes actividades que involucren a la fábrica y por ende su ubicación.

En esta zona se posicionan distintas empresas con fines industriales y debido a su localización estratégica, el flujo de entrada de materia prima y salida de existencias se hace de manera óptima, ya que la maquinaria pesada o los camiones de transporte no sufren inconvenientes para poder llegar a su destino.

Cabe resaltar también que en esta zona de Piura se ubica un local de Pacasmayo, que es considerada en el grupo de posibles stakeholders, ya que podría ser utilizada para adquirir materia prima para la posterior fabricación de ladrillos ecológicos.

- **Alternativa III: Zona Industrial III:** Esta zona es considerada dentro de nuestras alternativas porque está ubicada en las afueras de la ciudad, por lo que una posible construcción de una fábrica o el funcionamiento de esta no afectaría la tranquilidad de habitantes por ser una zona bastante desértica. Además, el paso de maquinaria pesada o camiones de carga sería relativamente fluido debido a que no hay tráfico recurrente en la zona. Otro punto a favor es la ubicación de una cantera y planta de Pacasmayo que como se expuso anteriormente, es considerado uno de nuestros posibles proveedores de materia prima, por lo que la ubicación de la planta de ladrillos ecológicos cercana a la planta de uno de sus proveedores resulta una opción bastante favorable.

7.5.1.1. Consideraciones legales

Se realizó un estudio de normas y reglamentos que regulan la actividad ladrillera y que se muestran en la siguiente tabla, donde se resalta el marco legal de referencia para nuestro proyecto.

Tabla 65. Marco legal de la empresa.

| Constitución/ Ley | Descripción |
|--|--|
| Constitución Política del Perú". 1993. | Tiene un nivel jerárquico mayor en el área legal, otorga expresamente la categoría de derecho fundamental de la persona a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida (Art. 2 inc. 22). A través de ella se otorga el Estado la política nacional del ambiente e incentiva el adecuado uso de recursos naturales. |

| Constitución/ Ley | Descripción |
|--|---|
| Décimo Novena Política de Estado: Desarrollo Sostenible y Gestión Ambiental | En el Acuerdo Nacional se menciona el compromiso para incluir la política ambiental a los demás sectores, con la finalidad de contribuir al desarrollo del Perú. A su vez el compromiso de institucionalizar la gestión ambiental, pública y privada. |
| Ley N°28611: Ley General del Ambiente. | A través de esta ley se define el derecho que una persona posee para tener un ambiente conforme a su necesidad es decir saludable, además este deberá contar con todas las características para el desarrollo de la vida y la preservación del paisaje y la naturaleza. |
| D. S. N°001-97-ITINCI: "... las empresas industriales manufactureras se adecuen a las normas de Protección Ambiental a ser aprobadas por el MITINCI". 05/01/1997 | Promueve procedimientos y plazos con la finalidad de desarrollar el programa de manejo ambiental, en cada una de las empresas dependiendo del lugar de ubicación de su respectiva municipalidad. Cumpliendo su programa de manejo ambiental las empresas no podrán paralizar sus actividades por este tema., art. 103 de la Ley N°23407. |
| D. S. N°019-97-ITINCI: "Reglamento de Protección Ambiental para el Desarrollo de las Actividades de la Industria Manufacturera". 26/09/1997 | El reglamento menciona que se debe realizar la política ambiental propuesta por el MINTINCI, el cual señala la importancia de la gestión ambiental. Dicha gestión tendrá que verse reflejada en las actividades que busquen la reducción de contaminantes. |
| Decreto Supremo N°057-2004 PCM. Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos N°27314. 24/07/2004 | Dentro del reglamento se hace referencia sobre el almacenamiento, recolección y distribución final de residuos sólidos que no pertenecen a alguna institución del estado (Título III, Capítulo II). |
| Reglamento de Estándares de Calidad Ambiental para Ruido D.S. N°085-2003-PCM | EA a través del reglamento se establece los horarios de atención los cuales deberán ser 07:00 a 22:00 horas en las mañanas y viceversa en las noches. |

Fuente: Elaboración propia, a partir de Chunga, Morales, & Valdivia (2018)

7.5.1.2. Determinación de localización óptima

Para analizar las diferentes opciones y elegir la más conveniente, se utilizó el Método de los Factores Ponderados, basados en lo expuesto por Krajewski (2013).

Tabla 66. Factores de Microlocalización

| Estratificación del Factor de Terreno | |
|---|---------|
| Atributo | Puntaje |
| Alta disponibilidad de terrenos | 15 |
| Regular disponibilidad de terreno | 10 |
| No se dispone de terreno | 5 |
| Estratificación de Factor de Construcción | |
| Atributo | Puntaje |
| Bajos costos de construcción | 15 |
| Regular costo de construcción | 10 |
| Altos costos de construcción | 5 |
| Estratificación del Factor de Cercanía a Materia Prima | |
| Atributo | Puntaje |
| Cerca de la fuente de materia Prima | 15 |
| No tan cerca a la fuente de materia prima | 10 |
| Lejos de la fuente de materia prima | 5 |
| Estratificación del Factor de Energía Eléctrica | |
| Atributo | Puntaje |
| Buena disponibilidad de energía | 15 |
| Regular disponibilidad de energía | 10 |
| Mala disponibilidad de energía | 5 |
| Estratificación del Factor de Agua | |
| Atributo | Puntaje |
| Buena disposición de agua y bajos costos | 15 |
| Regular disposición de agua y | 10 |

| | |
|---|---------|
| Costos | |
| Mala disposición de agua y altos costos | 5 |
| Estratificación del Factor Mano de Obra | |
| Atributo | Puntaje |
| Alta oferta y bajos costos | 15 |
| Regular oferta y costos regulares | 10 |
| Poco oferta y altos costos | 5 |
| Estratificación del Factor de cercanía a vías de expansión | |
| Atributo | Puntaje |
| Cerca de las vías de exportación | 15 |
| Regularmente lejos a las vías de exportación | 10 |
| Lejos a las vías de exportación | 5 |

Fuente: Chunga, Morales, & Valdivia (2018)

Bajo estas premisas se procede a evaluar las distintas alternativas propuestas y se selecciona el que tenga mayor puntaje.

Como se puede apreciar en la Tabla 66, los factores de Microlocalización a evaluar son terreno, construcción, cercanía a materia prima, energía eléctrica, agua, mano de obra y cercanía a vías de expansión; los mismos a los que se les otorga una ponderación de acuerdo con su nivel de importancia.

Tabla 67. Evaluación de factores de Microlocalización.

| Estratificación | | | | | | | |
|-----------------------------|--------------------|-------------------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|
| Factores de locación | Ponderación | Alternativas de localización | | | | | |
| | | Zona Industrial I | Zona Industrial II | Zona Industrial III | Zona Industrial I | Zona Industrial II | Zona Industrial III |
| Terrenos | 10 | 10 | 10 | 15 | 100 | 100 | 150 |
| Construcciones | 10 | 10 | 10 | 10 | 100 | 100 | 100 |
| Materia prima | 30 | 10 | 15 | 15 | 300 | 450 | 450 |
| Energía eléctrica | 10 | 15 | 15 | 10 | 100 | 150 | 150 |
| Agua | 10 | 15 | 15 | 10 | 100 | 150 | 150 |

| Estratificación | | | | | | | | |
|------------------------------|-----|----|----|----|------|------|------|--|
| Mano de obra | 10 | 15 | 15 | 10 | 100 | 150 | 150 | |
| Cercanía a vías de expansión | 20 | 10 | 15 | 15 | 200 | 300 | 300 | |
| Total | 100 | 85 | 95 | 85 | 1000 | 1400 | 1450 | |

Fuente: Elaboración propia.

Con base en lo calculado en la Tabla 67, la Zona Industrial III es la que ha obtenido el mayor puntaje, lo que refleja su aceptable identificación con los factores anteriormente analizados.

Esta alternativa, con 1450 puntos, se identifica como la mejor para ser elegida localización de la fábrica de ladrillos ecológicos, debido a su ubicación estratégica tanto para materia prima como para vías de expansión y otros factores que la califican como óptima.

7.5.2. Distribución de planta

La distribución de una planta es la disposición física de los elementos industriales que se utilizan para la producción en una determinada empresa. Esta distribución ordenada de un espacio incluye, tanto los espacios para movimiento de materiales, almacenamiento, trabajadores y todas demás actividades o servicio que requiera la empresa (Múñoz, 2012).

Para poder determinar la distribución en una planta, es necesario identificar los sectores principales en los que se dividirá y las máquinas y equipos necesarias en la producción, sobre todo los que requieren mayor espacio. La determinación de estos sectores es crucial para poder seleccionar el tamaño óptimo de terreno que requiere la empresa.

Determinar la distribución en una planta supone colocar máquinas y equipos de tal manera que los materiales puedan conducirse con facilidad y el mínimo de manipulación hasta convertirse en el producto final.

Según Más (2006), los objetivos de la distribución de planta son:

- Integración de todos los factores que afecten la distribución.
- Movimiento de material según distancias mínimas.
- Circulación del trabajo a través de la planta.
- Utilización “efectiva” de todo el espacio.
- Mínimo esfuerzo y seguridad con los trabajadores.

- Flexibilidad en la ordenación para facilitar reajustes o ampliaciones.

7.5.2.1. Tipos de distribución en planta

Existen distintos tipos de distribución en planta. Estos dependen del producto que se pretende producir y el tamaño de volumen en que se piensa hacer. A continuación, se presenta los tipos de distribución de planta que son tentativos a utilizar para este proyecto según (Más, 2006).

- **Distribución por procesos:** Esta forma de distribución es utilizada cuando la producción se organiza por lotes, de tal manera que las operaciones de un mismo proceso se agrupan en una misma área para realizar el trabajo de manera óptima, Cuando el trabajo es finalizado en una determinada zona, pasan a la siguiente y así sucesivamente hasta llegar a ser producto terminado.(Más, 2006).
 - a. Proceso de trabajo: puestos de trabajo situados por funciones homónimas. En algunas secciones los puestos de trabajo pueden llegar a ser muy similares, mientras que en otros bastante diferenciados.
 - b. Material en curso de fabricación: el material es desplazado por diferentes puestos de trabajo y secciones.
 - c. Versatilidad: muy versátil, se pueden producir distintos productos en las mismas instalaciones de la fábrica.
- **Distribución por producto, en cadena o serie:** En este tipo de distribución, se procede a realizar la fabricación del producto en una misma zona, donde se coloca los equipos y maquinaria necesaria y se suma a ello la intervención de los operarios que llevarán a cabo sus actividades de producción. Lo que se pretende es que el material se vaya moviendo conforme sea transformado hasta llegar a convertirse en el producto terminado. Con esta distribución se pretende reducir tiempos de fabricación y minimizar el manejo de materiales, por lo que supone ser un proceso mecanizado y automático.(Más, 2006)
 - a. Proceso de trabajo: puestos de trabajo según orden establecido implícitamente y buen aprovechamiento de superficie de la planta.
 - b. Material en curso de fabricación: alto grado de automatización de las máquinas.
 - c. Versatilidad: no admite la fabricación de otros productos diferentes para los que la planta fue inicialmente adaptada.

Para el desarrollo de este proyecto se determinó el uso de estos dos tipos de distribuciones dependiendo de las actividades realizadas en las distintas zonas de la empresa.

Es decir, se realizará un proceso más automatizado, de distribución en cadena, en la zona de producción, mientras que en el resto de las zonas estará determinado por distribuciones por procesos.

7.5.2.2. Características de distribución de plantas

De acuerdo con el sistema productivo existen distintos tipos de distribución de plantas. En el caso de una ladrillera, este se ajusta a distribución POR PRODUCTO, ya que los trabajadores y equipos se agrupan de acuerdo con las operaciones que se tienen que realizar para llegar al producto final. Las características de la Distribución de planta según los tipos se muestran en la Tabla 68 a continuación.

Tabla 68. Características de la distribución de planta

| | Producto | Proceso | Posición fija |
|----------------------|---|--|---|
| Producto | Estandarizado | Diversificados | Normalmente, bajo Pedido |
| | Alto volumen de Producción | Volúmenes de producción variables | Volumen de producción Bajo |
| Flujo de Trabajo | Línea Continua | Flujo Variable | Mínimo o Inexistente |
| | Las unidades siguen la secuencia de las operaciones | Cada ítem puede requerir una secuencia de operaciones propia | El personal, maquinaria y materiales van al producto cuando se necesita |
| Mano de Obra | Especializada y poco calificada | Fundamentalmente calificada | Alta flexibilidad de la mano de obra |
| | Capaz de realizar tareas rutinarias | Sin necesidad de una estrecha supervisión | |
| Manejo de Materiales | Previsible y a menudo, automatizado | Variable, a menudo hay duplicaciones, esferas y retrocesos | Variable, y a menudo escaso |

Fuente: Padilla (2006)

En una fábrica de producción, se debe tener en cuenta todas las áreas requeridas para un correcto uso de materia prima, almacenamiento, facilidad de despacho, por lo que es necesario tomar en cuenta todo ello antes de determinar la distribución de la planta.

En la siguiente figura (Figura 73), se muestra una tabla con los elementos indispensables en una fábrica de producción de ladrillos ecológicos, las dimensiones que tienen y el área aproximada que ocupan.

| Elementos | Cantidad | Dimensiones | | | Nº de lados | Ss (m ²) | Sg (m ²) | St (m ² /unid) | St (m ²) |
|-------------------------|-----------------|-------------|------|------|-------------|----------------------|----------------------|---------------------------|----------------------|
| | | L | A | H | | | | | |
| Producción | | | | | | | | | |
| Balanza electrónica | 2 | 0.39 | 0.35 | 0.75 | 3.00 | 0.14 | 0.41 | 0.55 | 1.09 |
| Triturador de Plástico | 1 | 3.50 | 4.20 | 1.50 | 3.00 | 14.70 | 44.10 | 58.80 | 58.80 |
| Mezcladora | 1 | 4.50 | 3.20 | 1.59 | 3.00 | 14.40 | 43.20 | 57.60 | 57.60 |
| Tornillos helicoidales | 2 | 5.00 | 0.40 | 0.40 | 1.00 | 2.00 | 2.00 | 4.00 | 8.00 |
| Cinta Transportadora | 1 | 5.00 | 0.60 | 0.40 | 1.00 | 3.00 | 3.00 | 6.00 | 6.00 |
| Moldes x 24 unidades | 350 | 1.50 | 0.50 | 0.05 | 2.00 | 0.75 | 1.50 | 2.25 | 26.25 |
| Tinas plásticas | 4 | 0.80 | 0.50 | 0.35 | 2.00 | 0.40 | 0.80 | 1.20 | 4.80 |
| Mesa de trabajo | 4 | 2.50 | 1.50 | 0.90 | 4.00 | 3.75 | 15.00 | 18.75 | 75.00 |
| Almacén de M.P. | - | - | - | - | - | 1,000.00 | - | - | 1,000.00 |
| Almacén de P.T. | - | - | - | - | - | 1,000.00 | - | - | 1,000.00 |
| Tina de Curado | - | - | - | - | - | 800.00 | - | - | 800.00 |
| Control de calidad | - | - | - | - | - | 14.00 | - | - | 14.00 |
| Mantenimiento | - | - | - | - | - | 40.00 | - | - | 40.00 |
| Administración y ventas | - | - | - | - | - | 16.00 | - | - | 16.00 |
| Servicios higiénicos | - | - | - | - | - | 10.50 | - | - | 10.50 |
| Áreas verdes | - | - | - | - | - | 150.00 | - | - | 150.00 |
| Área de expansión | - | - | - | - | - | 653.61 | - | - | 653.61 |
| Área Total | 3,921.65 | | | | | | | | |

Figura 73. Requerimiento de área de terreno.

Fuente: Chunga, Morales, & Valdivia (2018)

Para esta distribución se tomó en cuenta analizar espacios tanto para maquinaria y almacenes como para laboratorios, sectores administrativos e incluso áreas verdes. Teniendo en cuenta todo lo anteriormente mencionado, se determinaron las siguientes zonas en la planta de producción de ladrillos ecológicos:

Tabla 69. Zonas dentro de Planta de producción.

| Zonas dentro de Planta de Producción | Área de cada zona (m ²) |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Recepción | 10 |
| 2. Almacén de materia prima | 120 |

| Zonas dentro de Planta de Producción | Área de cada zona (m ²) |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 3. Almacén de material reciclado | 90 |
| 4. Zona de producción | 400 |
| 5. Zona de curado | 120 |
| 6. Almacén de producto terminado | 90 |
| 7. Área de servicios higiénicos | 15 |
| 8. Laboratorio de control de calidad | 20 |
| 9. Área de Mantenimiento | 40 |
| 10. Oficinas administrativas | 80 |
| 11. Zona de parqueo | 150 |
| 12. Zona de despacho | 50 |
| 13. Áreas verdes | - |
| 14. Zona de expansión | - |

Fuente: Elaboración propia.



Capítulo 8

Estudio y evaluación económica y financiera

En este capítulo se realizará una evaluación del proyecto desde el punto de vista económico y financiero. Se presentarán todos los gastos de inversión que se tendrán que incurrir para poder implementar la planta de producción y que esta llegue a funcionar. Además, se incluirán los ingresos estimados por la venta de los ladrillos.

También se incluye las proyecciones de ingresos y gastos para diez años, así como las fuentes de financiamiento para poder cubrir los gastos referentes a la inversión. Además, se desarrollará el punto de equilibrio y los indicadores de rentabilidad VAN (Valor Actual Neto) y TIR (Tasa Interna de Retorno).

8.1. Estructura de Costos: Inversión

En la estructura de Costos lo primero que se presentará son los gastos de inversión, tanto en activos fijos tangibles e intangibles

8.1.1. Inversión en activos fijos tangibles

Los activos fijos tangibles son aquellas pertenencias que pueden ser percibidas por el sentido del tacto, es decir, tienen masa y volumen.

8.1.1.1. Inversión en maquinaria

Los precios están fijados de acuerdo con datos de costos promedios de máquinas peruanas y americanas. (Mercado Libre, s.f.)

Tabla 70. Costos de maquinaria

| Elemento | Cantidad | Costo Unitario (S/.) | Costo Total (S/.) | IGV | Total (S/.) |
|--|----------|----------------------|-------------------|---------|-------------|
| Trituradora de plástico | 1 | 7627.1 | 7627.1 | 1372.9 | 9000 |
| Trompo mezclador | 2 | 3728.8 | 7457.6 | 1342.4 | 8800 |
| Máquinas para hacer ladrillos (Máquina compactadora) | 1 | 113220.3 | 113220.3 | 20379.7 | 133600 |
| Cilindros de secado/cabinas/ hornos | 1 | 19491.5 | 19491.5 | 3508.5 | 23000 |
| Total | | | 174400 | | |

Fuente: mercadolibre.com.pe. Elaboración: Propia.

8.1.1.2. Inversión en equipos

Para la implementación de la línea de producción se ha visto necesario invertir en los siguientes equipos.

Tabla 71. Costo de equipos

| Elemento | Cantidad | Costo Unitario (S/.) | Costo Total (S/.) | IGV | Total (S/.) |
|----------------------------|----------|----------------------|-------------------|--------|-------------|
| Balanza digital | 1 | 5593.2 | 5593.2 | 1006.8 | 6600.0 |
| Balanza plataforma | 2 | 424.6 | 849.2 | 152.8 | 1002.0 |
| Bomba de agua | 1 | 99.1 | 99.1 | 17.8 | 116.9 |
| Detector de humo | 20 | 26.9 | 537.3 | 96.7 | 634.0 |
| Rociadores contra incendio | 20 | 1.8 | 36.4 | 6.6 | 43.0 |
| Válvulas Viking | 20 | 29.7 | 593.2 | 106.8 | 700.0 |
| Alarma de emergencia | 1 | 366.1 | 366.1 | 65.9 | 432.0 |
| Montacargas | 2 | 17266.1 | 34532.2 | 6215.8 | 40748.0 |
| Total | | | | | 50275.9 |

Fuente: Elaboración propia, a partir mercadolibre.com.pe

8.1.1.3. Inversión en inmobiliaria

A continuación, el costo de los inmuebles necesarios para la línea de producción.

Tabla 72. Costo de inmuebles y enseres

| Elemento | Cantidad | Costo Unitario (S/.) | Costo Total (S/.) | IGV | Total (S/.) |
|------------------------|----------|----------------------|-------------------|--------|-------------|
| Luminarias | 6 | 84.7 | 508.5 | 91.5 | 600 |
| Mesas de trabajo | 4 | 1694.9 | 6779.7 | 1220.3 | 8000 |
| Tazas medidoras | 6 | 203.4 | 1220.3 | 219.7 | 1440 |
| Sillas | 20 | 67.8 | 1355.9 | 244.1 | 1600 |
| Escritorios | 10 | 423.7 | 4237.3 | 762.7 | 5000 |
| Computadoras | 10 | 1694.9 | 16949.2 | 3050.8 | 20000 |
| Implementos de oficina | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |

| | |
|-------|-------|
| Total | 36640 |
|-------|-------|

Fuente: Elaboración propia, a partir de mercadolibre.com.pe.

8.1.2. Costo de Construcción

Los costos de construcción poseen un valor por m², el cual varía según la zona en la cual se encuentre el terreno a construir. En este caso se ha elegido la Zona Industrial III, en la ciudad de Piura.

Tabla 73. Costos de construcción

| Zonas | m ² | Costo por m ² (S/.) | Total (S/.) |
|------------------------------------|----------------|-----------------------------------|-------------|
| Zona de producción | 331.24 | 620 | 205368.8 |
| Zona de curado | 120 | 620 | 74400 |
| Almacén de producto terminado | 90 | 620 | 55800 |
| Almacén de material reciclado | 90 | 540 | 48600 |
| Oficinas Administrativas | 80 | 540 | 43200 |
| Almacén de materia prima | 120 | 540 | 64800 |
| Cableado de electricidad | | | 2 200 |
| Sistema de tuberías de agua y aire | | | 1 500 |
| Sistema de Puesta a Tierra | | | 850 |
| Total | | | 493018.8 |

Fuente: Elaboración Propia, a partir de Zanini y Vasquez (2018)

8.1.3. Activos Intangibles

Los activos intangibles considerados para poner en funcionamiento la empresa, se detallan en la tabla 74.

Tabla 74. Costo de Activos Intangibles

| Activos Intangibles | Costo Total (S/.) |
|--|-------------------|
| Licencia de funcionamiento | 887 |
| Inscripción de la empresa SUNARP | 404 |
| Registro de Productos Industriales | 1640 |
| Costos de Trámites (pasajes, documentación, etc) | 100 |
| Total | 3031 |

Fuente: Elaboración Propia, a partir de Zanini y Vasquez (2018)

La inversión en activos intangibles tendrá un total de S/. 3031 e incluye IGV

8.1.4. Resumen de la inversión

En la tabla 75 se detalla el total de inversiones, el cual es un monto de S/.760,365.74.

Tabla 75. Resumen de la inversión

| | Costo Total (S/.) |
|-----------------------|-------------------|
| Maquinaria | 174400 |
| Equipos | 50275.94 |
| Inmobiliaria | 39640 |
| Costo de Construcción | 493018.8 |
| Activos Intangibles | 3031 |
| Total | 760365.74 |

Fuente: Elaboración propia

8.1.5. Capital de Trabajo

Para el cálculo del capital de trabajo se utilizará el método del ciclo de conversión en efectivo.

A continuación, se presenta el cálculo para un ciclo de conversión de 60 días:

$$\text{Ciclo de conversión} = \text{Ciclo de producción} + \text{Ciclo de cobranza}$$

$$\text{Ciclo de conversión} = 60 \text{ días}$$

Tabla 76. Capital de trabajo en días.

| | |
|---------------------|----|
| Ciclo de producción | 30 |
| Ciclo de Cobranza | 30 |

Fuente: Elaboración propia

8.1.6. Inversión Total

En la tabla 77 se muestra la inversión total del proyecto, donde se observa que el 85.5% de la inversión se realiza en los activos tangibles.

Tabla 77. Inversión total del proyecto.

| Inversión Total | | |
|---------------------|-------------|------------|
| Inversión | Total (S/.) | Porcentaje |
| Activos Tangibles | 757334.7 | 85.5 |
| Activos Intangibles | 3031 | 0.3 |
| Capital de Trabajo | 125000 | 14.1 |
| Total | 885365.7 | |

Fuente: Elaboración propia

8.2. Estudio Financiero y Proyecciones

A continuación, en la tabla 78 se observa las opciones de financiamiento presentadas por los bancos, tales como el BCP, BBVA, Scotiabank e Interbank, para poder implementar la línea de producción de ladrillos.

Tabla 78. Fuentes de Financiamiento

| Institución bancaria | BCP | BBVA | Scotiabank | Interbank |
|-----------------------|--|--|--|--|
| Monto Mínimo (S/.) | 82500.00 | 80000.00 | 80000.00 | 80000.00 |
| Financiamiento máximo | 90% valor del proyecto tasado | 80% valor del proyecto tasado | 80% valor del proyecto tasado | 80% valor del proyecto tasado |
| Plazo máximo | 25 años | 20 años | 20 años | 25 años |
| TEA (5 años) | 11% | 10.99% | 12% | 11% |
| TEA (10 años) | 14% | 14% | 15% | 14% |
| Otras condiciones | 12 a 14 días al año 360 días al año | 12 a 14 días al año 360 días al año | 12 a 14 días al año 360 días al año | 12 a 14 días al año 360 días al año |

Fuente: Elaboración propia

Se eligió el financiamiento brindado por el Banco Continental del Perú (BBVA) ya que posee la menor tasa de interés para un periodo de 5 años, la cual es de 10.99% anual. El 10% de la inversión para los activos fijos tangibles será financiada por medio de este préstamo. El capital de trabajo al igual que los activos intangibles será cubierto por los accionistas de la empresa.

Es decir, se obtendrá de inversión de S/. 757334.74. EL 80% es 605867.79. Se prestará 10%, un total de S/. 75733.5. En la tabla 79 se observa el cronograma de amortizaciones y pago de interés.

Tabla 79. Cronograma de amortizaciones y pago de interés.

| | Saldo inicial | Renta | Interés | Amortización | Saldo |
|------|---------------|---------|---------|--------------|---------|
| 2020 | 75733.5 | 20486.1 | 8323.1 | 12163 | 63570.5 |
| 2021 | 63570.5 | 20486.1 | 6986.4 | 13499.7 | 50070.8 |
| 2022 | 50070.8 | 20486.1 | 5502.8 | 14983.3 | 35087.5 |
| 2023 | 35087.5 | 20486.1 | 3856.1 | 16630 | 18457.6 |
| 2024 | 18457.6 | 20486.1 | 2028.5 | 18457.6 | 0 |

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta el cálculo del Costo de Oportunidad del Capital. Los datos mostrados en la Tabla 80 han sido recopilados de Damodaran, estos valores dependen del país además del rubro de la empresa (materiales de construcción).

Tabla 80. Cálculo del COK

| COK= Rpaís+Beta*(Rm-Rf)+Rf | | | | |
|----------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------|---------|
| Riesgo País (Rpaís) | Prima de Mercado (Rm-Rf) | Tasa libre de Riesgo (Rf) | Beta ajustado | COK (%) |
| 0.93 | 5.7 | 3.21 | 3.24 | 22.608 |

Fuente: Elaboración propia

8.2.1. Presupuesto de ingresos

Los ingresos de la empresa se conseguirán a través de la venta de ladrillos. Se pretende lograr el 2% del mercado de ladrillos al quinto año. Cada año tenemos que aumentar un 5% de las ventas.

Tabla 81. Presupuesto de ingresos.

| | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Cantidad (unidades) | 1440261 | 1512274 | 1587888 | 1667282 | 1750646 |
| Precio unitario | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| Ventas | 1008182.8 | 1058591.9 | 1111521.5 | 1167097.6 | 1225452.5 |

Fuente: Elaboración propia

8.2.2. Presupuesto de materia prima

En la tabla 82, se muestran los gastos en materia prima a lo largo de 5 años en la producción de los ladrillos.

Tabla 82. Presupuesto de materia prima.

| | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Cemento (S/.) | 258928.4 | 271874.8 | 285468.6 | 299742.0 | 314729.1 |
| Agua (S/.) | 2149.0 | 2256.4 | 2369.2 | 2487.7 | 2612.1 |
| PET (S/.) | 80585.2 | 84614.4 | 88845.2 | 93287.4 | 97951.8 |
| Arena (S/.) | 78492.2 | 82416.9 | 86537.6 | 90864.6 | 95407.8 |
| Piedra (S/.) | 47001.7 | 49351.8 | 51819.3 | 54410.3 | 57130.8 |
| Total (S/.) | 467156.4 | 490514.3 | 515040.0 | 540792.0 | 567831.6 |

Fuente: Elaboración propia

8.2.3. Presupuesto de Mano de Obra Directa (MOD)

En la tabla 83 se muestran los gastos relacionados a la mano de obra directa, que involucra al personal que participará directamente en el proceso de producción de los ladrillos. Se tendrá un total de 5 trabajadores, con un sueldo mensual de S/. 930.

Tabla 83. Presupuesto de MOD

| | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Personal (Número de trabajadores) | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Sueldo mensual (S/.) | 930 | 930 | 930 | 930 | 930 |
| Total (S/.) | 55800 | 55800 | 55800 | 55800 | 55800 |

Fuente: Elaboración propia

8.2.4. Presupuesto de Costos Indirectos de Fabricación

En la tabla 84 se muestran los costos que están involucrados indirectamente en la producción de los ladrillos. En la tabla 85 se muestra el presupuesto de mano de obra indirecta, es decir el sueldo del supervisor de producción que será de S/. 11160 al año. En la tabla 86 se muestra el total de costos indirectos relacionados.

Tabla 84. Presupuesto de costos indirectos de fabricación. (Sin IGV).

| | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Energía (S/.) | 18799 | 18799 | 18799 | 18799 | 18799 |
| Agua (S/.) | 6780 | 7119 | 7475 | 7848 | 8241 |
| Seguro de planta (S/.) | 10169 | 10678 | 11212 | 11773 | 12361 |
| Total (S/.) | 35748 | 36596 | 37486 | 38420 | 39401 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 85. Presupuesto de mano de obra indirecta

| | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|
| Sueldo de supervisor de producción (S/.) | 11160 | 11160 | 11160 | 11160 | 11160 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 86. Total de costos indirectos

| | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Total CIP (S/.) | 46908 | 47756 | 48646 | 49580 | 50561 |

Fuente: Elaboración propia

8.2.5. Presupuesto de Depreciación

En la tabla 87 se muestra la depreciación y pago de las amortizaciones de los activos intangibles. Para poder realizar la depreciación se ha tomado como vida útil para la construcción, maquinaria, equipos, computadoras e inmuebles, los valores de 5, 20, 10, 5 y 5 años respectivamente.

Tabla 87. Presupuesto de depreciación y pago de las amortizaciones

| | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | Valor en libros |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Depreciación de Activos Fijos | | | | | | |
| Construcción | 98603.8 | 98603.8 | 98603.8 | 98603.8 | 98603.8 | |
| Maquinaria | 8720.0 | 8720.0 | 8720.0 | 8720.0 | 8720.0 | 43600.0 |
| Equipos | 5027.6 | 5027.6 | 5027.6 | 5027.6 | 5027.6 | 25138.0 |
| Computadoras | 4000.0 | 4000.0 | 4000.0 | 4000.0 | 4000.0 | |
| Inmuebles (sin computadoras) | 3928.0 | 3928.0 | 3928.0 | 3928.0 | 3928.0 | 3928.0 |
| Total Activos Fijos | 120279.4 | 120279.4 | 120279.4 | 120279.4 | 120279.4 | 72666.0 |
| Depreciación de Activos Intangibles | | | | | | |
| Total Activos Intangibles | 606.2 | 606.2 | 606.2 | 606.2 | 606.2 | |
| TOTAL (S/.) | 120885.6 | 120885.6 | 120885.6 | 120885.6 | 120885.6 | 72666.0 |

Fuente: Elaboración propia

8.2.6. Presupuesto de Costo de Ventas

Se muestra en la tabla 88 el presupuesto de costo de ventas, el cual se obtiene sumando los presupuestos de materia prima, de MOD y de los costos indirectos.

Tabla 88. Presupuesto de Costo de Ventas

| | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|--------------------|-----------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------|
| Materia Prima | 467156.4 | 490514.3 | 515040 | 540792 | 567831.6 |
| MOD | 55800 | 55800 | 55800 | 55800 | 55800 |
| CIP | 46908 | 47756 | 48646 | 49580 | 50561 |
| Total (S/.) | 569864.4 | 594070.3 | 619486 | 646172 | 674192.6 |

Fuente: Elaboración propia

8.2.7. Presupuesto de Gastos Administrativos

En la tabla 89 se presentan los gastos administrativos, incluyen el sueldo del Gerente General de la empresa, además de los gastos (sin IGV) que la parte administrativa ha generado.

Tabla 89. Presupuesto de Gastos Administrativos

| | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Gerente General | 24,000.00 | 24,000.00 | 24,000.00 | 24,000.00 | 24,000.00 |
| Luz | 1,780 | 1,780 | 1,780 | 1,780 | 1,780 |
| Agua | 500 | 530 | 552 | 573 | 584 |
| Internet y teléfono | 483 | 483 | 483 | 483 | 483 |
| Servicio de Limpieza | 976 | 976 | 976 | 976 | 976 |
| Total (S/.) | 27,739.22 | 27,769.42 | 27,790.98 | 27,811.63 | 27,822.92 |

Fuente: Elaboración propia

8.2.8. Presupuesto de Gastos Financieros

En la tabla 90 se observan los intereses que se pagarán.

Tabla 90. Presupuesto de Gastos Financieros

| | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Intereses | 8323.1 | 6986.4 | 5502.8 | 3856.1 | 2028.5 |
| Total | 8323.1 | 6986.4 | 5502.8 | 3856.1 | 2028.5 |

Fuente: Elaboración propia

8.2.9. Estado de Ganancias y Pérdidas

En la tabla 91 se observa el Estado de Ganancias y Pérdidas o Estado de Resultados.

Tabla 91. Estado de Ganancias y Pérdidas

| | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Ingreso de Ventas | 1008182.8 | 1058591.9 | 1111521.5 | 1167097.6 | 1225452.5 |
| Costo de Ventas | 569864.4 | 594070.3 | 619486 | 646172 | 674192.6 |
| Depreciación | 120885.6 | 120885.6 | 120885.6 | 120885.6 | 120885.6 |
| Utilidad Bruta | 317432.8 | 343636.0 | 371149.9 | 400040.0 | 430374.3 |
| Gastos Administrativos | 27,739.22 | 27,769.42 | 27,790.98 | 27,811.63 | 27,822.92 |
| Utilidad Operativa | 289693.6 | 315866.6 | 343358.9 | 372228.4 | 402551.4 |
| Gastos Financieros | 8323.1 | 6986.4 | 5502.8 | 3856.1 | 2028.5 |
| Utilidad antes de impuestos | 281370.5 | 308880.2 | 337856.1 | 368372.3 | 400522.9 |
| Impuesto a la renta | 84411.1 | 92664.1 | 101356.8 | 110511.7 | 120156.9 |
| Utilidad del ejercicio | 196959.3 | 216216.1 | 236499.3 | 257860.6 | 280366.0 |
| Dividendos | 9848.0 | 10810.8 | 11825.0 | 12893.0 | 14018.3 |
| Utilidad retenida | 187111.4 | 205405.3 | 224674.3 | 244967.6 | 266347.7 |

Fuente: Elaboración Propia

8.2.10. Flujo de caja o Cash Flow

En la Tabla 92 se muestran los flujos de caja que serán utilizados posteriormente para evaluar la rentabilidad del proyecto.

Tabla 92. Flujo de caja

| | CF0 | CF1 | CF2 | CF3 | CF4 | CF5 |
|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Activos Tangibles | -757334.7 | | | | | |
| Activos Intangibles | -3031 | | | | | |
| Capital de Trabajo | -125000 | | | | | 125000 |
| Préstamo | 75733.5 | -20486.1 | -20486.1 | -20486.1 | -20486.1 | -20486.1 |
| Ingresos | | 854392.2 | 897111.78 | 1111521.5 | 1167097.6 | 1225452.5 |
| Pago de materia prima | | 467156.4 | 490514.3 | 515040 | 540792 | 567831.6 |
| Gastos CIP | | 46908 | 47756 | 48646 | 49580 | 50561 |
| Pago de MOD | | 55800 | 55800 | 55800 | 55800 | 55800 |
| EBITDA | | 284527.8 | 303041.48 | 492035.5 | 520925.6 | 551259.9 |
| Gastos Administrativos | | 27739.22 | 27769.42 | 27790.98 | 27811.63 | 27822.92 |
| Gastos financieros | | 8323.1 | 6986.4 | 5502.8 | 3856.1 | 2028.5 |
| Depreciación | | 120885.6 | 120885.6 | 120885.6 | 120885.6 | 120885.6 |
| Utilidad antes de impuesto | | 127579.88 | 147400.06 | 337856.12 | 368372.27 | 400522.88 |
| Impuesto a la renta(30%) | | 38273.965 | 44220.018 | 101356.84 | 110511.68 | 120156.86 |
| Utilidad contable | | 89305.918 | 103180.04 | 236499.28 | 257860.59 | 280366.02 |
| Cash Flow | -809632.2 | 189705.42 | 203579.54 | 336898.78 | 358260.09 | 505765.52 |

Fuente: Elaboración Propia

8.3. Punto de Equilibrio, VAN y TIR

El punto de equilibrio, el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) son indicadores de la viabilidad financiera del proyecto. El VAN y el TIR estiman los flujos de caja de la empresa, mientras que el punto de equilibrio determina el precio óptimo a producir para generar la máxima rentabilidad.

8.3.1. Punto de equilibrio

Tabla 93. Punto de equilibrio

| | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Costos Fijos | 111118.00 | 111587.00 | 112065.00 | 112459.00 | 112863.00 |
| Costos Variables | 0.32 | 0.32 | 0.32 | 0.32 | 0.32 |
| Precio Venta | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| Punto de equilibrio (S/.) | 158739.68 | 159409.68 | 160092.54 | 160655.39 | 161232.54 |

Fuente: Elaboración Propia

El punto de equilibrio es el nivel mínimo de ventas que se debería de tener para que no haya pérdidas. Aquí los costos fijos y variables ya están cubiertos. En la tabla 94 se puede observar el cálculo de este.

Tabla 94. Determinación de los costos fijos y variables

| | | MOD | Personal Administrativo | Servicios | MP | Publicidad | Total |
|-------|------------------|-------|----------------------------|-----------|------|------------|-----------|
| Año 1 | Costos Fijos | 55800 | 24,000.00 | 29,318 | | 2000 | 111118.00 |
| | Costos Variables | | | | 0.32 | | 0.32 |
| Año 2 | Costos Fijos | 55800 | 24000 | 29,687 | | 2100 | 111587.00 |
| | Costos Variables | | | | 0.32 | | 0.32 |
| Año 3 | Costos Fijos | 55800 | 24000 | 30,065 | | 2200 | 112065.00 |
| | Costos Variables | | | | 0.32 | | 0.32 |
| Año 4 | Costos Fijos | 55800 | 24000 | 30,459 | | 2200 | 112459.00 |
| | Costos Variables | | | | | | 0.00 |
| Año 5 | Costos Fijos | 55800 | 24000 | 30,863 | | 2200 | 112863.00 |
| | Costos Variables | | | | 0.32 | | 0.32 |

Fuente: Elaboración Propia

8.3.2. VAN y TIR

Tabla 95. Determinación de los costos fijos y variables

| | |
|-----|------------|
| TIR | 23% |
| VAN | 1965608.88 |

Fuente: Elaboración Propia

La tasa interna de retorno (TIR) es positiva y mayor que el costo de oportunidad del capital (COK=22.608), esto quiere decir que el proyecto es rentable. Además, se obtiene un Valor Actual Neto (VAN) positivo, este indicador representa el valor que tendrían actualmente los flujos de caja futuros que fueron producto de una inversión.

Capítulo 9

Plan de Marketing

9.1. Las 4 Ps de marketing

Las 4 pes buscan responder preguntas referentes a la propuesta de valor del negocio y cómo este puede ayudar a resolver las necesidades del consumidor, pero además analiza la forma de satisfacer dichas necesidades.

El producto busca ser creado y diseñado de acuerdo con las exigencias del mercado objetivo encontrado. Para eso se analizará el concepto bajo estos cuatro elementos: Producto, precio, punto de venta y promoción.

9.1.1. Producto

El prototipo es una unidad de construcción macizo llamado “Bloque de concreto” que se utilizan como solución en la construcción de muros, paredes, etc.

Está constituido por cemento Pacasmayo, arena de cantera Santa Cruz, piedra zarandeada de cantera Santa Cruz 3/8” con un total en la mezcla de 8% de agua y 3% PET reciclado (botellas plásticas).

En cuanto a su dimensión tiene 24cm en soga, 13 cm en tizón y 9 cm en grueso. Similar al ladrillo King Kong sin las 18 perforaciones que caracteriza este tipo de ladrillo.

Su color es un gris natural con pigmentos de colores debido al plástico PET que se puede ver a simple vista.

9.1.2. Precio

Según el estudio realizado no desean superar el precio venta de un ladrillo corriente debido a que los consumidores son de bajos recursos. Se comprobó que estarían dispuestos a utilizar este tipo de material de construcción siempre y cuando no afecte su economía.

Los precios fijados por la competencia varían desde S/.0.53 soles un ladrillo pandereta acanalado marca ITAL hasta S/.5.20 ladrillo refractario de 1 ¼” de la marca SHEMIN. Sin embargo, los competidores directos en las cuales el cliente puede realizar una comparación rondan desde S/.0.53 soles un ladrillo pandereta acanalado marca ITAL hasta S/. 1.10 ladrillo King Kong fortaleza H10 de la marca DIAMANTE.

Según los costos de producción, hemos tasado los ladrillos S/0.70.

9.1.3. Punto de venta

El punto de venta o distribución que utilizará el producto para llegar hasta nuestro cliente será en los mayoristas y minoristas de los mercados de la región Piura. Donde el consumidor podrá acceder fácilmente a ello satisfaciendo sus expectativas y donde se pueda influir notablemente nuestro margen de ganancia.

Se utilizarán los almacenes que se encuentran dentro de los mercados mayoristas en los centros poblados de la región Piura para que pueda ser trasladado a los mercados minoristas cercanos a la zona.

El transporte para utilizar son camiones tráiler formado por una cabeza tractora. Cuya capacidad para trasladar son menores a 13m de largo y con pesos no superado los 25 tm, además de una altura de 2.5m. Para transporte hasta el hogar se puede utilizar furgonetas o algún otro medio de transporte que el consumidor cuente. Este costo de transporte es el más común utilizado para materiales de construcción.

9.1.4. Promoción

Para la promoción del prototipo se utilizará alianzas estratégicas tales como las asociaciones voluntarias comunitarias de todo Piura y el gobierno regional. Facilitarán el acceso rápido a los consumidores y se comunicará la existencia del prototipo.

Se brindarán charlas informativas a las comunidades, se tiene en cuenta que estos tipos de centros poblados mantienen reuniones periódicas donde se aprovechará para brindar estas charlas y pruebas de producto.

Se pueden abrir stands en ferias relacionadas a la construcción. La venta depende del nivel de comunicación y convención del vendedor por parte del cliente.

Se comunicará los puntos de venta, las ventajas que tiene el prototipo y como utilizarlo. De los cuales tenemos los siguientes puntos a tratar:

- Permiten mayor velocidad y rendimiento en el proceso constructivo generando un ahorro considerable en materiales y mano de obra para nuestros clientes.
- Permiten una fácil y rápida instalación con bajos costos de mantenimiento.
- Compuesto por material reciclado que brinda los mismos beneficios, pero con un concepto mucho más ecológico.

9.2. Canales de Distribución

Los canales de distribución definen y marcan las diferentes etapas que el producto atraviesa desde el fabricante hasta el consumidor final, estas etapas están sujetas a medios de transporte y almacenamiento para que estos lleguen a tiempo en las condiciones requeridas por los clientes. Los ladrilleros requieren de servicios de transporte como una condición básica para la comercialización, y asumir mayores márgenes de ganancia.

9.2.1. Canal indirecto largo

El canal indirecto de distribución consiste en que el fabricante deja la venta en manos de intermediarios. Es la forma más común que utiliza la industria ladrillera debido a que implica menos esfuerzo en comercialización dedicando su tiempo solo a la calidad y producción.

Los distribuidores de ferreterías se dedican a la compra y venta de productos ferreteros; cumplen la función de ser un intermediario entre los fabricantes y otros pequeños negocios, además de los consumidores finales.



Figura 74. Esquema general del canal indirecto largo de distribución.

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra una tabla sobre los canales de venta considerados para el canal indirecto.

Tabla 96. Tabla de canales de ventas.

| Canales de Venta | Costos | Justificación |
|--|---|---|
| Mercado o local manejado por la organización | Bajos a medios (Se consideran comisiones en los distribuidores) | Es el canal directo a el nicho de mercado encontrado. |
| Punto de venta colectivo y multirubro cogestionado | Bajos | Poca pérdida de tiempo. Ventas masivas |

| Canales de Venta | Costos | Justificación |
|------------------------|--|--|
| Feria temática y expos | Medios (Con apoyo del Gobierno Regional y otros) | Informativo y posibles ventas futuras. Introducción al mercado. |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 97. Mercados de Abastos de Piura.

| Distrito | Mercados Abastos |
|---------------------|--|
| CASTILLA | MERCADO CENTRAL DE CASTILLA MERCADILLO SAN BERNARDO MERCADO EL SOL |
| CATACAOS | MERCADO CENTRAL DE ABASTOS |
| CURA MORI | MERCADO CURA MORI |
| LA ARENA | MERCADO SIXTO ZAPATA MELÉNDEZ MERCADILLO SEÑOR DE LOS MILAGROS |
| LA UNIÓN | CENTRO COMERCIAL REY ESCORPION MERCADILLO CENTRO DE ABASTOS LA UNIÓN MERCADILLO VICENTE SEMINARIO RETO |
| LAS LOMAS | MERCADO DE ABASTOS |
| PIURA | EX-FABRICA SAN MIGUEL MERCADO MODELO DE PIURA MERCADILLO SANTA ROSA EL BOSQUE MERCADO MAYORISTA LAS CAPULLANAS - ECOMAPSA |
| TAMBO GRANDE | MERCADO CENTRAL |

Fuente: Elaboración propia

9.2.2. Canal directo

El canal directo de distribución consiste en llevar el producto desde el fabricante al consumidor final directamente.

El principal obstáculo para vender a través de un canal directo suele ser la falta de medios para transportar la mercadería de forma frecuente. Sin embargo, se puede contar con furgonetas que pueden facilitar el traslado del producto hasta el centro de construcción del cliente o dejar

a cuenta del cliente como trasladar su producto. Cualquiera sea el caso la utilización de este medio de transporte reduce en un 80% los costos de mantenimiento en relación con una camioneta o tráiler y tienen un bajo consumo de combustible.



Figura 75. Esquema general del canal directo de distribución.

Fuente: Elaboración propia

9.3. Diseño de presentación

El diseño y la presentación es el protagonista del proceso de despacho, influyendo notablemente en la calidad de producto que llega al consumidor.

9.3.1. Pallet

Plataformas rígidas portátiles que se usan para consolidar envíos y permitir el fácil traslado de carga. Los pallets de calidad están hechos generalmente de madera o plástico y pueden pesar entre 9 y 31 kilogramos.

Dependiendo del rango de tamaño y la capacidad de carga, existen diversas opciones en el sector del transporte. Las paletas estándar o paletas tienen una capacidad de carga de no más de 750 kg, con un tamaño de emplazamiento de 1030x520 mm o también 1030x770 mm y puede soportar un peso de hasta 900 kg. Sin embargo, se ha diseñado un pallet pequeño para facilidad de transporte en pequeñas cantidades.

Dentro del sector de construcción existe el concepto de madera ecológica, es decir es un tipo de madera que no comprometen la contaminación del sistema ecológico, sino que al contrario es un material sustentable. Es aquella que está construida de materiales que no son precisamente madera combinan un 60% de maderas recicladas de polvo de bambú y un 40% de polímeros de alta densidad, pero que la emulan perfectamente. Este tipo de concepto le da otro valor agregado al producto.

Tabla 98. Pallets

| Pallet Estándar de Madera | |
|---------------------------|---------------------|
| Material | Madera Ecológica |
| Medidas | 120cm*100 cm *16 cm |
| Peso | 25kg |

| Pallet Estándar de Madera | |
|---------------------------|--|
| Capacidad | El pallet puede llevar 10 tendidos de 45 ladrillos |
| Altura máxima | 180 cm |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 99. Ladrillos por pallet

| Ladrillos por pallet | Ladrillos |
|--|-----------|
| Largo de estiba por largo del ladrillo | 15 |
| Ancho de estiba por largo del ladrillo | 3 |
| Total de ladrillos por tendido | 45 |
| Total de ladrillos por pallet | 450 |
| Alto del pallet con los ladrillos | 1.96 |
| Peso de ladrillos del pallet(kg) | 1500 |
| Peso de ladrillo más pallet (kg) | 1525 |

Fuente: Elaboración propia



Figura 76. Pallet para ladrillos.

Fuente: DecorexPro (2016)

9.3.2. Requisitos generales para almacenar

Según la norma OSHA- General Requirements for Storage. Para una pila de ladrillos no debe sobrepasar los 7 pies (2,13 m) de altura. Si los ladrillos están flojos, una pila de 4 pies (1,22 m) o más deber reducirse 2 pulgadas (5,08 cm) por cada pie (30,48 cm) adicional de altura. Una pila de ladrillos para albañilería que tenga una altura de 6 pies (4,88 m) debe reducirse medio ladrillo por capa de bloques.

9.4. Estrategias de Marketing

La estrategia de marketing es el conjunto de estrategias utilizadas para la comercialización y distribución de un producto entre los diferentes clientes. Recopila toda la información brindada anteriormente.

De acuerdo con los estudios realizados, los clientes compran materiales de construcción en base a lo que el encargado de su edificación requiera. Es decir que la venta de ladrillos se mueve en mayor porcentaje por recomendación.

Por lo tanto, la estrategia a utilizar es el Marketing por recomendación, consiste en atraer a nuevos usuarios a través de la satisfacción de otros clientes ya consolidados.

Se identificará a las personas claves para invítalos a formar parte de un grupo selecto, que será el primero en obtener información acerca de nuevos productos y servicios, descuentos o en tener acceso a ellos.

Cuyos identificados son los “maestros de construcción” de los centros poblados quienes tienen una mayor influencia de compra en los consumidores.

Se escogerán aquellos que tengan larga experiencia en el cargo, vocación de servicio y buenas relaciones dentro de la zona.

Se le invitarán a una prueba de prototipo, los beneficios que tendrán y sobre todo a una charla informativa de cuáles son los objetivos y prioridades de la empresa. Para la introducción al producto se llevará a cabo entre una y dos horas en la cual es periodo de tiempo en el que la cabeza aún está fresca y receptiva. Además, es tiempo suficiente como para tener un diálogo suficientemente bidireccional. El número de gente puede estar determinado por la capacidad del expositor de gestionar un grupo. Puede ser entre 4 a 6 personas un número adecuado.



Conclusiones

A partir del diagnóstico del mercado regional, se pudo conocer a los competidores directos de la empresa que llevará a cabo el proyecto ya que en la región Piura actualmente existen 323 empresas ladrilleras las cuales producen un total de 7294 millares de ladrillos al mes. De este total de empresas se identificó que hay solo dos tipos de ladrilleras en la región, artesanales y semiindustriales.

En la identificación del segmento de mercado se seleccionó como público objetivo a la población de entre 30 y 60 años de la región Piura. Además de esto, se pudo identificar a la población económicamente activa para poder así realizar un mejor estudio de mercado.

Los resultados de las encuestas colaboraron en muchos aspectos del proyecto. Se pudo conocer que, del total de encuestados, el 28% (el segundo mayor porcentaje en la encuesta) está dispuesto a pagar entre 0.5 y 0.6 soles por un ladrillo, precios muy cercanos al precio final que se determinó para el ladrillo que se planea comercializar, el cual costará 0.7 soles. Otro dato interesante fue que se conoció que del total de encuestados el 79% de los encuestados prefiere un ladrillo como material de construcción frente a otras alternativas como madera o bloques, lo cual sirvió para conocer la aceptación del producto en una venta futura.

Gracias a las encuestas realizadas se pudo descubrir que el segundo factor que más les importa a las personas interesadas es el ambiental, ya que, al utilizar plástico ayuda al medio ambiente, esto quiere decir que se está tomando mayor interés e importancia a los proyectos eco amigables.

Se elaboró un diseño de mezcla que resultó en un prototipo de bloques basados en plástico reciclado que cumple con los estándares requeridos por la Norma Técnica E.070 para ladrillos

de tipo IV (para condiciones de alto frío, humedad e intemperismo), y que, por lo tanto, podría ser un sustituto de estos en proyectos de construcción.

Los bloques de cemento, arena, piedra y plástico tienen una mayor resistencia a la compresión con la proporción más baja de plástico, pero aun así resultan más económicos de producir que ladrillos o bloques convencionales.

No se pudo comparar el bloque con hojuelas de plástico con el bloque regular por una falla en la compactación de estos últimos, lo cual resta precisión a la experimentación.

Es importante utilizar materia prima de calidad, tanto de cemento como de agregados, para conseguir prototipos óptimos y realizar una experimentación adecuada.

Es importante determinar la correcta ubicación de la planta donde se producirá el producto para que este pueda ser distribuido de manera óptima y al mismo tiempo recibir material de los distintos proveedores de forma factible. Además, se debe tener en cuenta distintos criterios legales, por lo que la planta tendrá fines industriales y su presencia no debe alterar la tranquilidad de los pobladores cercanos. Tomando en cuenta estos puntos se decidió que la mejor ubicación es en la Zona industrial III de la ciudad de Piura, debido a la cercanía de sus proveedores de materia prima y la facilidad para distribución del producto a sus diferentes consumidores.

Es transcendental que todos los miembros de la empresa conozcan de manera general los procesos que se llevan a cabo dentro de ella, sobre todo aquellas personas que ocupan cargos de gerencia. Por ello es importante desarrollar un Mapa de procesos que nos ayude a sintetizar esta información y que pueda llegar a todos los involucrados con el mismo alcance.

Al momento de diseñar la planta de producción es necesario contar con áreas de expansión destinadas a usarse en un mediano o largo plazo, ya que de acuerdo a como se haga conocido el producto y la aceptación que tenga en el mercado, es posible que la producción aumente y con ello posiblemente se necesiten nuevos espacios de almacenamiento o incorporación de maquinaria que requiera espacio dentro de la planta, por lo que es importante tomar en cuenta estas áreas de expansión con miras al crecimiento a futuro de la empresa.

Es importante realizar un análisis para determinar la ubicación de las distintas zonas dentro de la planta, ya que es necesario que algunas vayan cerca o continuas, mientras que otras estén completamente separadas. Claro ejemplo de ellos es la necesidad de continuidad de las

zonas de almacenaje de materia prima, con la de producción, curado y almacenaje de producto terminado.

Un punto importante en toda empresa es tener claro las funciones que debe realizar cada miembro, por lo que es conveniente realizar un Manual de operaciones y funciones para que no haya dudas respecto al trabajo que debe realizar cada persona según su puesto, y de esta manera se cumpla con los objetivos planteados por la empresa.

En el estudio de costos y finanzas, al observar la TIR, la cual muestra la rentabilidad del proyecto, se observa que equivale a un 23%, y al ser mayor que el COK (22.608) se dice que el proyecto es rentable, sin embargo, se esperaría tener una TIR mayor a la obtenida para obtener un margen más grande entre esta y el COK.

Al analizar las preferencias del consumidor, se pudo con mucha facilidad establecer los objetivos que se buscaban a través de un plan de marketing para la empresa, se pudo detallar con exactitud qué impacto se quería generar en el consumidor, brindándoles una solución a través del prototipo de eco-ladrillo, y al mismo tiempo añadiéndole valor para diferenciarnos como marca frente a los competidores encontrados.

La búsqueda de información ayuda a establecer relaciones de los temas académicos con el desarrollo del proyecto, es decir, se llega a concretar mejor la idea y a tener una visión de los que se quiere lograr. Los antecedentes funcionaron como una referencia para analizar y sacar conclusiones sobre los errores o aciertos de proyectos anteriores al nuestro.



Recomendaciones

Llevar a cabo una buena investigación de mercado en proyectos futuros, ya que la información que se halla en esta etapa es muy importante para las posteriores actividades que se realicen. Mediante técnicas cuantitativas como encuestas, se puede determinar el precio de venta del producto que se vaya a comercializar en un futuro.

Determinar correctamente el segmento de mercado al cual va dirigida la propuesta de valor ayuda a hacer una evaluación social del proyecto. Se puede determinar la aceptación del producto que se vaya a ofrecer, en caso de haberlo.

Realizar investigaciones en un futuro cercano para poder explorar la posibilidad de realizar nuevos proyectos utilizando la información del presente informe. De esta forma se podría determinar, por ejemplo, un nuevo público objetivo al cual iría dirigida la comercialización de ladrillos que contengan plástico reciclado.

Procurar realizar los experimentos para ambos tipos de bloque (con y sin plástico) bajo las mismas condiciones, para tener resultados que puedan ser comparados y dar un mayor alcance a la experimentación.

Utilizar un molde de metal para conseguir indicadores óptimos de desviación de dimensionamiento y mejorar la calidad del bloque.

Realizar los ensayos con un mayor número de especímenes para elevar la confiabilidad de la experimentación.

Realizar los ensayos con los bloques a una edad de 28 días para obtener los resultados para especímenes tal cual serán utilizados en proyectos reales, y evitar posibles errores en la estimación para especímenes con sólo 7 días de edad.

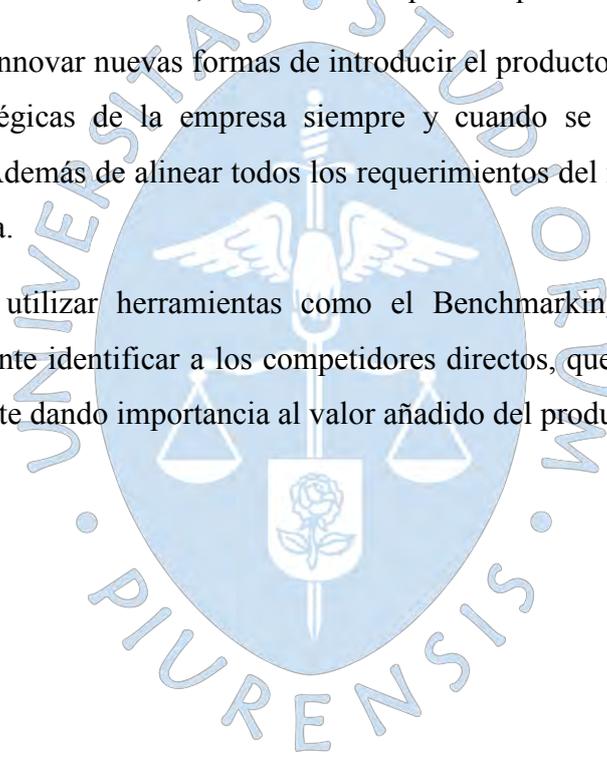
Hacer un seguimiento continuo al proceso de producción diseñado para la fabricación de ladrillos ya que así se pueden proponer mejoras, además de reducir tiempos y costos e incluso implementar nuevas tecnologías que cada vez surgen en el mercado.

Realizar alianzas con los stakeholders con mayor nivel de interés, ya que así la empresa tendría mayor demanda, por ejemplo, para los programas que brindan las municipalidades que pretenden dar viviendas económicas a las personas de bajos recursos económicos en los distritos con mayor pobreza.

Se sugiere buscar precios de alquiler para los activos tangibles de la empresa y así empezar a fabricar ladrillos con maquinaria rentada, de tal manera que la inversión sea menor al inicio y luego de generar utilidades, invertir en comprar maquinaria propia.

Se recomienda innovar nuevas formas de introducir el producto en el mercado en base a las prioridades estratégicas de la empresa siempre y cuando se respeten las normativas nacionales vigentes. Además de alinear todos los requerimientos del marketing con el área de logística de la empresa.

Se recomienda utilizar herramientas como el Benchmarking, aunque no sea muy elaborada. Es importante identificar a los competidores directos, que ofertas tienen, como se presentan ante el cliente dando importancia al valor añadido del producto que ofrecen.



Referencias bibliográficas

Aceros Arequipa (2019). Manual del Maestro Constructor. Lima, Perú. Recuperado de: <http://www.acerosarequipa.com/manual-del-maestro-constructor/equipos/la-mezcladora.html>

Albiz (2019). Mezcladora de cemento. Cyprus. Recuperado de: <https://bo.all.biz/mezcladora-de-cemento-g6337>

Altamirano, I. e Ypanaque, C. (2019). *PROYECTO DE PREFACTIBILIDAD DE INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DE RECICLAJE DE PVC POR EL PROCESO VINYLOOP* (Tesis de grado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú. Recuperado de Alicia: <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/4815/BC-TES-3621%20ALTAMIRANO%20L%20c3%93PEZ-YPANAQUE%20SANDOVAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Arango, I., Díaz, R. y Ramírez, G. (2014). *DISEÑO DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE ARTICULOS A PARTIR DE PLÁSTICO RECICLADO, BASADO EN LA ESTRATEGIA DE LA CADENA DE SUMINISTRO* (Tesis de grado). Universidad de El Salvador, San Salvador, El Salvador. Recuperado de OATD: <http://ri.ues.edu.sv/7370/1/Dise%C3%B1o%20de%20una%20planta%20productora%20de%20articulos%20a%20partir%20de%20pl%C3%A1stico%20reciclado%20basado%20en%20la%20estrategia%20de%20la%20cadena%20de%20suministro.pdf>

Ardila, C y Buitrago, J. (2010). Diseño y construcción de una mezcladora de cemento refractario para una potencia de 5HP (tesis de grado). Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. Recuperado de: https://www.academia.edu/26573871/DISE%91O_Y_CONSTRUCCI%93N_DE_UNA_MEZCLADORA_DE_CEMENTO_REFRACTARIO_PARA_UNA_POTENCI

A_DE_5_HP_UNIVERSIDAD_INDUSTRIAL_DE_SANTANDER_FACULTAD_DE_CIENCIAS_F%C3%8DSICO_MEC%C3%81NICAS_ESCUELA_DE_INGENIER%C3%8DA_MEC%C3%81NICA_BUCARAMANGA_2.010

Aronés, N. (2017). *Control de Contenido de Cemento de Inyecciones en Suelo. Aplicación Práctica* (Tesis de maestría). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España. Recuperado de OATD: http://oa.upm.es/48642/1/Tesis_master_Novaro_Arones_Barbaran.pdf

Ayrtor Pastor Castillo, Jean Pierre Salazar Oliva, Ricardo Seminario Regalado, Andrés Tineo Camacho, Jean Carlo Zapata Valladolid. (2015). DISEÑO DE PLANTA PRODUCTORA DE ADOQUINES A BASE DE CEMENTO Y PLÁSTICO RECICLADO. 2019, de PIRHUA Sitio web: <https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2343/5.%20PYT%2c%20Informe%20Final%2c%20Cemento%20y%20PI%2c%20Plástico.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Barranzuela, J. (2014). *Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la Región Piura* (Tesis de grado). Universidad de Piura, Piura, Perú. Recuperado de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1755/ICI_199.pdf

Betancourt, D. F. (11 de abril de 2016). *Capacidad de producción: ¿Qué es y cómo se calcula?*. Recuperado el 26 de septiembre de 2019, de Ingenio Empresa: www.ingenioempresa.com/capacidad-produccion-empresa.

Berretta.H.,Gatani,M., R., &Arguello, R.(2018) LADRILLOS DE PLASTICO RECICLADO:UNA PROPUESTA ECOLOGICA PARA LA VIVIENDA SOCIAL. Argentina:Nobuko. Recuperado de https://books.google.com.pe/books?id=HbX-2l3nNisC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Brunson, J. (2010). *Hopping Conductivity and Charge Transport in Low Density Polyethylene* (Tesis de doctorado). Utah State University, Utah, Estados Unidos. Recuperado de OATD: <https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1558&context=etd>

CAROLL IRENE RODRIGUEZ ROJAS. (26 APR 2012). *ANALISIS DEL PUNTO DE EQUILIBRIO*. Recuperado el 26 de septiembre de 2019, de Escuela de Organización

Industrial (EOI) Sitio web:
<https://www.eoi.es/blogs/carollirenerodriguez/2012/04/26/analisi-del-punto-de-equilibrio/>

Cembureau: The European Cement Association (2016). *Cement, concrete & the circular economy*. Bruselas, Bélgica. Recuperado de https://cembureau.eu/media/1229/9062_cembureau_cementconcretrecirculareconomy_coprocessing_2016-09-01-04.pdf

Cerrada, L. (1995). *PROPIEDADES MECÁNICAS, COMPORTAMIENTO VISCOELÁSTICO Y ANISTROPIA DE COPOLÍMEROS DE ALCOHOL VINÍLICO Y ETILENO* (Tesis doctoral). Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España. Recuperado de <http://webs.ucm.es/BUCM/tesis//19911996/X/0/X0034101.pdf>

Chunga, E., Morales, E., & Valdivia, V. (2018). *PLAN DE NEGOCIO: CREACIÓN DE UNA EMPRESA FABRICADORA Y COMERCIALIZADORA DE BLOQUETAS DE PLÁSTICO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA*. Arequipa, Perú.

Climalit (2015). *Cómo mejorar el aislamiento acústico en ventanas con CLIMALIT PLUS SILENCE®*. España. Recuperado de <https://climalit.es/blog/como-mejorar-aislamiento-acustico-en-ventanas/>

Construmática (s.f). *Resistencia Mecánica*. España. Recuperado de https://www.construmatica.com/construpedia/Resistencia_Mec%C3%A1nica

Depvc (s.f). *Policloruro de Vinilo*. Recuperado de: <https://depvc.site/policloruro-de-vinilo/>

DOMAT (2019). DM-SERIES. Medellín, Colombia. Recuperado de: <https://www.domatlda.com/index.php/galeria/8-galeria/7-dm-series>

Echevarria, E. (2017). *LADRILLOS DE CONCRETO CON PLASTICO PET RECICLADO* (Tesis de grado bachiller). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1501/LADRILLOS%20DE%20CONCRETO%20CON%20PL%c3%81STICO%20PET%20RECICLADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Dominguez L. (2015). *Capacidad de producción y dimensión de planta. Presentación*. Recuperado de <https://www.gestiopolis.com/capacidad-de-produccion-y-dimension-de-planta-presentacion/>

EcuRed. (2019). Mezcladora de Cemento. Cuba: EdUniv. Recuperado de:
https://www.ecured.cu/Mezcladora_de_Cemento

EcuRed. (2019). Camión Hormigonera. Cuba: EdUniv. Recuperado de:
https://www.ecured.cu/Cami%C3%B3n_hormigonera

Edipesa (2019). DYNAMIC. Mezcladora de Tolva 7p3 14.0HP motor Kohler. Perú.
Recuperado de:
<https://www.edipesa.com.pe/tienda/construcci%C3%B3n/mezcladoras/mezcladora-de-concreto-7p3-14hp-detalle>

Elgrogen, M. (2012). *POLIÉSTERES INSATURADOS ELABORADOS A PARTIR DEL RECICLAJE QUÍMICO DE POLI(TEREFALATO DE ETILENO), PET, Y SU APLICACIÓN COMO MATRIZ DE ENCAPSULAMIENTO DE SALES* (Tesis de grado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Recuperado de Alicia:
http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/1439/ELGEGREN_IT_UMA_MARIELA_POLIESTERES_INSATURADOS_RECICLAJE.pdf?sequence=1&isAllowed=y

El Tiempo (2018). *Cada año más de 19 toneladas de bolsas contaminan Piura*. Recuperado de <https://eltiempo.pe/cada-ano-mas-19-toneladas-bolsas-contaminan-piura-mp/>

Escritores diario norte. (19 de junio, 2014). *Los ladrillos. 2019, de Diario Norte Sitio web:*
<http://www.diarionorte.com/article/107755/los-ladrillos>

Evisos (2019). Mezcladora de concreto. Bogotá, Colombia. Recuperado de:
<https://bogota.evisos.com.co/mezcladora-de-concreto-id-73976>

Flores, E. Rojas, J., Torres, R., Vallejos, R., Flores, M. (2014). *MEZCLAS DE CEMENTO Y AGREGADOS DE PLASTICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS ECOLOGICAS*. Ciencias Tecnológicas y Agrarias T-I (101-110)

Florián, A (2008). *Caracterización de la Cantera para Propagación de Señales de RF* (Tesis profesional). Capítulo 2. Universidad de las Américas Puebla, Puebla, México.
Recuperado de
http://caterina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/florian_m_a/capitulo2.pdf

Gómez, R. (2014). *Recuperación de Polietileno de Baja Densidad (LDPE) a partir de Empaques Tetra Pak* (Tesis de grado). Universidad Autónoma del Estado de México,

Tianguistenco, México. Recuperado de <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/31126/419690.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Grupo Morbeck. (2017). *Proyecto creación fábrica de ladrillos de arcilla..* 2019, de Grupo Morbeck Sitio web: <http://www.grupomorbeck.com/site/es/blog/noticias-del-grupo-morbeck/proyecto-creacion-fabrica-de-ladrillos-de-arcilla>

Helmut Sy Corvo. (2016). *Sistema de costos por procesos.* 2019, de lifeder Recuperado de: <https://www.lifeder.com/sistema-costos-procesos/>

Indiamart (2019). Plough Shear MS Mixer, PSM-ORCHID. India. Recuperado de: <https://www.indiamart.com/proddetail/plough-shear-ms-mixer-18979681548.html>

INEI. (2016). DIRECTORIO NACIONAL de MERCADOS de ABASTOS. 2019, de INEI Recuperado de: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1447/libro.pdf

Institution of Civil Engineers (ICE). (24 de noviembre de 1956). Magazine of Concrete Research. 8 (24), p.161. Recuperado de: <http://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/download/2105/2614>

Jové, F (2018). *Tema 1: LOS MATERIALES Y SUS PROPIEDADES.* España: Universidad de Valladolid. Recuperado de [http://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/32420/C3T01_Los%20Materiales%20y%20sus%20Propiedades_Jov%20E9,F\(2018\).pdf;jsessionid=C83C1A859FE354416CA62664E1906166?sequence=1](http://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/32420/C3T01_Los%20Materiales%20y%20sus%20Propiedades_Jov%20E9,F(2018).pdf;jsessionid=C83C1A859FE354416CA62664E1906166?sequence=1)

Juan Banzer. (2017). *Punto de equilibrio.* 2019, de Enciclopedia Económica. Recuperado de: <https://enciclopediaeconomica.com/punto-de-equilibrio/>

Kim T. Gordon. (Diciembre 11, 2009). Publicidad de boca en boca. 2019, de Entrepreneur Recuperado de: <https://www.entrepreneur.com/article/263041>

Krajewski. (2013). *Administración de Operaciones.* Mexico: McGraw- Hill.

Laboratorio de Aseguramiento de la Calidad SA de CV (LACSA). (2016, agosto 8). Cuarto de Curado (LACSA). [Archivo de video]. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=8l0YZ60zt_U

Mabeton. (2019). Tipos de Mezcladoras. España. Recuperado de: <http://www.mabeton.com/productos.htm>

Made in China (2018). Qt3-20 alta presión sólida máquina bloquera pavimentadora de concreto hidráulico. China. Recuperado de: Imagen: https://es.made-in-china.com/co_kaidongmachine/image_Qt3-20-High-Press-Hydraulic-Concrete-Solid-Paver-Block-Making-Machine_eniioory_DOqERsLgYmuY.html

Más, D. (2006). *Optimización de la distribución en planta de instalaciones industriales mediante algoritmos genéticos. Aportación al control de la geometría de las actividades*. Valencia, España.

Masqueingeniería (2014). *Ensayos a tracción del hormigón: Ensayos Indirectos*. Recuperado de <https://masqueingenieria.com/blog/ensayos-a-traccion-indirecta-del-hormigon/>

Mercado Libre (2019). Planos Técnicos De Moldes Para Bloques De Concreto Liviano. Argentina. Recuperado de: https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-604938188-planos-tecnicos-de-moldes-para-bloques-de-concreto-liviano-_JM?quantity=1#position=1&type=item&tracking_id=72b4ea45-ee7b-4eab-975e-63847a30f7e8

Mohd, N. (2017). *Characterization of Thermoset Biopolymer in Thermoplastic of Low and High Density Polyethylene Upon Uv Irradiation* (Tesis de maestría). Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Batu Pahat, Malasia. Recuperado de OATD: http://eprints.uthm.edu.my/id/eprint/9882/1/Nurul_Syamimi_Mohd_Salim.pdf

Municipalidad de Moyobamba. (2011). *Municipalidad de Moyobamba*. Recuperado de http://www.munimoyobamba.gob.pe/app/web/doc_gestion/mapro.php

Múñoz. (2012). *UNMSM*. Recuperado de <http://sisbib.unmsm.edu.pe>. Perú

Norma Técnica Peruana 399.613 (2005). UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería.

Padilla, M. C. (2006). *Formulación y evaluación de proyectos*. Colombia: Ecoe ediciones.

Pastor, A., Salazar, J., Seminario, R., Tineo, A. y Zapata, J. C. (2015). *Diseño de Planta Productora de Adoquines a Base de Cemento y Plástico Reciclado*. Universidad de Piura, Piura, Perú. Recuperado de Pirhua: <https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2343/5.%20PYT%2c%20Informe%20Final%2c%20Cemento%20y%20PI%2c%20a%20l%20stico.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Porter, M. (1997). *Estrategia Competitiva.*, Ciudad de México, México: Editorial Continental. Recuperado de <http://www.sc.ehu.es/oewhesai/Porter-en%20indarren%20kapitulua.pdf>

Rivera, R. (2004). *PROPUESTA DE RECICLAJE MECÁNICO DE PLÁSTICOS EN LA CIUDAD DE PIURA* (Tesis de grado). Universidad de Piura, Piura, Perú. Recuperado de Pirhua: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1180/ING_418.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Romo, J. S. (2013). *DISEÑO DEL PROYECTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA FÁBRICA PRODUCTORA DE LADRILLO EN LA CIUDAD DE AZOGUES*. Cuenca.

Rugamas, J. A. (2012). *Influencia de la arena triturada, como agregado fino, en las propiedades en estado fresco y endurecido, de mezclas de concreto hidráulico* (Tesis de grado). Universidad de El Salvador, San Salvador, El Salvador. Recuperado de OATD: http://ri.ues.edu.sv/2230/1/Influencia_de_la_arena_triturada%2C_como_agregado_fino%2C_en_las_propiedades_en_estado_fresco_y_endurecido%2C_de_mezclas_de_concreto_hidr%C3%A1ulico.pdf

Saavedra, J. (2013). *Materiales de Construcción*. Perú: Biblioteca de la Universidad Nacional del Santa. Recuperado de http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/curzoz/semana_1_materiales_de_construccion.pdf

Samaniego, L. J. M. (2018). *Influencia de la composición química de arenas y cementos peruanos en el desempeño de aditivos plastificantes para concreto* (Tesis de maestría). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Recuperado de Alicia: http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/12846/SAMANIEGO_ ORELLANA_LUIS_JES%2c%20a%20MIJA%2c%20d%20L_ ARENAS_CEMENTOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Saravia, J. (2016). *PROPUESTA PARA IMPLEMENTAR UNA PLANTA DE PROCESAMIENTO DE PLÁSTICO RECICLADO* (Tesis de grado). Universidad Autónoma de Ica, Ica, Perú. Recuperado de Alicia: <http://repositorio.autonomaica.edu.pe/bitstream/autonomaica/97/1/SARAVIA%20Y%20ATACO%20JUAN%20JAVIER%20-%20IMPLEM%20PLANTA%20PROCESAMIENTO%20PLASTICO%20RECICLADO.pdf>

Soriano, C. (2014). *Diagnóstico Nacional del Sector Ladrillero Artesanal (Piura)*. Recuperado de https://www.munichulucanas.gob.pe/jdownloads/documentos_de_gestion/diagnostico_ladrilleras_morropon.pdf

Stupenengo, F. (2011). Materiales compuestos. En Instituto Nacional de Educación Tecnológica - INET. (Ed.), *Materiales y materias primas*. Buenos Aires, Argentina.

SU VIVIENDA. [SUVIVIENDATV]. (2013, 13 de mayo). Su Vivienda: Proceso de Elaboración de Bloques de Concreto – SUPERMIX [Archivo de video]. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=hR_qLGzXkke

Tecnologiadelosplasticos (2012). *Reciclado de PVC*. Recuperado de: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/10/reciclado-de-pvc.html>

Tecno8demarzo (2013). *TEMA 3. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN*. Recuperado de http://tecno8demarzo.weebly.com/uploads/5/6/7/6/56762661/t3_materiales_de_construccion%20C3%93n.pdf

UCA (2009). *Tema 9. Propiedades Mecánicas: Dureza y Tenacidad a la fractura*. El Salvador: Universidad Centroamericana José Simeón Cañas. Recuperado de <http://www.uca.edu.sv/facultad/clases/ing/m210031/Tema%2009.pdf>

Villanueva, P. (2009). *Materiales Nanocompuestos Basados en Polietileno y Filossilicatos Laminares Obtenidos por Mezclado en Fundido. Estructura y Propiedades* (Tesis doctoral). Universidad Jaime I, Castellón, España. Recuperado de tesisenred: <https://www.tesisenred.net/handle/10803/10369#page=1>

Villela, I. J. (2008). *Evaluación a la Microestructura y a las Propiedades Mecánicas del Acero Inoxidable 316LS y del Titanio Ti-6Al-4V como Biomateriales* (Tesis profesional). Capítulo 3. Universidad de las Américas Puebla, Puebla, México. Recuperado de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/villela_e_ij/capitulo3.pdf

Vitkauskienė, I. (2011). *Chemical recycling of industrial poly(ethylene terephthalate) waste: synthesis of aromatic polyester polyols, their properties and use* (Tesis doctoral). Vilnius University, Vilna, Lituania. Recuperado de OAT: <https://talpykla.elaba.lt/elabafedora/objects/elaba:1889900/datastreams/MAIN/content>

100cia (2018). *¿Qué es la escala de dureza de Mohs?* Chile. Recuperado de <https://100cia.site/index.php/quimica/item/2550-que-es-la-escala-de-dureza-de-mohs>



Apéndices

Apéndice 1: Encuesta aplicada

CUESTIONARIO

Somos alumnos de la Facultad de Ingeniería con especialidad en Ingeniería Industrial y de Sistemas de la Universidad de Piura. Estamos realizando una investigación acerca de la fabricación de ladrillos usando como componente plástico reciclado.

Agradeceremos su colaboración respondiendo las siguientes preguntas con total sinceridad; siendo confidenciales los resultados.

Sexo: Masculino ()

Femenino ()

Edad:

1. Marque el distrito donde vive:

() Catacaos

() La Unión

() Castilla

() Las Lomas

() Cura Mori

() Piura

() El Tallán

() Tambogrande

() La Arena

2. ¿Tiene planificado la construcción y/o ampliación de vivienda?

() Sí

() No (Pasar a pregunta 4)

3. ¿Qué estrategia usará para la construcción y/o ampliación de vivienda?

- Lo construye por sí mismo
- Contrata a una persona

4. En su distrito, ¿qué materiales predominan para la construcción?

- Ladrillo
- Bloques de cemento
- Madera
- Otro (Mencionar

5. ¿Cuál es el material que preferiría para la construcción?

- Ladrillo
- Bloques de cemento
- Madera
- Otro (Mencionar

6. ¿Cuál de las siguientes características considera de mayor importancia en un ladrillo, bloque de cemento, entre otros?

- Resistencia
- Peso
- Precio
- Amigable con el Medio Ambiente

7. ¿En qué lugar compra los ladrillos, bloque de cemento, entre otros?

- Distribuidora
- Ferretería
- Fábrica

8. ¿De qué empresa de ladrillos u otro material solicita cuando los adquiere?

- Ladrillos Tallán
- Ladrillos Fortes
- Grupo Quiroga

Otro (Mencionar)

9. ¿Compraría un bloque de cemento que tenga como componente plástico reciclado triturado y que posea características similares a las de un ladrillo convencional?

Sí

No

10. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por un bloque de cemento que tenga como componente plástico reciclado triturado y que posea características similares a las de un ladrillo convencional? (S/. por unidad)

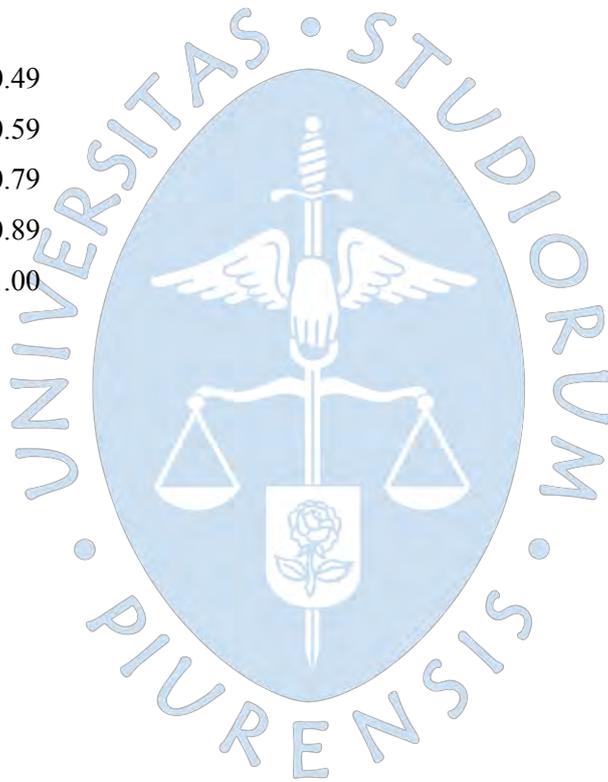
S/.0.40 - S/.0.49

S/.0.50 - S/.0.59

S/.0.60 - S/.0.79

S/.0.80 - S/.0.89

S/.0.90 - S/.1.00



Apéndice 2. Hojuelas de plástico PET



Apéndice 3. Compresora de Recicladora en La Molina, Piura



Apéndice 4. Trituradora de Recicladora en La Molina, Piura



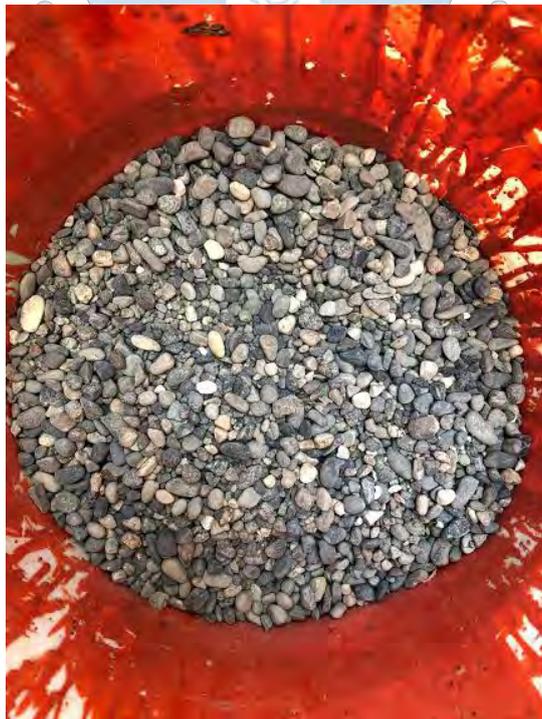
Apéndice 5. Arena de cantera Santa Cruz



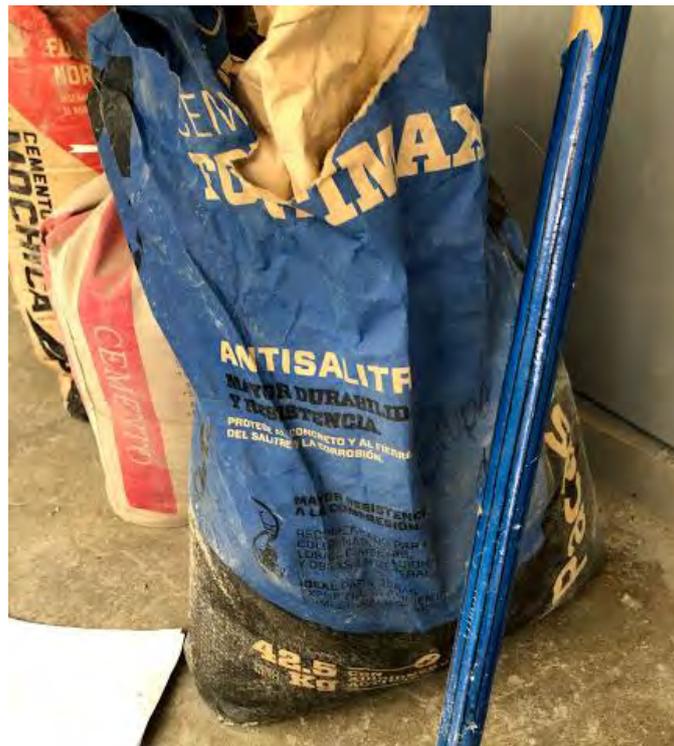
Apéndice 6. Arena de cantera Santa Cruz mezclada



Apéndice 7. Piedra de cantera Santa Cruz



Apéndice 8. Cemento Pacasmayo Fortimax



Apéndice 9. Moldes para bloques. Vista 1



Apéndice 10. Moldes para bloques. Vista 2



Apéndice 11. Moldes para bloques. Vista 3



Apéndice 12. Balde para mezcla



Apéndice 13. Tamiz de 3/8



Apéndice 14. Arena tamizada



Apéndice 15. Balanza gravimétrica pequeña



Apéndice 16. Balanza gravimétrica grande



Apéndice 17. Varillas compresoras



Apéndice 18. Pozo de curad



Apéndice 19. Pie de rey



Apéndice 20. Tabla de triplay



Apéndice 21. Cuña metálica

