

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales

Escuela Profesional de Ingeniería Industrial



DISEÑO DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR PARA EL FRAGUADO DE PREFABRICADOS DE CONCRETO EN LA EMPRESA CONCRETOS MOLDEADOS S.A.C., AREQUIPA-PERÚ 2019

Tesis presentada por el bachiller:

Valdivia Guzmán, Carlo Andre

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Industrial

Asesor:

Dr. Valencia Becerra, Rolardi Mario

Arequipa- Perú

2020



FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA FISICAS Y FORMALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA INDUSTRIAL



INFORME DICTAMINATORIO
DE BORRADOR DE TESIS

VISTO

EL BORRADOR DE TESIS TITULADO: "DISEÑO DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR PARA EL FRAGUADO DE PREFABRICADOS DE CONCRETO EN LA EMPRESA CONCRETOS MOLDEADOS S.A.C AREQUIPA—PERÚ 2019"

PRESENTADO POR EL(LA) BACHILLER(ES):

Valdivia Guzmán, Carlo Andre

EL ASESOR CUMPLE CON EMITIR SU INFORME:

Favorable

EL ASESOR INDICA LAS SIGUIENTES OBSERVACIONES:

Ninguna

Arequipa, 20 de septiembre del 2019.



JURADO DICTAMINADOR

Nombre: Rolardi Mario Valencia Becerra

Código: 1780



JURADO DICTAMINADOR

Nombre: Jean Carlo Díaz Saravia

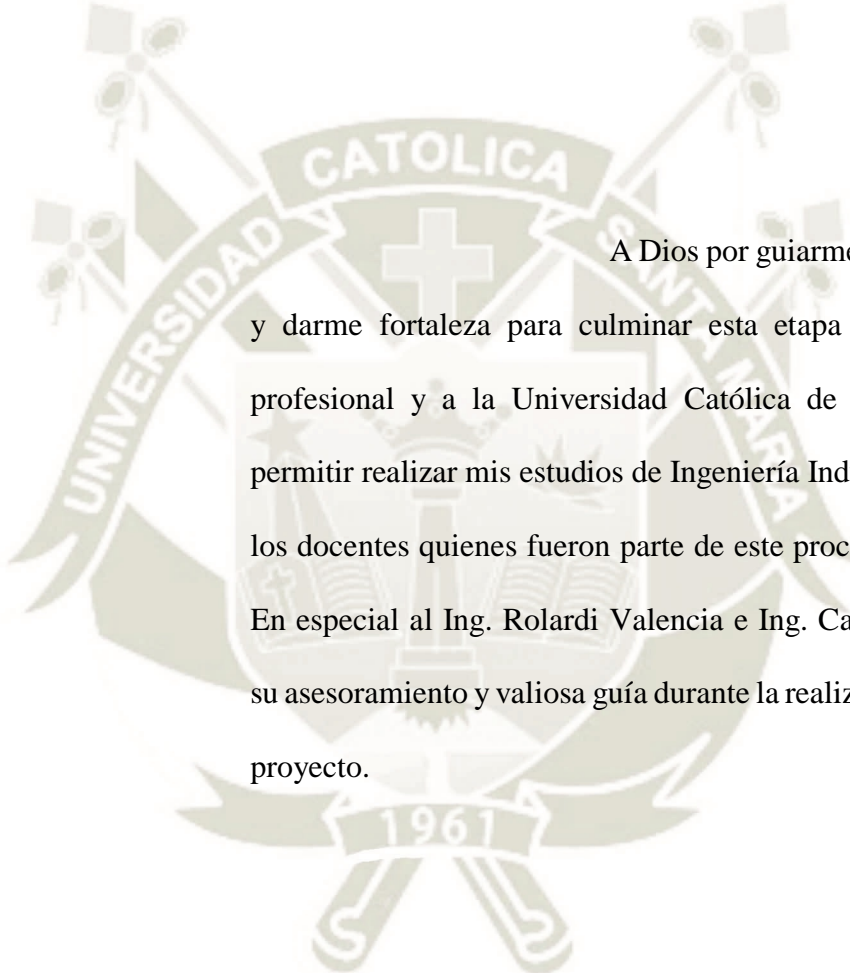
Código: 2432

DEDICATORIA

A mis padres y hermana, por mostrarme el camino hacia la superación, permitirme aprender más de la vida a su lado, brindarme su tiempo y ayuda para afrontar los retos que se me han presentado a lo largo de mi vida. A Estefany León Chávez por su constante motivación y apoyo tanto para el desarrollo del presente proyecto como en el día a día.



AGRADECIMIENTO



A Dios por guiarme en este gran paso y darme fortaleza para culminar esta etapa de mi desarrollo profesional y a la Universidad Católica de Santa María, por permitir realizar mis estudios de Ingeniería Industrial, así como a los docentes quienes fueron parte de este proceso de formación. En especial al Ing. Rolardi Valencia e Ing. Carlos Gordillo, por su asesoramiento y valiosa guía durante la realización del presente proyecto.

RESUMEN

El presente trabajo presenta el diseño de un sistema de distribución de vapor en la empresa Concretos Moldeados S.A.C., una empresa dedicada a la producción de prefabricados de concreto en la ciudad de Arequipa.

La presencia de un sistema de distribución de vapor dentro de una empresa de este rubro de la construcción, brinda una serie de ventajas para los productos, pero el punto clave se encuentra en el proceso de fraguado, que viene a ser el punto de quiebre para que los productos puedan obtener las propiedades potenciales que el concreto puede desarrollar.

A través de todo el diseño del sistema, estaremos enfocados en los dos principales productos de la empresa que son postes de concreto armado y adoquines de concreto, que, pese a que actualmente llegan a pasar las pruebas exigidas por las Normas Técnicas, no se llega a explotar todo el potencial que tienen, principalmente por las condiciones actuales en las que la empresa Concretos Moldeados S.A.C. realiza el proceso de fraguado.

Dentro del proyecto procederemos a evaluar la demanda de vapor en base a la producción histórica que tiene la empresa para calcular la capacidad que deben tener los calderos, pasando luego al cálculo de sistemas de alimentación de agua, tuberías y aislamiento.

Tomando en cuenta siempre la distribución actual de la planta para poder ubicar nuestra sala de máquinas, que contiene a todos los elementos mencionados anteriormente, para de esta manera ubicarlo cerca de nuestro mayor consumidor evitando pérdidas innecesarias, y de esta manera poder brindarle una aproximación real de los costos de implementación que tendría el proyecto.

Palabras clave: Sistema de distribución de vapor, fraguado de concreto, prefabricado de concreto.

ABSTRACT

The present work presents the design of a steam distribution system in the company Concretos Moldedados S.A.C., a company dedicated to the production of prefabricated concrete in the city of Arequipa.

The presence of a steam distribution system within a company in this area of construction, provides a number of advantages for the products but the key point is in the process of setting, which is the breaking point for the products can obtain the potential properties that concrete can develop.

Throughout the design of the system, we will be focused on the two main products of the company, which are reinforced concrete poles and concrete pavers, which despite the fact that they currently pass the tests required by the Technical Standards, do not reach exploit all the potential they have, mainly due to the current conditions in which the company Concretos Moldeados S.A.C. performs the setting process.

Within the project we will proceed to evaluate the steam demand based on the historical production that the company has to calculate the capacity that the cauldrons must have, passing then to the calculation of water supply systems, pipes and insulation.

Taking into account the current distribution of the plant to be able to locate our machine room, which contains all the elements mentioned above, in order to locate it near our biggest consumer avoiding unnecessary losses, and in this way to be able to provide a real approximation of the implementation costs that the project would have.

Keywords: Steam distribution system, concrete setting, prefabricated concrete.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, Concretos Moldeados S.A.C. cuenta con una línea de vapor que utiliza para poder brindar vapor al proceso productivo de postes. Sin embargo, presenta inconvenientes referidos a la capacidad instalada. Asimismo, la línea de vapor tiene una serie de problemas técnicos, como puntos de fuga. Por otro lado, como hemos mencionado el vapor se encuentra presente tan sólo para un producto que fabrica la empresa, lo que repercute en que muchas veces los demás prefabricados que produce necesiten largos periodos de tiempo para concluir su ciclo productivo, o no pasen las pruebas exigidas para poder medir la calidad de estos bienes. Todo esto concluye en grandes problemas para la empresa, por presentar inconvenientes en cumplir los plazos estimados y fuertes reclamos por parte de los clientes, con un impacto económico en el momento que se convierten en multas monetarias.

En el capítulo I, Planteamiento Metodológico, se presenta el planteamiento del problema, identificación de objetivos, justificaciones del estudio, variables e indicadores, hipótesis, limitaciones. En el capítulo II, Metodología de la Investigación, se desarrolló el nivel de investigación, así como la muestra, población estudiada y los instrumentos. En el capítulo III, Generalidades de la Empresa, se realizó el diagnóstico a la situación actual en la que se encuentra la empresa a nivel externo e interno. En el capítulo IV, se desarrolló el Marco Teórico, principales conceptos relacionados a Ingeniería Industrial y al tema a estudiar; los cuales nos servirán de guía para identificar las principales causas del problema y brindarle soluciones. En el capítulo V, Evaluación de la Demanda, se realizan cálculos donde se determina la justificación del estudio de postes y adoquines. En el capítulo VI, Ingeniería del Proyecto, se trabajan balances de materia y energía, así como distribución de planta. En el capítulo VII, Presupuesto Obra, se realiza un estimado de lo que costaría el proyecto y un análisis costo-beneficio, para determinar factibilidad.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
INTRODUCCIÓN.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE IMÁGENES.....	xvi
INDICE DE ANEXOS	xxiv
1. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO	25
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	25
1.1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	25
1.1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	25
1.1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	26
1.1.4 VIABILIDAD Y LIMITACIONES	26
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	27
1.2.1 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA	27
1.2.2 JUSTIFICACIÓN SOCIAL	27
1.2.3 JUSTIFICACIÓN TECNOLÓGICA	28

1.2.4 JUSTIFICACIÓN ECOLÓGICA.....	28
1.2.5 HIPÓTESIS	36
1.2.6. OBJETIVO GENERAL	36
1.2.7 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	36
2.METODOLÓGIA DE LA INVESTIGACIÓN	38
2.1 NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	38
2.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	38
2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA	39
2.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN.....	39
2.5 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE ANÁLISIS DE DATOS	39
2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	40
3. GENERALIDADES DE LA EMPRESA.....	41
3.1 ESTRUCTURA ORGÁNICA.....	41
3.2 PRODUCTOS.....	42
3.3 ORGANIGRAMA	45
3.4 ANÁLISIS DEL ENTORNO	47
3.4.1 FACTOR POLÍTICO	47
3.4.2 FACTOR ECONÓMICO	48
3.4.3 FACTOR SOCIAL.....	49
3.4.4 FACTOR TECNOLÓGICO.....	51

3.4.6 PRINCIPALES COMPETIDORES	54
3.4.7 PRINCIPALES CLIENTES.....	55
3.5 ANÁLISIS INTERNO.....	55
3.5.1 ANÁLISIS DE RECURSOS Y CAPACIDADES	55
3.5.2 MAPA DE PROCESOS	58
3.5.2 ANÁLISIS DE LA CADENA DE VALOR AGREGADO.....	59
3.6 DESCRIPCIÓN DE INSTALACIONES	60
4. MARCO TEÓRICO	63
4.1 CONCEPTOS BÁSICOS DE VAPOR	63
4.1.1 DEFINICIÓN DE VAPOR DE AGUA	63
4.1.2 FUNCIONAMIENTO Y USO DEL VAPOR.....	64
4.1.3 CARACTERÍSTICAS DEL VAPOR	65
4.1.4 TIPOS DE VAPOR.....	65
4.2 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR.....	66
4.3 COMPONENTES PRINCIPALES DEL SISTEMA.....	68
4.3.1 GENERADORES DE VAPOR.....	68
4.3.2 TUBERÍAS	76
4.3.3 FILTROS.....	81
4.4 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA	82
4.4.1 RETORNO DE CONDENSADO	82

4.4.2 GOLPE DE ARIETE.....	83
4.4.3 AISLAMIENTO TÉRMICO.....	84
4.5 CONCRETO.....	85
4.5.1 DEFINICIÓN DE CONCRETO	85
4.5.2 CARACTERÍSTICAS.....	86
4.5.3 PROPIEDADES.....	87
4.5.4 CONCRETO FRESCO	91
4.5.5 CONCRETO ENDURECIDO	92
4.5.6 MEZCLADO.....	95
4.5.7 TRABAJABILIDAD.....	96
4.5.8 CONSOLIDACIÓN	96
4.5.9 HIDRATACIÓN Y FRAGUADO	98
4.5.9.1 MÉTODOS DE FRAGUADO	99
4.5.9.2 TIEMPO DE FRAGUADO.....	104
4.5.10 VELOCIDAD DE SECADO	118
4.5.11 RESISTENCIA	119
4.5.12 DENSIDAD.....	121
4.5.13 COMPOSICIÓN	123
4.5.13.1 CEMENTO.....	123
4.5.13.2 AGUA	127

4.5.13.3 AGREGADOS	128
4.5.13.4 ADITIVOS	131
5. EVALUACIÓN DE LA DEMANDA	135
5.1 DEMANDA DE POSTES	138
5.2 DEMANDA DE ADOQUINES	142
5.3 REQUERIMIENTOS DE VAPOR	145
6. INGENIERÍA DEL PROYECTO	151
6.1 DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESOS PRODUCTIVOS	151
6.2 ANÁLISIS DE BALANCE DE MATERIA DE LOS PROCESOS	164
6.3 ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA	197
6.4 PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS INTERNO	218
6.6 DISEÑO DE SISTEMA DE VAPOR	223
6.1 CÁLCULO DEL FACTOR DE EVAPORACIÓN	223
6.2 CÁLCULO DE LA CAPACIDAD NOMINAL	224
6.3 SELECCIÓN DEL CALDERO	225
6.4 SELECCIÓN DEL COMBUSTIBLE	225
6.5 DEMANDA DE COMBUSTIBLE	226
6.6 CÁLCULO DEL TANQUE DE COMBUSTIBLE	227
6.8 DISEÑO DE SISTEMA DE ABLANDAMIENTO DE AGUA	229
6.8.1 DETERMINAR LA DUREZA DEL AGUA	231

6.8.2 DETERMINAR CAPACIDAD DEL AGUA A REGENERAR	231
6.8.3 DETERMINAR DE LA ALIMENTACIÓN NETA DE LA CALDERA	231
6.8.4 DETERMINAR LA ALIMENTACIÓN TOTAL REQUERIDA POR DÍA....	231
6.8.5 DETERMINAR LOS GRANOS TOTALES A REMOVER POR DÍA.....	232
6.8.6 CAPACIDADES DE LOS SUAVIZADORES	232
6.8.7 FRECUENCIA DE REGENERACIÓN EN EL SUAVIZADOR	233
6.8.8 DETERMINAR EL CONSUMO DE SAL PARA REGENERACIÓN	233
6.9 DISEÑO DEL TANQUE DE AGUA DE ALIMENTACIÓN.....	233
6.10 DISEÑO DE MANIFOLD´S.....	234
6.11 CÁLCULO DE TUBERÍAS.....	238
6.12 CÁLCULO DE AISLAMIENTO.....	251
7. PRESUPUESTO OBRA.....	255
7.1 FACTORES QUE DETERMINAN EL COSTO DEL SISTEMA	255
7.2 COSTO TOTAL DEL PROYECTO	256
7.2.1 COSTO DE LOS MATERIALES.....	256
7.3. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD FINANCIERA.....	258
7.4 ANÁLISIS DE FACTORES PRODUCTIVOS	270
7.4.1 CALIDAD DE LOS PRODUCTOS	270
7.4.2 INSUMOS Y CAPACIDAD DE PLANTA.....	274
CONCLUSIONES.....	275

RECOMENDACIONES.....	276
BIBLIOGRAFÍA	277



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Impactos ambientales por proceso productivo de Concretos Moldeados S.A.C.	35
Tabla 2: Tabla de variables e indicadores para le medición del proyecto.....	40
Tabla 3: Propiedades del Diesel-2.....	75
Tabla 4: Ventajas y desventajas de un fraguado rápido en el hormigón.....	105
Tabla 5: Ventajas y desventajas de un fraguado lento en el hormigón.....	106
Tabla 6: Factores que influyen en el proceso de fraguado.....	107
Tabla 7: Influencia del factor 2: tipo de cemento	108
Tabla 8: Efecto de las cenizas volantes en el tiempo de fraguado del hormigón.....	109
Tabla 9: Dosificaciones utilizadas y resultados en los ensayos por Gabalec.....	110
Tabla 10: Análisis de métodos de Curado.....	111
Tabla 11: Comparativa curado con vapor vs otros métodos.....	112
Tabla 12: Diseño de mezclas para evaluación de fraguado con vapor	114
Tabla 13: Comparación de Edad y Resistencia.....	119
Tabla 14: Promedio de dimensiones observadas para el concreto fresco en SI.....	122
Tabla 15: Cantidades por producto durante el año 2018.....	136
Tabla 16: Ingresos y % acumulado por producto.....	137
Tabla 17. Demanda histórica de postes de 8m en 2018	138
Tabla 18. Demanda histórica de postes año 2018	142
Tabla 19: Características de muestras para pruebas de fraguado de adoquines.....	148
Tabla 20: Consumo diario de metros cúbicos de concreto	150
Tabla 21: Consumo de vapor bajo diferentes condiciones.....	150

Tabla 22: Beneficios del fraguado con vapor en tiempo adoquines	156
Tabla 23: Beneficios del fraguado con vapor en tiempo adoquines	162
Tabla 24: Matriz General de Producción de Postes sin vapor	168
Tabla 25: Matriz General de Producción de Postes con vapor	169
Tabla 27: Matriz General de Producción de Adoquines sin vapor	170
Tabla 28: Matriz General de Producción de Adoquines sin vapor	171
Tabla 29: Diferencias de capacidad del proceso con presencia de vapor	172
Tabla 30: Razones de proximidad para el Área de postes.....	198
Tabla 31: Descripción de valores de proximidad.....	198
Tabla 32: Valores de proximidad para el Área de postes.....	200
Tabla 33: Evaluación de alternativas para distribuciones de planta	207
Tabla 34: Razones de proximidad para el Área de adoquines	208
Tabla 35: Valores de proximidad para distribución de planta adoquines	209
Tabla 36: Evaluación de soluciones para distribución de planta adoquines	216
Tabla 37: Consumos de vapor para los diferentes productos.....	223
Tabla 38: Utilización de calderos en base a turnos	225
Tabla 39: Consumo de combustible por caldero según tablas	227
Tabla 40: Horas por día laborable en función de turnos	228
Tabla 41: Categorías de agua en base al grado de dureza.....	230
Tabla 42: Descripción de Manifold's a considerar en sistema de distribución.....	234
Tabla 43: Velocidades recomendadas según naturaleza del servicio.....	238
Tabla 44: Diámetros de tuberías según tramos	250
Tabla 45: Dimensionamiento de aislamiento por tramo	254

Tabla 46: Costo total de materiales del proyecto	257
Tabla 47: Incremento en la capacidad de planta	258
Tabla 48:Detalle de costo de adoquines.....	258
Tabla 49:Detalle de costo de postes	259
Tabla 50: Costos de combustible	260
Tabla 51: Utilidad por adoquín con diferentes combustibles.....	261
Tabla 52:Variaciones en costos de adoquines.....	261
Tabla 53:Utilidad por poste con diferentes combustibles	261
Tabla 54: Variaciones en costo de postes	262
Tabla 55: Detalle de costos por producto.....	262
Tabla 56: Demanda mensual de postes	263
Tabla 57: Pronósticos de postes año 2019	264
Tabla 58: Promedio de demanda de adoquines.....	265
Tabla 59:Pronostico de adoquines año 2019.....	266
Tabla 60: Detalle de ganancias por mes.....	267
Tabla 61: Utilidad mensual según uso de combustible	268
Tabla 62: Resistencias de adoquines por día.....	271
Tabla 63: Consumos de insumos para funcionamiento.....	274

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Justificación Social del Proyecto	27
Imagen 2: Proceso de producción en Concretos Moldeados S.A.C.....	30
Imagen 3: Esquema de generalización de muestra a población.....	39
Imagen 4: Organigrama Concretos Moldeados S.A.C.....	45
Imagen 5: Análisis del entorno para Concretos Moldeados S.A.C.....	53
Imagen 6: Principales Competidores dentro del rubro prefabricados de concreto	54
Imagen 7: Mapa de procesos Concretos Moldeados S.A.C.....	58
Imagen 8: Cadena de Valor Agregado en Concretos Moldeados S.A.C.....	59
Imagen 9: Descripción de las instalaciones en concretos Moldeados S.A.C.....	61
Imagen 10: Composición del gas	64
Imagen 11: Diferentes estados de vapor a través de la mezcla de temperatura-presión	66
Imagen 12: Sistema de distribución de vapor completo	67
Imagen 13: Caldera de vapor	69
Imagen 14: Caldera de vapor Piro tubular	71
Imagen 15: Caldera Acuotubular	73
Imagen 16: Sistema de vapor simplificado	74
Imagen 17: Reductores concéntricos y excéntricos	77
Imagen 18: Gráfico para dimensionar tuberías (método de la velocidad)	79
Imagen 19: Gráfico para dimensionar tuberías (método de caída de presión).....	80
Imagen 20: Filtros para vapor	82
Imagen 21: Formación de condensado.....	83
Imagen 22: Formación de bolsa sólida de agua	84

Imagen 23: Variaciones de las proporciones usadas en concreto en volumen absoluto.	90
Imagen 24: La resistencia del concreto se incrementa con la edad, bajo ciertas condiciones .	92
Imagen 25: Efecto de la temperatura sobre el desarrollo de la resistencia	93
Imagen 26: Desarrollo de la resistencia del concreto en el tiempo de exposición al aire libre.	94
Imagen 27: Desarrollo del grado de hidratación del hormigón.....	95
Imagen 28: Curva de resistencia de fraguado	103
Imagen 29: Influencia del factor 3: Finura del cemento	108
Imagen 30: Resistencia a la compresión para diferentes métodos de curado	112
Imagen 31: Resistencia a la compresión en comparación con los días	113
Imagen 32: Resistencia a la compresión para los diferentes diseños de mezclas	115
Imagen 33: Resistencia a pruebas de Dureza por método de fraguado.....	115
Imagen 34: Resistencia a pruebas de Flexión	116
Imagen 35: Gráfico comparativo para distintos tipos y tiempos de curado	117
Imagen 36: Resistencia del poste a través del tiempo.....	118
Imagen 37: Resistencia de concretos, en base a la resistencia de 28 días.....	120
Imagen 38: Variación de resistencias para diferentes relaciones agua-cemento	120
Imagen 39: Análisis PQ de los prefabricados de Concretos Moldeados S.A.C.....	136
Imagen 40: Curva ABC de prefabricados de Concretos Moldeados S.A.C.....	137
Imagen 41: Demanda de postes año 2018.....	139
Imagen 42: Demanda de adoquines año 2018.....	143
Imagen 43: Determinación de consumo de vapor en adoquines.....	146
Imagen 44: Prueba de vapor para fraguado de adoquines.....	146
Imagen 45: Curvas de resistencia en base a diferentes curados.....	147

Imagen 46: Resultados de pruebas laboratorio para adoquines	149
Imagen 47: Diagrama de análisis de proceso de la fabricación de postes sin vapor.....	152
Imagen 48: Diagrama de análisis de proceso de la fabricación de postes con vapor.....	153
Imagen 49: Diagrama de Recorrido para producción de Postes sin vapor	154
Imagen 50: Diagrama de Recorrido para producción de Postes con vapor	155
Imagen 51: Beneficios del fraguado con vapor en tiempo postes.....	157
Imagen 52: Diagrama de Análisis de Proceso Adoquines sin vapor	158
Imagen 53: Diagrama de Análisis de Proceso Adoquines con vapor	158
Imagen 54: Diagrama de Recorrido para producción de Adoquines sin vapor	160
Imagen 55: Diagrama de Recorrido para producción de Adoquines sin vapor	161
Imagen 56: Beneficios del fraguado con vapor en tiempo adoquines.....	163
Imagen 57: Materiales que ingresan y salen del proceso de adoquines sin vapor	164
Imagen 58: Materiales que ingresan y salen del proceso adoquines con vapor	165
Imagen 59: Materiales que ingresan y salen del proceso de fabricación de postes sin vapor	166
Imagen 60: Materiales que ingresan y salen del proceso de fabricación de postes con vapor	167
Imagen 61: Diferencias de capacidad del proceso con presencia de vapor	172
Imagen 62: Layout de Producción de Postes	173
Imagen 63: Layout de Producción de Adoquines	174
Imagen 64: Proceso de Elaboración de Postes.....	175
Imagen 65: Proceso de elaboración de adoquines.....	176
Imagen 66: Diagrama de Bloques para Postes sin vapor	177
Imagen 67: Diagrama de Bloques para Postes con vapor	178
Imagen 68: Diagrama de Bloques para Adoquines sin vapor	179

Imagen 69: Diagrama de Bloques para Adoquines con vapor	180
Imagen 70: Diagrama de Bloques con influencia de vapor	181
Imagen 71: Diagrama de flujo para Postes sin vapor.....	182
Imagen 72: Diagrama de flujo para Postes con vapor.....	183
Imagen 73: Diagrama de flujo para Adoquines sin vapor.....	183
Imagen 74: Diagrama de flujo para Adoquines con vapor	185
Imagen 75: Esquema Horizontal de Postes sin vapor	186
Imagen 76: Esquema Horizontal de Postes con vapor	187
Imagen 77: Esquema Horizontal de Adoquines sin vapor	188
Imagen 78: Esquema Horizontal de Adoquines sin vapor	189
Imagen 79: Centrifugadora con variador de frecuencia	190
Imagen 80: Grúa pórtico	191
Imagen 81: Caldera pirotubular	192
Imagen 82: Mezcladora planetaria	193
Imagen 83: Dosificadora de concreto	194
Imagen 84: Mezcladora planetaria de adoquines	195
Imagen 85: Vibro compactadora de concreto	195
Imagen 86: Transpallet para adoquines.....	196
Imagen 87: Montacargas para adoquines.....	197
Imagen 88: Tabla relacional de actividades para el Área de postes.....	200
Imagen 89: Área requerida por actividad para el Área de postes	201
Imagen 90: Diagrama relacional de actividades para el Área de postes	202
Imagen 91: Diagrama relacional de espacios para el Área de postes.....	203

Imagen 92: Alternativa 1 para la nueva disposición del área de postes	204
Imagen 93: Alternativa 2 para la nueva disposición del área de postes	205
Imagen 94: Alternativa 3 para la nueva disposición del área de postes	206
Imagen 95: Tabla relacional de actividades para el Área de adoquines.....	210
Imagen 96 Valores de proximidad para el Área de adoquines.....	210
Imagen 97: Área requerida por actividad para el Área de postes	211
Imagen 98: Diagrama relacional de espacios para el área de adoquines	212
Imagen 99: Alternativa 1 para la nueva disposición del área de adoquines.....	214
Imagen 100: Alternativa 2 para la nueva disposición del área de adoquines.....	215
Imagen 101: Diagrama de Operaciones para el Proceso de Pruebas	219
Imagen 102: Opciones para utilización de Gas Natural.....	226
Imagen 103: Dimensionamiento de tuberías para sistema de vapor	239
Imagen 104: Proporciones de costo de producir vapor	255
Imagen 105: Proporciones de costos de adoquines.....	259
Imagen 106: Proporciones de costo de postes.....	260
Imagen 107: Ventas históricas de postes	263
Imagen 108: Detalle de Postes por mes	264
Imagen 109: Ventas históricas de adoquines	265
Imagen 110: Detalle de adoquines por mes	266
Imagen 111: Cálculo de VAN y TIR	269
Imagen 112: Espesor nominal y resistencia a la compresión.....	272
Imagen 113: Resistencia Día 2 en base al método de fabricación	272
Imagen 114: Resistencia final según método de fabricación.....	273

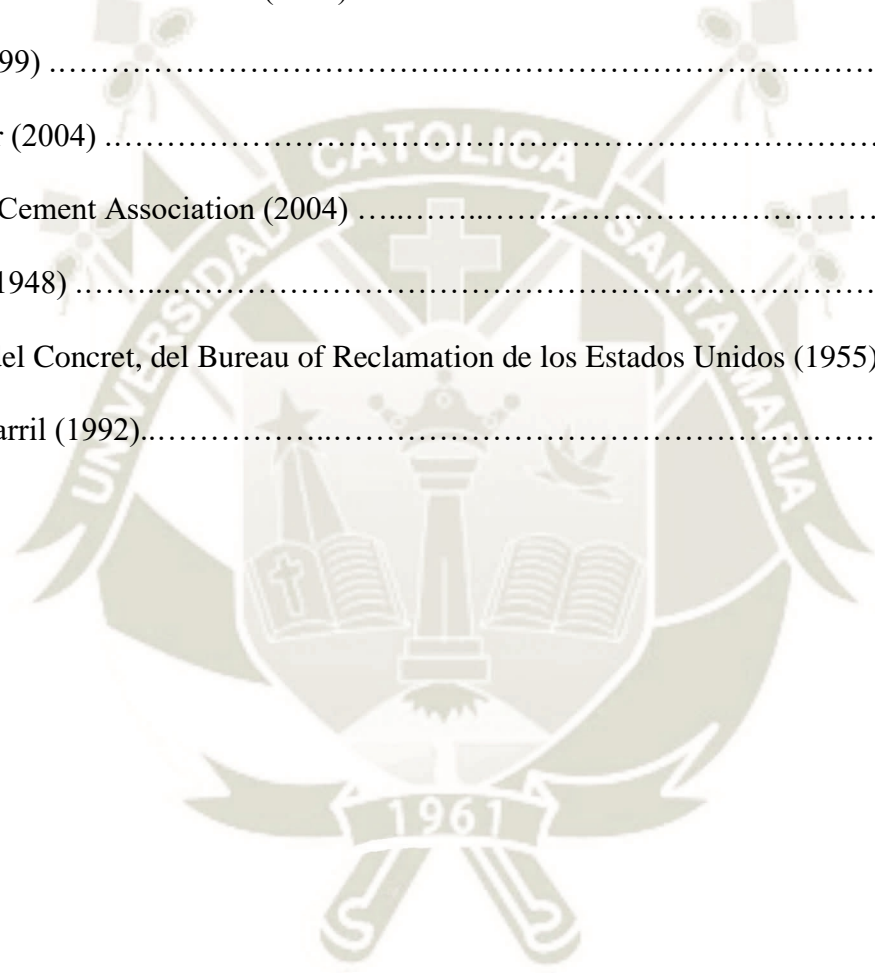
ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1: Vista Satelital de Concretos Moldeados S.A.C	42
Foto 2: Poste de Concreto Armado de 18m de largo	43
Foto 3: Block Grass.....	43
Foto 4: Poste para cerco	44
Foto 5: Adoquín de concreto.....	44
Foto 6: Componentes del concreto: cemento, agua, agregado grueso, agregado fino	87
Foto 7: Una buena consolidación es necesaria para lograr concreto denso y durable	97
Foto 8: Una consolidación pobre de concreto.....	98
Foto 9: Cemento Yura.....	123
Foto 10: Agua para mezclado y fraguado de concreto.....	128
Foto 11: Planta de Postes	140
Foto 12: Zona de Centrifugado de Postes	140
Foto 13: Pruebas de esfuerzo y deformación de postes	141
Foto 14:Faja transportadora de concreto para adoquines.....	144
Foto 15:Cuartos de curado de Adoquines	145
Foto 16:Maquina parar pruebas de compresión.....	218
Foto 17:Medición de adoquines parar pruebas	220
Foto 18:Calibración de equipo para pruebas.....	220
Foto 19:Prueba de compresión de adoquines.....	221
Foto 20:Prueba de adoquines (punto de ruptura)	221
Foto 21:Toma de resultados de prueba de compresión.....	222

INDICE DE REFERENCIAS

Ariztizaval (2010).....	61
Armstrong (1998).....	61
Spirax Sarco (1976).....	61
Junta de Castilla y León (2000)	62
Spirax Sarco (2000)	63
Vaportec (2015).....	65
Armstrong (1998).....	65
Mc Graw Hill (2007)	67
Diccionario Enciclopédico Océano (2010)	67
ASME (American Society of Mechanical Engenieerings) (1915).....	67
Enciclopedia Universal (Sopena)	67
Juan Uceda Martínez (2012)	68
Cleaver-Brooks (1976)	69
Juan Uceda Martínez (2012)	69
Carlos Thomasset (2011)	70
Hurst Boiler&Welding	71
Cáceres Graziani (2002)	73
Cleaver Brooks (1976)	74
Spirax Sarco (1999)	75
Spirax Sarco (1999)	81
Owen Comings (2008)	83
Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto (2001)	84

Portland Cement Association (2012)	84
Riva E (1997)	86
Portland Cement Association (2012)	89
Powers (1948)	90
Portland Cement Association (2004)	91
Mills (1999)	92
Schlinder (2004)	92
Portland Cement Association (2004)	94
Powers (1948)	97
Manual del Concret, del Bureau of Reclamation de los Estados Unidos (1955)...	100
Carlos Carril (1992).....	102



INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Extracto de Norma Técnica Peruana 350.301.....	279
Anexo 2: Tuberías comerciales de acero al carbón.....	280
Anexo 3: Sistema de Aislamiento térmico.....	286
Anexo 4 Características poste de concreto armado centrifugado NTP 339:027.....	288
Anexo 5 Tablas de consumo de vapor según proceso.....	289
Anexo 6 Factor de Evaporación.....	291
Anexo 7 Datos técnicos de generadores de vapor.....	292
Anexo 8 Sistema de agua blanda y dura.....	293
Anexo 9 Tablas de Vapor.....	301
Anexo 10 Dimensionamiento de Tuberías SCH 40.....	303
Anexo 11 Maximizar eficiencia energética del sistema de aislamiento.....	304
Anexo 12 Factores y conversiones de apoyo.....	305
Anexo 13 Resultados de Pruebas de Ensayo para Adoquines con Vapor.....	307

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Baja calidad de los prefabricados de concreto en la empresa Concretos Moldeados S.A.C. debido a un ineficiente diseño del sistema de distribución de vapor

1.1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Para que los productos de concreto prefabricado puedan obtener altos niveles de calidad y se logre una gran productividad dentro de las empresas de este sector, se debe poner gran atención en un proceso clave dentro de la producción, que es el fraguado, el cual tiene por objeto brindar al concreto las condiciones adecuadas de humedad y temperatura para el desarrollo de sus propiedades “potenciales”, acordes con su composición, durabilidad y resistencia al desgaste.

Entre los diferentes métodos que existen para poder fraguar el concreto, se ha demostrado a través de diversos estudios y pruebas de materiales, que el más eficiente es el que utiliza vapor como componente principal. Es por ello que el correcto diseño e implementación de una línea de vapor dentro de la empresa es indispensable para todos los procesos productivos.

Actualmente se puede observar que la empresa cuenta con una línea de vapor pero que presenta muchos problemas en cuanto al dimensionamiento tecnológico; como son desgaste, provocando pérdidas en varios puntos y limitaciones en cuanto a capacidad ya que el vapor demandado es muy grande con el vapor que es capaz de producir la línea, influyendo directamente en los costos de operación.

Así como problemas de distribución debido a no llegan tomas de vapor a todos los puntos donde son requeridos, lo que genera muchos inconvenientes dentro de la empresa relacionados a costos por faltantes debido a que no se puede cumplir con pedidos, dificultades para continuar con la producción, desencadenando todo esto en una mala imagen empresarial.

Es por ello que nace la necesidad de poder realizar un estudio que pueda establecer la características de un equipo generador de vapor que satisfaga toda la cantidad demandada por las diferentes áreas, haciendo un uso eficiente del combustible, junto con un sistema de distribución de vapor, el cuál se analizará en el siguiente proyecto.

1.1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿El diseño de un sistema de distribución de vapor permitirá la mejora de todo el proceso productivo y calidad de los diferentes prefabricados de concreto en la empresa Concretos Moldeados S.A.C.?

1.1.4 VIABILIDAD Y LIMITACIONES

La investigación es viable debido a que se cuenta con los recursos financieros, materiales y humanos necesarios para realizarla, la experiencia y conocimiento por parte del investigador. Así mismo, se cuenta con el apoyo de docentes de la Universidad Católica de Santa María, para poder elevar el contenido y conocimiento desarrollado, además de facilidades por parte de la empresa, donde se recolectará información debido al gran interés por solucionar el problema que se investigará.

Las limitaciones del presente proyecto se refieren a los siguientes aspectos:

- Campo: Diseño del sistema de distribución de vapor
- Área: Técnica
- Delimitación Geográfica: Distrito de Mollebaya, Arequipa, Arequipa

- Delimitación espacial: Empresa productora de prefabricados de concreto.
- Delimitación Temporal: 2019

1.2 JUSTIFICACIÓN

1.2.1 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

Diseñar la línea de vapor permitirá que la empresa disponga de una herramienta con la cual puede satisfacer totalmente las demandas de los diferentes productos y con ello evitar grandes costos relacionados a faltantes, así como también costos de generación de vapor, lo que repercute de manera directa en los beneficios económicos que se pueden llegar a obtener.

1.2.2 JUSTIFICACIÓN SOCIAL

El diseño de la línea de vapor para la empresa permitirá y garantizará un desarrollo normal de las actividades propias de la empresa la cual beneficia de manera íntegra a la población, pues que estos son los usuarios finales de muchos de los prefabricados de la empresa. Para este efecto es conveniente de manera inmediata planificar y desarrollar su infraestructura.

Imagen 1: Justificación Social del Proyecto



Fuente: Elaboración propia

En la imagen 1, podemos observar una cadena de beneficios a través del cual, los productos elaborados por la empresa, terminan influyendo en la vida de las personas de la ciudad de Arequipa, es por ello que la calidad de estos prefabricados debe cumplir con los estándares que se encuentran en las Normas Técnicas Peruanas.

Adicionalmente, la empresa brinda oportunidades laborales a personas de comunidades aledañas a su ubicación, es reconocida por la Municipalidad de Mollebaya como la empresa que cuenta con mayor personal de la localidad, lo que genera un desarrollo local con mayores ingresos para las familias de este distrito de Arequipa.

1.2.3 JUSTIFICACIÓN TECNOLÓGICA

Se aplicarán ensayo de materiales, con protocolos y procedimientos de calidad, monitoreo de los resultados que se arrojan en diferentes pruebas realizadas por la empresa. Así como diseñar y construir una línea de vapor para la empresa con las instalaciones térmicas energéticamente eficientes utilizando equipos modernos y en todo momento aprovechado para satisfacer la demanda. Para no continuar como actualmente se viene trabajando, de cierta forma artesanal y con un crecimiento tecnológico muchas veces desordenado.

1.2.4 JUSTIFICACIÓN ECOLÓGICA

Actualmente la empresa ha recibido notificaciones por parte del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR) debido a que para la generación de energía utiliza carbón, siendo un material altamente contaminante como podemos ver a través de la Norma Técnica Peruana 350.301(Estándares de Eficiencia Térmica y Etiquetado. 2° Edición,Lima,2009), donde nos indican entre otras cuestiones, que se debe realizar un Análisis de los Gases de Combustión para poder verificar el funcionamiento de la caldera y demás equipos auxiliares. Actualmente no se ha realizado este análisis, es por ello que un cambio de combustible hacia uno mucho más limpio y

barato como es el Gas Natural, sugerido dentro de este proyecto, beneficiará de todas maneras a la empresa.

Además, se ha realizado la siguiente Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) para poder identificar, evaluar y describir los impactos ambientales que se tienen actualmente y que producirá el presente proyecto en el entorno donde se ejecutará.

Metodología

El presente estudio fue desarrollado en una planta de concreto ubicado en Arequipa, distrito de Mollebaya, con una capacidad instalada actual de 7,125 m³ / año y cuyas instalaciones están ubicadas en un área aproximada de 50,000 m² de superficie.

La investigación se realizó en dos etapas:

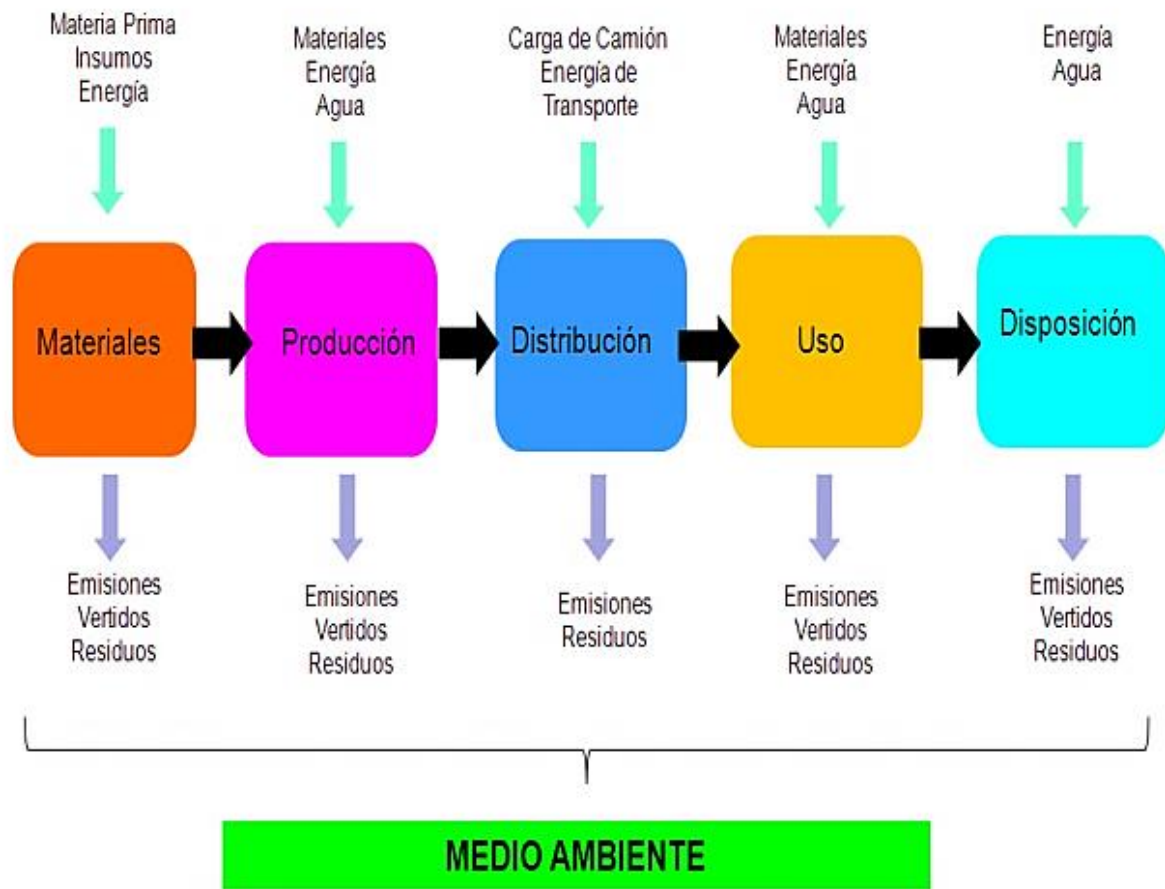
1. Obtención de la información documentada, a través de la revisión de diversa bibliografía de documentos, ensayos e investigaciones para poder conocer el detalle de los impactos asociados (García, 2004; Galán, 2010; O'Reilly et al., 2010; Fonseca y Reyes, 2015)
2. Visitas periódicas a la planta de concreto para poder obtener información de primera mano, a través de entrevistas con el personal directivo y demás trabajadores. Podemos considerar que la investigación en esta etapa es descriptiva debido a que se analiza una situación actual sin que se haya manipulado ninguna variable, y con información recolectada una sola vez.

Resultados y Discusión

- Análisis de las etapas de todo el proceso de producción del concreto premezclado, así como impactos ambientales

La imagen 2 nos muestra todo el proceso de producción dentro de Concretos Moldeados S.A.C incluyendo a grandes rasgos entradas y salidas en cada etapa del proceso.

Imagen 2: Proceso de producción en Concretos Moldeados S.A.C



Fuente: Elaboración Propia

Etapa 1. Recepción de materia prima. La materia prima utilizada para la producción del concreto se encuentra basada en arena, piedra, cemento, agua y aditivos. Cada uno de ellos posee diversas características que podrán ser apreciadas con mayor detalle más adelante.

Como observamos en la figura, se deben considerar dos factores claves para la producción, como son la energía y el agua. La energía con la que se cuenta dentro de todo el proceso proviene de dos fuentes, una ya fue mencionada líneas arriba, un combustible fósil, para el funcionamiento del caldero y todo lo que esto implica en el proceso de fraguado, se tiene como fuente al carbón,

mientras que la energía eléctrica es brindada por la empresa local proveedora de electricidad permitiendo el funcionamiento de diversos equipos de la planta, así como áreas administrativas.

Mientras que, por otro lado, el agua desempeña un papel fundamental para la mezcla de concreto y la hidratación que deben tener los diversos productos elaborados, este insumo proviene del subsuelo o conocida comúnmente como agua subterránea, el cual se encuentra supervisado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), bajo la Ley N° 29338 (Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, Enero del 2010), la cual ha determinado que se debe disponer de un consumo anual máximo de 7,300 m³ para evitar posibles daños al manto acuífero de la zona.

El principal impacto que debemos determinar en esta etapa es la generación de emisiones de polvo que son resultado del manejo de los agregados en el momento del acarreo, descarga y consumo de diversos procesos en la planta. Actualmente se tiene algunas medidas de control como son:

- Colocar lonas tapando la carga de los camiones que cargan estos materiales
- En caso de algunos insumos, como la piedra y la arena, se encuentra bajo riego por aspersores en determinados momentos

Sin embargo, se detectó que un insumo presente durante todo el proceso productivo es el cemento, el cual no tiene alguna medida por lo que se propone:

1. Colocar silos para un adecuado almacenamiento de los “Big Bags” o bolsas grandes de cemento con un determinado colector de polvo que colabore con la captura de partículas
2. Implementar un equipo que pueda actuar como drybatch o aspiradora de este material que muchas veces se dispersa en el punto de descarga.

Etapa 2. Producción del concreto. El concreto es resultado de la mezcla de varios insumos como el agua, cemento, agregados y aditivos.

El proceso de producción se puede resumir de la siguiente manera:

1. Un operario opera la dosificadora de concreto y acelera el trompo mezclador a una velocidad promedio de 15-20 revoluciones/min
2. Se adiciona un porcentaje de agua correspondiente
3. Se adiciona la cantidad de aditivo según se tiene calculado en la empresa
4. Se abre la báscula de los agregados, con lo que empiezan a adicionarse
5. Una vez que se transcurre un tiempo aproximado de 3,5 min o también se trabaja en base a 70 revoluciones, se procede con la descarga del concreto, adicionando un porcentaje de agua para aprovechar que limpie la tolva.

Los principales impactos ambientales que se generan en este punto son:

1. Generación de polvos y gases por lo que se afecta a la calidad del aire. Podemos proponer el diseño de un Programa de prevención y manejo de emisiones atmosféricas durante las operaciones de Concretos Moldeados S.A.C (Decreto Supremo N° 074-2001-PCM (Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, Junio del 2001) relativo a Normas sobre calidad del aire y control de la contaminación atmosférica).
2. Aumento en el nivel de ruido dentro de la planta de concreto y áreas cercanas. Se procede a proponer la implementación de un Programa de Prevención y control del ruido durante la operación de la planta para el cumplimiento del Decreto Supremo N° 085-2003-PCM (Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, Enero del 2003).
3. Afectación de la calidad del agua debido a la descarga de efluentes debido al tratamiento de aguas en parte de la operación. Es por ello que se propone la implantación de ciertos controles necesarios, para realizar un correcto manejo de efluentes en operación evitando de esta manera problemas de contaminación de suelos y agua, sobretodo del tipo peligroso.

Así como cumplir con la normativa relacionada con el control de calidad del agua subterránea establecida en la Ley de Recursos Hídricos N°29338 29338 (Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, Enero del 2010), y en base al Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM (Diario Oficial El Peruano, Lima,Perú,Enero del 2017).

4. Manejo incorrecto y peligroso de los desechos de la planta, en el taller de maestranza y áreas cercanas, es por ello que se propone poner en práctica un Plan de manejo de residuos peligrosos y no peligrosos generando durante la operación diaria de la planta para el cumplimiento de la Ley General de Residuos Sólidos N° 27314(Diario Oficial El Peruano,Lima,Perú,Diciembre del 2012) y el Decreto Legislativo N° 1278 (Diario Oficial El Peruano,Lima,Perú,Diciembre del 2012), que rige la Gestión Integral de la Basura.
5. Para poder producir vapor dentro del proceso de fraguado, se utiliza un caldero que funciona en base a carbón, un mineral que genera grandes emisiones contaminantes al ambiente. Por lo que se ha recibido varias advertencias por parte de la Policía Forestal.

Etapa 3. Distribución

En la mayoría de casos, los clientes de la empresa cuentan con unidades propias que proceden a acercarse a la planta para que se pueda proceder con la entrega y posterior distribución del producto, evitando de esta manera costos de transporte y flete de los cuales podría obtener algún ingreso la empresa. Existen algunos problemas con respecto a la generación de polvos y gases por el manipuleo y carga de productos finales, que quedarán afectados por las normas mencionadas líneas arriba

Etapa 4. Uso del producto

El concreto es el material de construcción con mayor porcentaje de uso a nivel mundial, diversas estructuras de concreto vienen siendo utilizadas por largos periodos de tiempo sin presentar

algún daño o necesidad de reparación. Debido a esta propiedad, su uso es una gran solución para un desarrollo sustentable. Las estructuras de concreto tienen un diseño óptimo con respecto al consumo de energía. Es decir, todos los elementos que provienen del concreto no se encuentran sujetos a altas variaciones diarias de temperatura, lo que da como resultado una reducción aproximada del 25% en cuanto a costo de calefacción y aire acondicionado. De la misma forma, equipos de ventilación, aire acondicionado o relacionado con la calefacción.

Etapas 5. Disposición final.

Suele ocurrir que muchas veces el concreto ya no es colocado en diferentes construcciones debido a una tendencia mundial hacia la minimización, reciclaje o recuperación de materiales para darles un uso distinto al actual. Entre los potenciales usos del concreto una vez que haya concluido su ciclo de vida, podemos encontrar:

- 1- Recuperación de terrenos a través del relleno de concreto
- 2- Utilización en el asfalto como material reciclado
- 3- Dentro de las carreteras se posiciona como sub bases

A través de la Tabla 1, podemos observar los principales impactos ambientales relacionados con las diferentes etapas dentro del proceso productivo de concreto dentro de Concretos Moldeados S.A.C.

Tabla 1: Impactos ambientales por proceso productivo de Concretos Moldeados S.A.C.

ETAPA DEL PROCESO	IMPACTOS AMBIENTALES
1. Recepción de materia prima	<ul style="list-style-type: none"> • Generación de emisiones de polvo: contaminación de la atmosfera. • Grandes consumos de agua y energía.
2. Producción	<ul style="list-style-type: none"> • Generación de polvos y gases: afecta la calidad del aire. • Niveles de ruido altos en la planta de concreto y áreas aledañas. • Contaminación del agua por descarga de efluentes tratados durante la operación diaria. • Manejo inadecuado de desechos peligrosos y no peligrosos en la planta
3. Distribución	<ul style="list-style-type: none"> • Generación de emisiones de polvo: contaminación de la atmosfera.
4. Uso del concreto	<ul style="list-style-type: none"> • Manejo inadecuado de los desechos de concreto cuando culmina ciclo de vida • Afectación del agua debido al proceso de lavado y mantenimiento
5. Disposición final	<ul style="list-style-type: none"> • Disposición inadecuada de desechos por demolición • Afectación a la calidad de las aguas por generación de efluentes contaminados. • Generación de emisiones de polvo: contaminación de la atmosfera.

Fuente: Elaboración Propia

Soluciones propuestas

La contaminación del aire y niveles de ruido fueron seleccionados como los dos mayores problemas ambientales que se perciben dentro de la planta para el proceso de fabricación de concreto. En el caso de la contaminación del aire debido al manipuleo de grandes cantidades de agregados, el paso de vehículos ligeros y pesados. Es por ello que se sugiere poder implementar

mayor uso de aspersores, instalación de alguna planta recicladora de concreto y una inmediata realización de un Estudio de Calidad de Aire, así como también un confinamiento de los agregados y cemento; además de poder pavimentar las grandes áreas de producción debido a que actualmente se trabaja sobre tierra.

Se pudo detectar que es conveniente para la empresa la elaboración de un Programa de Educación Ambiental, donde se debería contemplar un potencial cambio de actitud de los trabajadores, en relación a la toma de conciencia sobre la importancia de conservar su ambiente de trabajo en óptimas condiciones y así mejorar la calidad de vida. Además, que tener una planta de concreto implica llevar un control de los diversos impactos significativos en el entorno; es por ello que también se debe tener en cuenta la relación con el entorno, que debe ir mucho más allá de la colaboración para la construcción de vías o viviendas dentro del distrito de Mollebaya, se debe mantener una imagen corporativa activa en cuanto al interés de lo social y ambiental.

1.2.5 HIPÓTESIS

Es probable que mediante el diseño de una metodología nueva, de utilización de vapor saturado para el fraguado de prefabricados de concreto se logre optimizar la productividad y calidad de estos productos.

1.2.6. OBJETIVO GENERAL

Optimizar la calidad y productividad de los prefabricados de concreto, a través del diseño de un sistema de distribución de vapor, ensayo de materiales y sistemas de calidad.

1.2.7 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseño de parámetros de calidad aplicando pruebas de ensayo a los diferentes prefabricados de concreto.
- Determinar el balance de materia y energía en los procesos productivos.

- Diseñas el sistema de distribución de vapor y selección de diversos accesorios para su funcionamiento.
- Realizar una evaluación económica del proyecto.



CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Correlacional: Ya que se persigue medir el grado de relación entre dos o más variables para un grupo o población, en este caso particular se optimizará la calidad de los productos a través del sistema de distribución de vapor, tomando en cuenta a postes y adoquines de concreto.

Dentro de los dos grandes tipos de investigaciones, la presente investigación es aplicada, dado que tiene como propósito fundamental resolver un problema con un gran interés sobre todo por parte de la empresa, en las consecuencias prácticas que se pueden obtener. Dentro de la investigación aplicada podemos ubicar a esta investigación dentro del grupo de Proyectos, el cual será realizado dentro de una empresa elabora productos prefabricados de concreto.

2.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Descriptivo: El presente trabajo de investigación es del tipo descriptivo, debido a que busca especificar las características y la situación actual de la empresa para ser sometida a un análisis.

Explicativo: Debido a que podrá demostrar las causas de diversos fenómenos, en qué condiciones se manifiesta o porqué se relacionan las dos variables mencionadas, sobretodo enfocado al proceso de fraguado del concreto.

Experimental: El presente trabajo de investigación es del tipo experimental, se manipulará una variable determinada por conveniencia, para poder observar su efecto en otras, en este caso la presencia o no de vapor que afecta la calidad de los productos prefabricados de concreto.

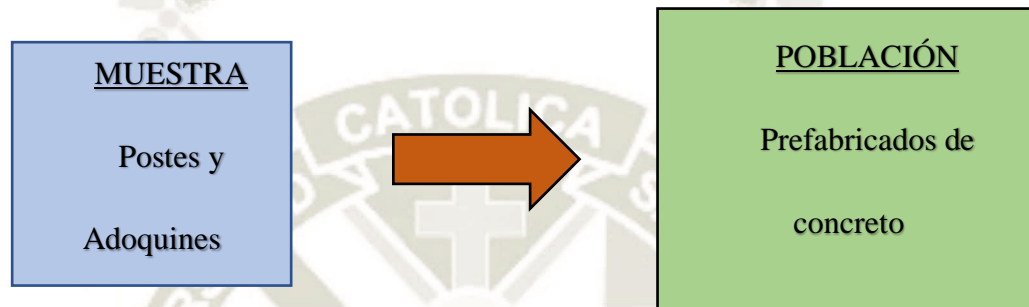
Cuantitativa: Ya que el objetivo es establecer relaciones causales que supongan una explicación del objeto de investigación a través de una población determinada.

2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

Población: Productos prefabricados de concreto elaborados en la empresa.

Muestra: Postes y adoquines que realizan proceso de fraguado con vapor.

Imagen 3: Esquema de generalización de muestra a población



Fuente: Elaboración Propia

Tipo de muestreo: Muestra no probabilística, la elección no dependerá de la probabilidad sino de causas relacionadas con las características de la investigación, en base a una toma de decisión.

Dado que se elige este tipo de investigación, no es posible calcular el error estándar, es decir, no se puede calcular con qué nivel de confianza se trabajará para realizar una estimación.

2.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN

- Observación directa
- Formatos
- Pruebas de resistencia realizadas a los productos

2.5 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE ANÁLISIS DE DATOS

- Cuadro comparativo para ver beneficios del sistema de distribución de vapor propuesto.
- Pruebas de ensayo
- Histogramas
- Diagramas de Análisis del Proceso Productivo

2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Tabla 2: Tabla de variables e indicadores para le medición del proyecto

TIPOS	SUSTENTO	VARIABLE	DESCRIPCIÓN	INDICADOR	MEDICIÓN
VARIABLE INDEPENDIENTE	La variable independiente puede manipularse, a través de la presencia-ausencia de la misma, en este caso la presencia o no de vapor a través del sistema productivo influirá en las demás variables contempladas para el estudio	Línea de Vapor	Se dimensionará todo el conjunto de elementos que van a componer el sistema de distribución de vapor	Cantidad de Vapor Saturado	Kilogramos por hora (kg/hr)
				Tipo de combustible empleado	Carbón Diésel Bunker Gas Natural
VARIABLES DEPENDIENTES	No se manipula, sino que se mide para ver el efecto que la manipulación de la variable independiente tiene en ella	Calidad de los productos	Se calcularán todas las características finales que pueden alcanzar los productos ante la presencia de la línea de vapor	Esfuerzo de rotura	Kilogramos fuerza por centímetro cuadrado (kgf/cm ²)
		Productividad	Se estimarán los recursos necesarios para llevar a cabo el proceso productivo ante la presencia de la línea de vapor	Consumo de combustible	Galones (gal) Metros cúbicos (m ³)
				Requerimiento de mano de obra	Horas Hombre (HH)
			Costo del metro cúbico de concreto	Soles (S/)	

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO III

3. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

3.1 ESTRUCTURA ORGÁNICA

La planta donde se aplicará el siguiente proyecto, tiene dos grandes zonas de interés, una de ellas dedicada a la producción de postes de concreto armado centrifugado y la segunda, donde se elaboran adoquines. Como adicional consideraremos para efectos del trabajo, una potencial zona de interés, que será denominada de ahora en adelante “productos especializados”

Las edificaciones complementarias de la planta de producción de prefabricados de concreto son:

Oficinas administrativas

Comedor

Almacenes para sus diversos productos y materias primas

Servicios Higiénicos

Área de parqueos

DATOS DE LA EMPRESA

Nombre de la Empresa: Concretos Moldeados S.A.C

Ruc: 20498152989

Dirección: Pasaje Hallamendiguri S/N Anexo Santa Ana, Mollebaya – Arequipa, Perú.

La empresa se ubicaría en:

Sector: Construcción

Subsector: Prefabricados de concreto

CIUU: 2395 “Fabricación de artículos de hormigón, cemento y yeso”

Régimen General S.A.C

Foto 1: Vista Satelital de Concretos Moldeados S.A.C



Fuente: Google Maps Inc.

Misión: Contribuimos al éxito de nuestros clientes, proporcionándoles bienes de construcción de concreto y de calidad, superando sus expectativas, usando la mejor tecnología, materiales y nuestro personal altamente calificado.

Visión: Ser una empresa reconocida por la excelencia de su servicio, por su capacidad, calidad, seguridad y cumplimiento

3.2 PRODUCTOS

Algunos de los productos que la empresa produce los podemos observar en las siguientes imágenes:

Foto 2: Poste de Concreto Armado de 18m de largo



Fuente: Página web Concretos Moldeados S.A.C

En la foto 2, podemos apreciar uno de los productos de prefabricado de concreto producidos por Concretos Moldeados S.A.C, siendo el poste de mayor magnitud y con mayor carga de trabajo presente en la planta. Por lo general es utilizado en conexiones de alta tensión.

Foto 3: Block Grass



Fuente: Página web Concretos Moldeados S.A.C

En la foto 3, podemos observar los denominados Block Grass, presentes muchas veces en jardinería o como una alternativa de asfalto en diversas zonas donde el tránsito de vehículos no

será muy frecuente ni con grandes pesos soportados por este producto. Es ideal para decoración de ambientes externos en viviendas.

Foto 4: Poste para cerco



Fuente: Página web Concretos Moldeados S.A.C

Podemos observar en la foto 4 un producto que constituye una alternativa para la construcción de paredes al borde o división de algún terreno o espacio.

Foto 5: Adoquín de concreto

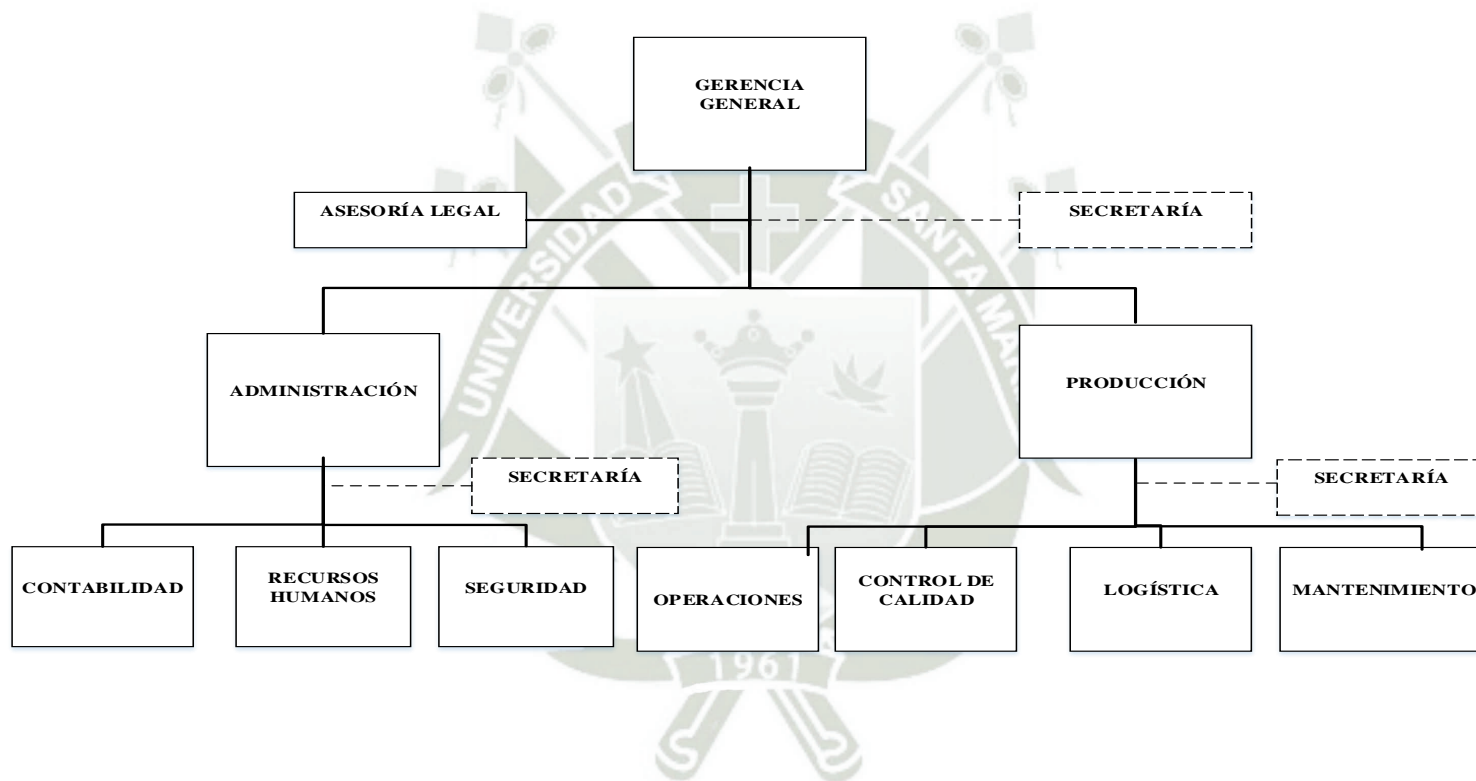


Fuente: Página web Concretos Moldeados S.A.C

Finalmente, como uno de los productos con mayor demanda en el mercado actualmente, en la imagen 5 podemos apreciar un adoquín de concreto, utilizado como cualquier persona puede reconocer, en muchas de las vías de tránsito principales y alternas de nuestra ciudad y el mundo, debido a sus propiedades, tanto en resistencia como amigables con el ambiente.

3.3 ORGANIGRAMA

Imagen 4: Organigrama Concretos Moldeados S.A.C



Fuente: Concretos Moldeados S.A.C.

A través de la imagen 4, podemos observar la estructura de Concretos Moldeados S.A.C, a continuación, tenemos una breve descripción de las áreas funcionales:

Producción: Elabora los planes de producción basado en las diversas órdenes de compra y pedidos previamente consensuados con la administración. Se cierra un plan semanal fijo para cada uno de los productos que fabrica la empresa. Así como todas las operaciones para fabricar postes, adoquines y demás productos. Dentro de Producción encontramos al Área de:

Operaciones: dedicada a la elaboración de todos los prefabricados de concreto
Control de Calidad: asegura que los productos cumplan con las exigencias y requisitos impuestos por los clientes

Logística: encargada de la compra, aprovisionamiento y distribución de materia prima y productos terminados.

Mantenimiento: correcciones en los moldes de postes, fallas en las máquinas que muchas de ellas por ser antiguas presentan constantemente problemas.

Administración: Encargada del funcionamiento de la empresa, desde contrataciones, recepción de los diferentes pedidos, pago de sueldos por semana a los trabajadores y seguridad de la empresa y del personal. Encontramos al área de:

Contabilidad: Encargada de toda la parte contable requerida en la empresa

Recursos Humanos: Maneja contratos con los trabajadores sobretodo y cantidad de personas que requieren cada semana

Seguridad: Encargada tanto por la seguridad de los operarios como de los bienes que posee la empresa.

Logística: Ésta área ha evolucionado desde una simple función de oficina donde se veía la parte de requerimientos de material y distribución, hasta establecer relaciones con proveedores y algunos de los principales clientes, ofreciéndoles beneficios en cuanto a despachos.

3.4 ANÁLISIS DEL ENTORNO

3.4.1 FACTOR POLÍTICO

Legislación arancelaria, el Decreto Supremo N 007-2011-EF (Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, Enero del 2011) ordenó arancel de 0% en la importación de cemento sin pulverizar y cemento portland. Este escenario elimina una barrera de ingreso y se espera que el monopolio geográfico en el mercado de cemento existente en el País se quiebre lo que permitirá una reducción del precio del insumo. El 60% del costo en la fabricación del concreto depende del cemento.

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento tiene por objetivo durante este Gobierno lograr que la totalidad de los pobladores peruanos cuenten con servicio de agua y alcantarillado, para ello ha creado un fondo con 2 000 millones de soles con el propósito de ejecutar más obras y obtener recursos que permitan cumplir con esta meta que se ha propuesto el Gobierno hasta el año 2021. Este fondo fue creado a través del Decreto Legislativo N°1284 (Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, Noviembre del 2017), llamado “Fondo para el Financiamiento de Proyectos en Materia de Agua, Saneamiento y SALUD (FIAS), dado que la empresa fabrica tuberías de concreto que son un instrumento muy utilizado en el tema de conexiones de agua, la demanda podría verse incrementada.

El gobierno aprobó un nuevo reglamento del mecanismo de inversión Obras por impuestos, donde se incluyeron diversos rubros, dentro de los cuales está habilitación urbana y electrificación rural, representan una gran oportunidad para la empresa en base a los productos que ofrece al mercado. Así también se eliminó el límite de 15 mil UIT, lo que permitirá que se ejecuten proyectos mucho más grande

Ministerio de Energía y Minas (MEM) invertirá S/. 346.2 millones en proyectos de electrificación que permitirá dotar con el servicio de luz a casi el 96% de la población peruana, sin

embargo, este monto ha sido mucho menor comparado al invertido en años anteriores debido a que la política actual del Gobierno está centrada en el tema del agua. En años anteriores, la gran demanda de postes fabricados por la empresa para electrificación, fue el pilar de crecimiento para la empresa, actualmente se ha visto reducida pero no en su totalidad lo que sigue representando una fuente de oportunidad e ingresos para la empresa.

3.4.2 FACTOR ECONÓMICO

El nivel general de la actividad económica en el Perú, ya que este afecta directamente a las dimensiones del mercado del país, así como también la disponibilidad del factor del trabajo y el capital social básico que pueda tener el mercado.

Otro factor importante es el grado de desarrollo económico de Arequipa, ya que no es lo mismo tener una empresa en una región con un alto desarrollo económico, que en una donde sea bajo, y para suerte nuestra Arequipa viene creciendo y desarrollándose cada día más.

Producción de cemento crecerá 5% en el segundo semestre del 2019, proyecta ASOCEN (Asociación de Productores de Cemento); Pese a que los últimos 12 meses la producción de cemento ha caído 5.5%, la reconstrucción tras El Niño Costero y de los megaproyectos de infraestructura impulsarían un repunte en el consumo de cemento. “Los niveles de consumo están a la mitad, pero las posibilidades están. Esto nos llevaría a terminar el 2017 con un crecimiento de la producción de cemento de entre 1% y 1,5%, explica Carlos Ferraro director ejecutivo de ASOCEN. Esto dependerá de la velocidad de la acción del gobierno.

En cuanto al poder adquisitivo de los empleados, el nivel salarial es un punto importante, ya que, si este es alto, mayor será la dedicación económica que se requerirá para la actividad, a pesar de que esto también puede ayudar a incrementar la capacidad de consumo del mercado.

La disponibilidad de las materias primas, ya que, si no existen materias primas en la región para poder realizar la producción, el crecimiento de la empresa será menor y así mismo se tendrá que invertir más en el costo de los materiales. Y en caso se tenga la disponibilidad de la materia prima en la región, los costos serán menores y se tendrá más beneficios y ganancia para la empresa.

La competencia entre las empresas es un punto a considerar ya que, al tener un mercado nacional, podemos encontrar empresas que ofrezcan mejores precios o productos de mayor calidad. Ante esto la empresa tendrá que adoptar nuevas estrategias y adaptarse a nuevas condiciones para poder competir contra ellas.

3.4.3 FACTOR SOCIAL

El Perú registra tasas de crecimiento población según el INEI, de 1.3%, sumado a los nuevos sectores donde el Gobierno invertirá en Obras por Impuestos, destacándose el sector de “Habilitación Urbana” representan una oportunidad grande para la empresa debido a que constantemente se generaran nuevas de demandas de productos que puedas satisfacer necesidades de esta nueva población.

Según encuestas de ManPower Group, las expectativas de empleo en el sector construcción se encuentran en -3%, debido a la desinversión en proyectos relacionados con este sector, lo que genera que la mano de obra tenga un precio mucho más bajo. Sumado a que el desempleo en el Perú ha incrementado en 4.4%. Un punto interesante en el aspecto social es que en general dentro de este rubro, al igual que lo que sucede en la empresa, la mano de obra que predomina debido a la dureza de las actividades es la mano de obra masculina, lo que genera casi nulas oportunidades para las mujeres dentro de este sector.

Proyectos lanzados durante este año 2017, por parte del Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social, como son “AGUA PARA TODOS” o “MEJORAMIENTO INTEGRAL DE BARRIOS Y

PUEBLOS” que tiene un carácter netamente social, beneficia a la empresa ya que encajan dentro de la oferta de productos que puede brindar Concretos Moldeados S.A.C

Para este año y los siguientes se han emprendido una acción política conjunta del Gobierno junto con la Cámara de Comercio para impulsar la eliminación de trabas burocráticas que propician más informalidad y corrupción para la empresa privada y pública. Esto beneficia a la empresa en cuestión, porque sus principales proyectos están destinados a la acción pública, si se logra disminuir las trabas, el gobierno regional otorgara de forma más eficaz y rápida las licencias para ejecutar diversos proyectos. Al disminuir el exceso de regulación se anticipa los conflictos sociales. Así como también poder eliminar temas relacionados en cuestiones de corrupción ligados a la preferencia de asfalto en comparación con los adoquines.

En octubre iniciarán los trabajos de reconstrucción en Arequipa luego de que fuera afectada por el Fenómeno El Niño en marzo pasado, informó el presidente del directorio de la Autoridad para la Reconstrucción con Cambios (ARCC), Pablo de la Flor Belaúnde.

Se tiene 72 proyectos por un monto de 250 millones de soles; 49 distritos de nuestra región fueron declarados en emergencia. Del presupuesto destinado para la reconstrucción, el 87% se orientará a la infraestructura vial, el 10% a vivienda y el 3% restante a educación.

Este factor se presenta como una gran oportunidad para la empresa puesto que la mayor parte del presupuesto está enfocado a la especialidad y negocio del mismo, teniendo en cuenta que la empresa ya ha conseguido anteriormente licitaciones para construcciones del estado; además COMOL suele realizar trabajos para urbanizaciones, viviendas por lo que podría también tener una oportunidad en la otra parte del presupuesto destinado.

3.4.4 FACTOR TECNOLÓGICO

Una de las principales tendencias en nuestros días es la aparición de tecnología amigable con el medio ambiente que pueda reducir los efectos adversos que se generan de esta. Por ello surge el desarrollo de un cemento ecológico que no contamina y absorbe gases de efecto invernadero, esta idea surge porque la empresa Novasen tiene como objetivo reducir la huella de carbono de la industria del cemento y desarrollar un cemento de silicato de magnesio, y no de carbonato de calcio. Este material alternativo no emite dióxido de carbono cuando es fabricado y lo bueno es que mientras va envejeciendo absorbe gases invernadero.

Con los descubrimientos de yacimientos gasíferos y avances tecnológicos en redes de gasificación industrial como doméstica la empresa puede optar por el uso de este combustible más ecológico que reduce las emisiones de CO₂ y del efecto invernadero.

Una de las marcas líderes en concretos como Master Builder Solutions -BASF desarrollo un software que centra sus esfuerzos en conectarse más interactivamente con los clientes desde la asistencia técnica sobre el terreno, para identificar las necesidades específicas de cada proyecto de construcción. Sus evaluaciones garantizan la selección de los aditivos y métodos de aplicación adecuados de nuestro completo catálogo, que satisfacen la demanda creciente de productividad, resistencia, durabilidad y sustentabilidad.

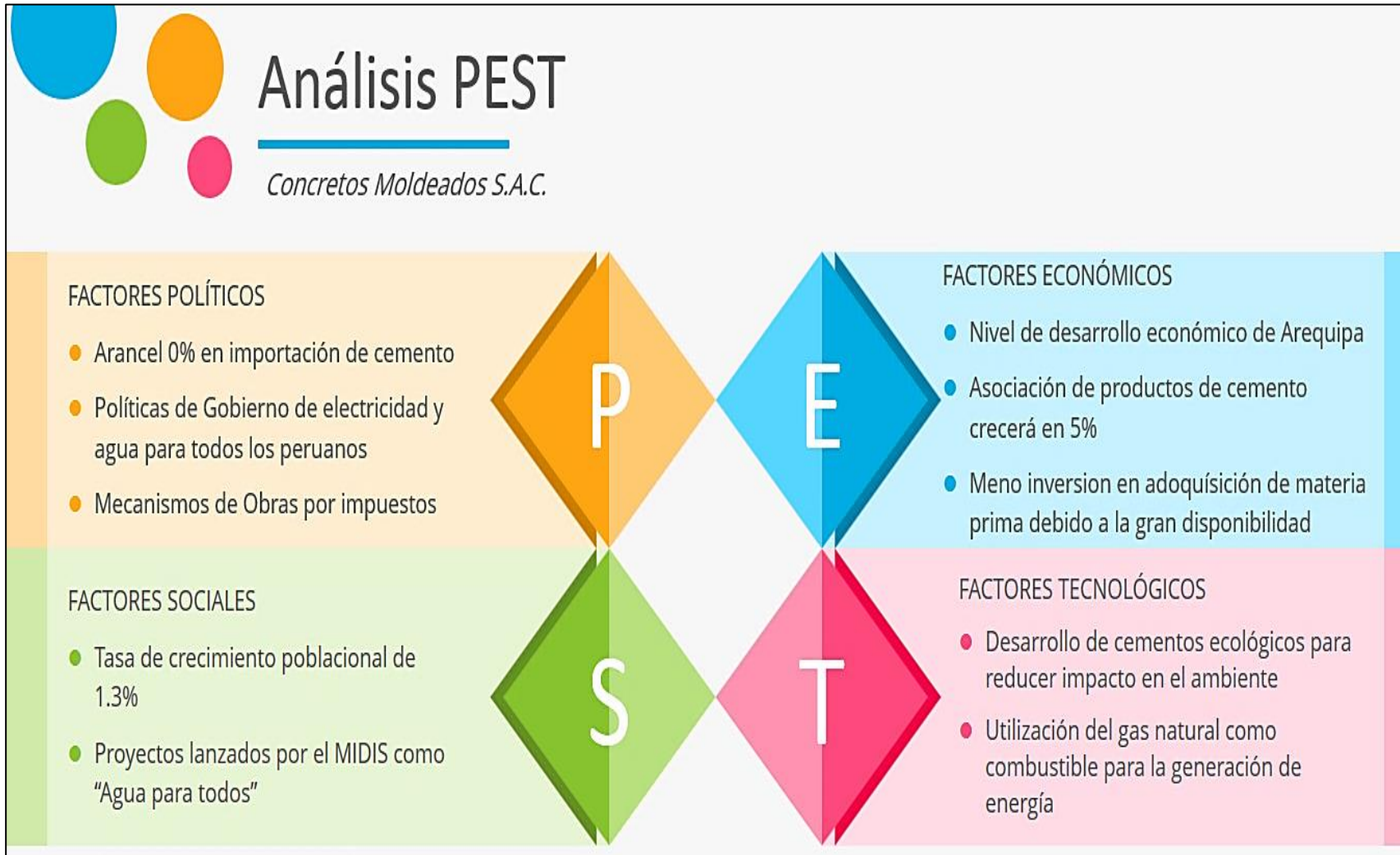
Empresas como Poyatos han desarrollado tecnología de Vibración Modular consiste en un sistema mundialmente patentado por Poyatos, que garantiza un gran ahorro de energía en un 50 % en comparación con una vibradora tradicional de concreto haciendo más productivo y eficiente el proceso de producción.

La empresa SUPERMIX posee el liderazgo en el mercado por su moderna tecnología que le da una ventaja competitiva. Como el proceso “SHOTCRETE” por el cual el concreto comprimido

es proyectado a alta velocidad, para conformar elementos estructurales y no estructurales ,otra máquina de alta gama son las vibrocompactadoras Columbia modelo 21 , de tecnología americana con dosificación automática de materias primas para la fabricación de productos vibrocomprimidos de concreto.



Imagen 5: Análisis del entorno para Concretos Moldeados S.A.C



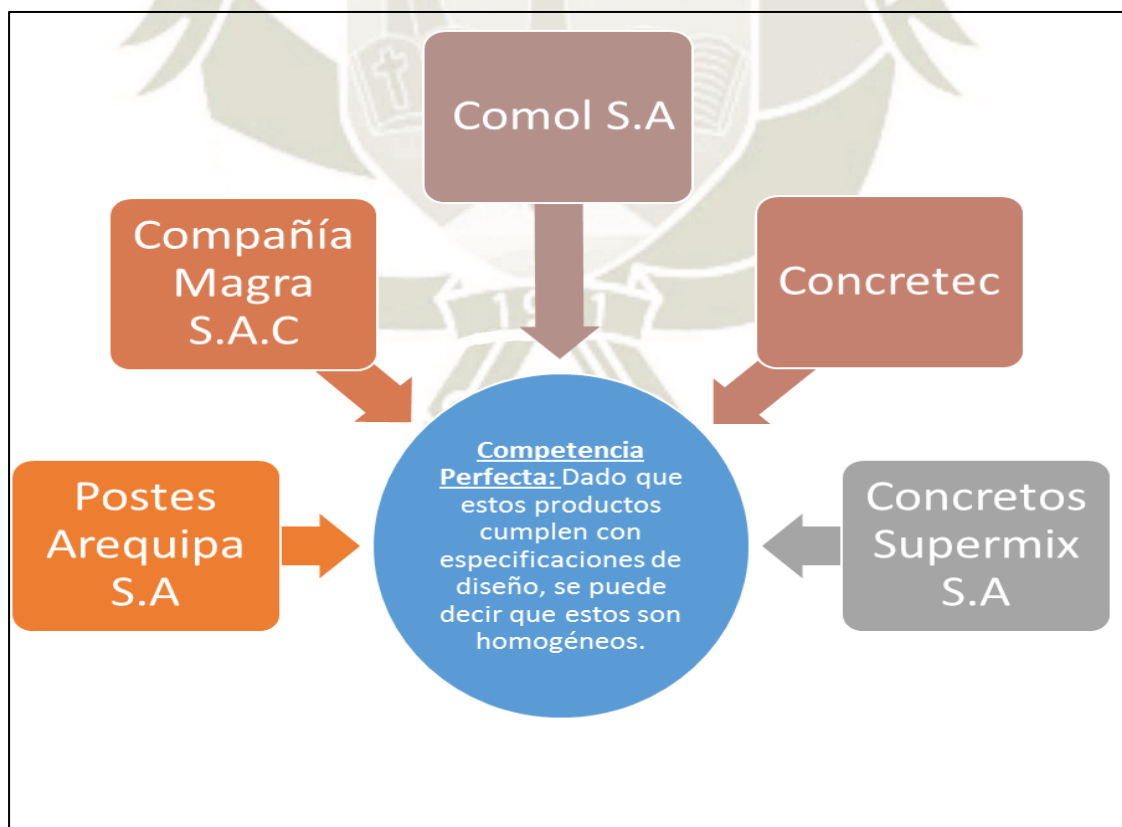
Fuente: Elaboración Propia

3.4.6 PRINCIPALES COMPETIDORES

En el mercado donde se encuentran todas las empresas presentadas a continuación, la que posee una mayor participación de mercados es la empresa SUPERMIX, siendo el mayor rival de COMOL, esto debido a al posicionamiento que tiene en el mercado además de los vínculos interpersonales que poseen sus directivos ampliando su cantidad de clientes.

- Concremax S.A.
- Mixercon S.A
- Fca Peruana Eternit S. A.
- Soluciones Constructivas Volcán S.A.C.
- Full Mix S.A.C.
- Usg Peru S.A.
- Prefabricados Andinos Peru S.A.C.
- Fabinco S.A.
- Unión De Concreteras S.A

Imagen 6: Principales Competidores dentro del rubro prefabricados de concreto



Fuente: Elaboración propia

3.4.7 PRINCIPALES CLIENTES

CLIENTES

Los principales clientes de la empresa COMOL SAC son los siguientes:

- Marquisa Contratistas Generales S.A.C
- Invercon
- Grupo 5 (consorcio)
- Gobierno Regional Arequipa
- Municipalidad Provincial Arequipa
- SEAL
- Municipalidades Distritales

3.5 ANÁLISIS INTERNO

3.5.1 ANÁLISIS DE RECURSOS Y CAPACIDADES

Recursos Tangibles:

Físicos

Maquinaria

Se cuenta con una máquina centrifugadora de postes. La centrifuga es controlada por el variador el cual trabaja a una potencia de 60 HP. El motor de dicha centrifuga es un motor eléctrico WEG trifásico, de unos 6 polos (1100 revoluciones por minuto) que tiene conectores subterráneos NYY 25 mm² que van hasta el sistema de control. Este motor llegó en reemplazo de uno que funcionaba con petróleo reduciendo así sus costos de producción, ya que convierte el trabajo eléctrico en mecánico más eficiente. Además de 2 máquinas mezcladores de planetaria para trabajar la mezcla de concreto

También se cuentan con dos máquinas de adoquines, una ya instalada y operativa, mientras que la otra se encuentra en proceso de operación debido a que ha sido adquirida recientemente. Son Equipos semiautomáticos que utiliza procesos simultáneos de vibración y compresión. Cuentan con una tolva donde son cargados todos los materiales como el cemento, agregados, agua y a través

de una faja transportadora se llevan todos estos insumos (ya mezclados) hacia la vibradora y compactadora para obtener lotes de hasta 8000 adoquines por día.

Se cuenta con un tecele tipo pórtico, que fue diseñado por los ingenieros de la planta, el cual sirve para poder el manipuleo de los postes de concreto y tuberías de concreto que tienen grandes dimensiones. La última adquisición realizada por la empresa es una máquina importada desde Brasil, donde se ha recibido capacitaciones para su manejo y mantenimiento, estamos hablando de una Dosificadora de agregados y cemento de la marca Mengotti.

Recursos Intangibles:

Humanos

Conocimientos

Dentro de los trabajadores de la empresa, existen algunos que tienen gran experiencia dentro del rubro del concreto, muchos provenientes de reconocidas empresas como Postes Arequipa o Supermix y que por relaciones con el dueño de Comol S.A.C decidieron elegir a la empresa como centro de trabajo. Lo que repercutió en que la empresa pueda muchas veces llevar a cabo productos de concreto altamente especializados, que su competencia debido sobre todo a la complejidad de diseño y construcción de moldes no podía realizar.

No humanos

Reputación/ Marca

A través de los más de 15 años que ha venido incursionando en el mercado de los pre fabricados de concreto, la empresa se ha caracterizado por entregar productos a sus clientes que sobrepasan muchas veces las exigencias de las Normas Técnicas Peruanas, apoyados en un concreto de gran calidad y a un tratamiento post fabricación para muchos de sus productos, se ha logrado que pueda ser reconocida a nivel de todo el Sur del territorio peruano.

Capacidades

Funcionales

Apoyados en la experiencia que se tiene dentro de este rubro, el proceso de fabricación de este tipo de productos podría ser considerado como algo muy complejos, sin embargo, los operarios logran una producción lo más continua posible, así como el control de la calidad que se realiza en muy poco tiempo. Un aspecto clave es al momento de realizar las pruebas de carga y tensión sobretodo de postes, dentro del cual los inspectores pueden elegir cualquier poste de los diferentes lotes que han sido establecidos en el almacén, por lo que normalmente exigiría un gran tiempo para poder realizar la prueba en su totalidad, sin embargo, por la destreza con la que se cuenta en la empresa, los tiempos se han reducido considerablemente.

Debido a que la empresa no ha invertido de gran manera en cuanto a la modernización de ciertos equipos, el personal ha adquirido una capacidad muy grande en cuanto a la resolución de problemas técnicos o averías que se produzcan durante el día para poder continuar con la producción o cumplir con sus tareas diarias.

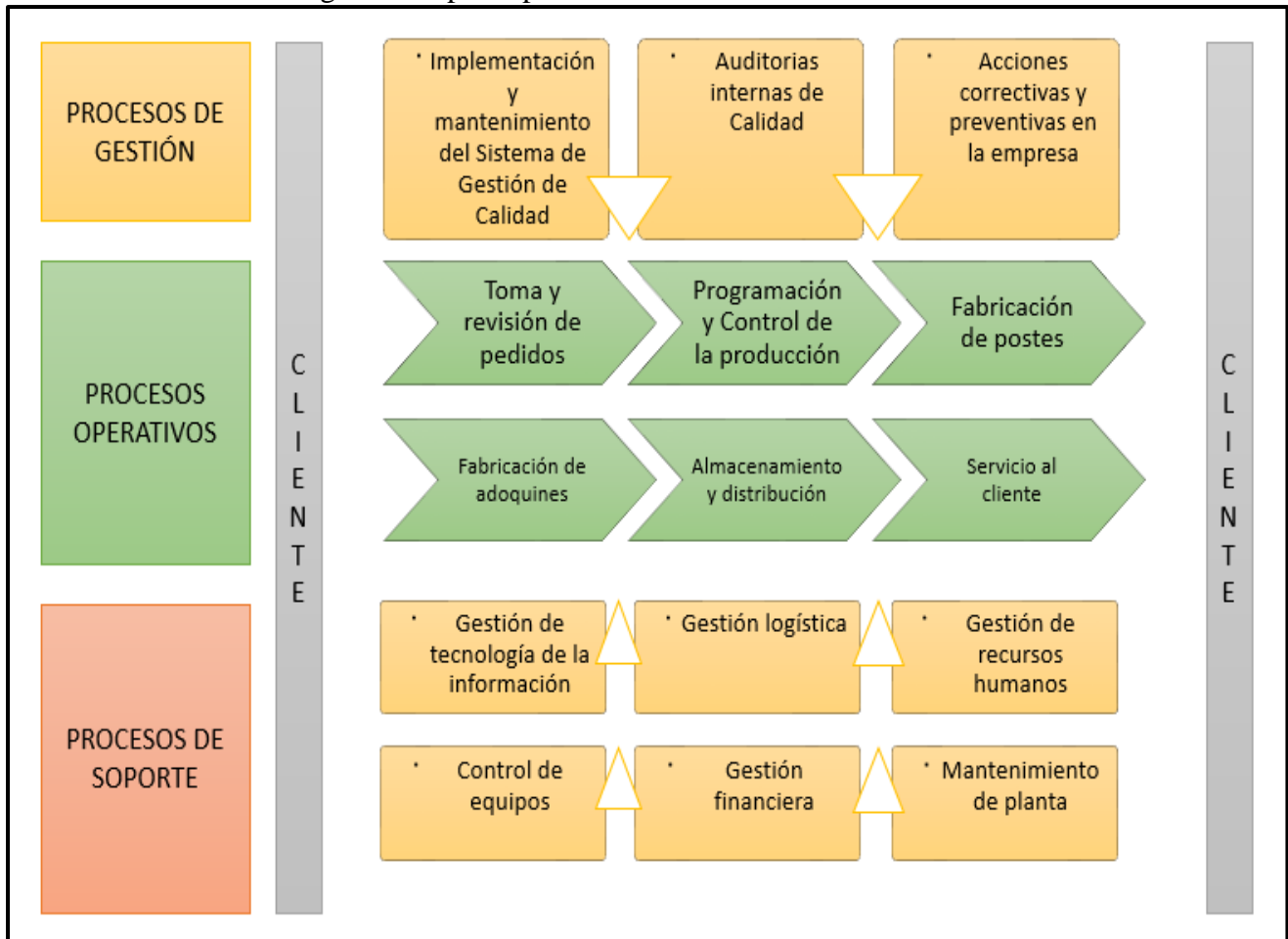
Culturales

La empresa conforma cuadrillas de trabajadores para realizar ciertas operaciones muy complejas en la fabricación de algunos productos, es por ello que se destaca el trabajo en equipo, incluso llegando a niveles actuales en los que los trabajadores culminan su tarea diaria en poco tiempo llegando a adelantar parte de la producción para el día siguiente.

Además, gran cantidad de personal es rotado por las diversas áreas de producción, como son la de postes, adoquines y productos especializados, desempeñando una gran labor dentro del lugar que se les sea asignado, es por ello que podemos hablar de una gran capacidad para poder gestionar los cambios.

3.5.2 MAPA DE PROCESOS

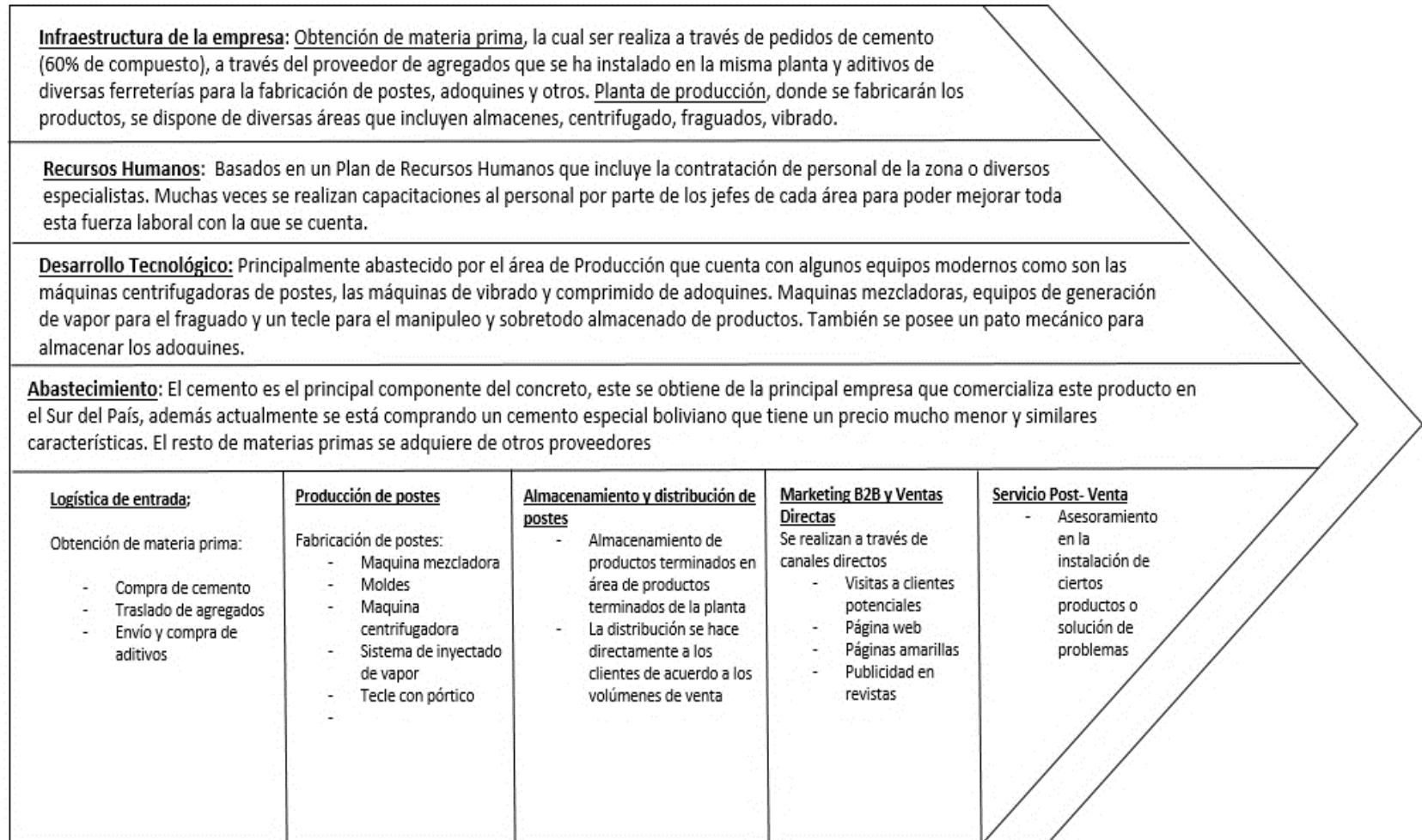
Imagen 7: Mapa de procesos Concretos Moldeados S.A.C



Fuente: Elaboración propia

3.5.2 ANÁLISIS DE LA CADENA DE VALOR AGREGADO

Imagen 8: Cadena de Valor Agregado en Concretos Moldeados S.A.C



Fuente: Elaboración propia

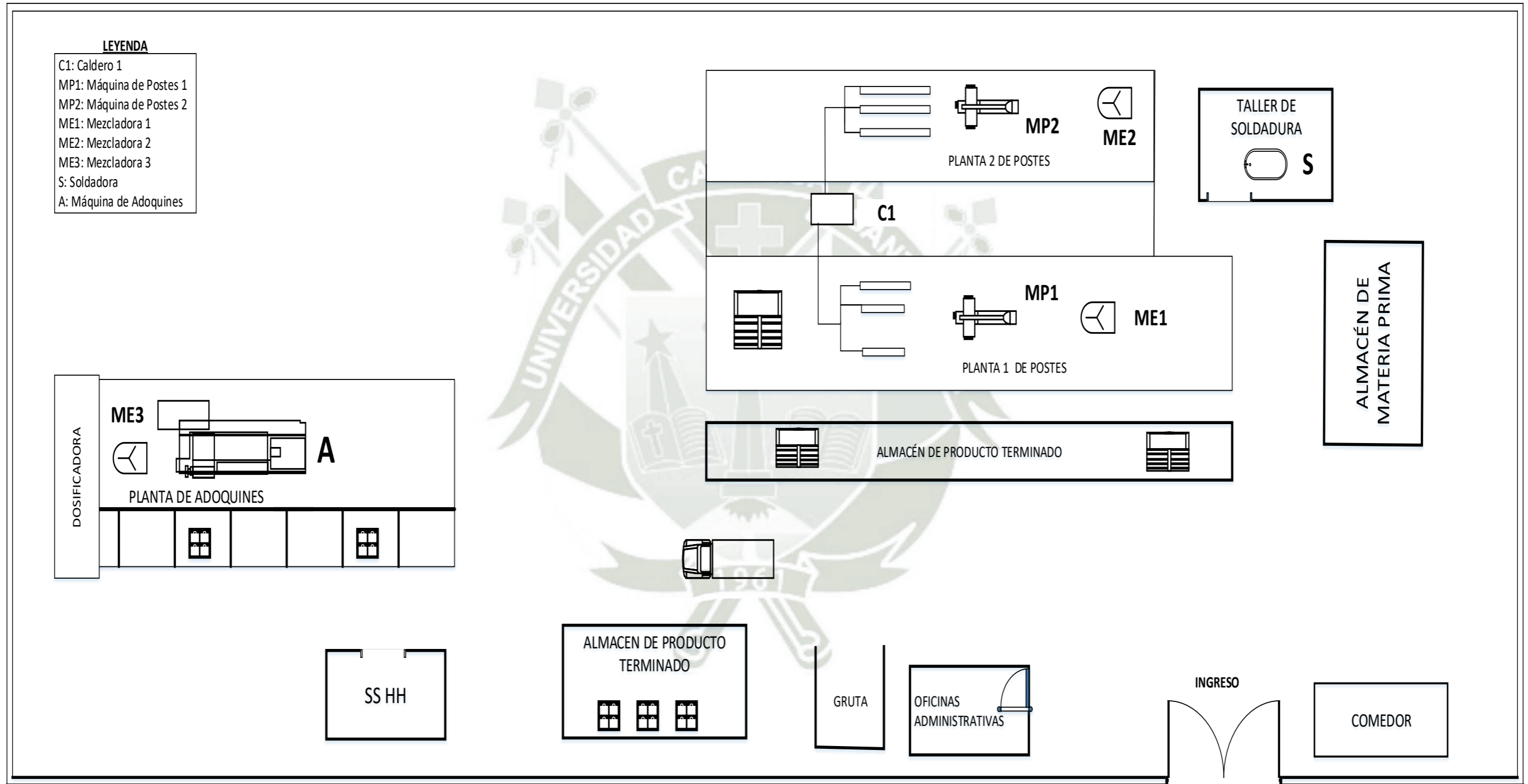
3.6 DESCRIPCIÓN DE INSTALACIONES

Dispone de gran espacio y se cuenta con vías amplias de acceso a ese lugar que brinda facilidad para los camiones de grandes dimensiones que los clientes envían para el recojo de productos puedan maniobrar fácilmente.

No se tiene una instalación completamente cerrada. En proceso productivo las máquinas siempre emiten ciertos niveles de ruido que en otros lugares pueden ser restricciones para poder operar, sin embargo, en esta ubicación al no estar rodeado de domicilios no hay restricciones de ese tipo.

El factor clima es ideal, debido a que en esta zona se registran temperaturas un poco más elevadas que en la misma ciudad de Arequipa, por lo que este factor influye positivamente en todos los procesos productivos, como son por ejemplo el fraguado de los productos.

Imagen 9: Layout de las instalaciones de Concretos Moldeados S.A.C



Fuente: Elaboración propia



CAPÍTULO IV

4. MARCO TEÓRICO

4.1 CONCEPTOS BÁSICOS DE VAPOR

4.1.1 DEFINICIÓN DE VAPOR DE AGUA

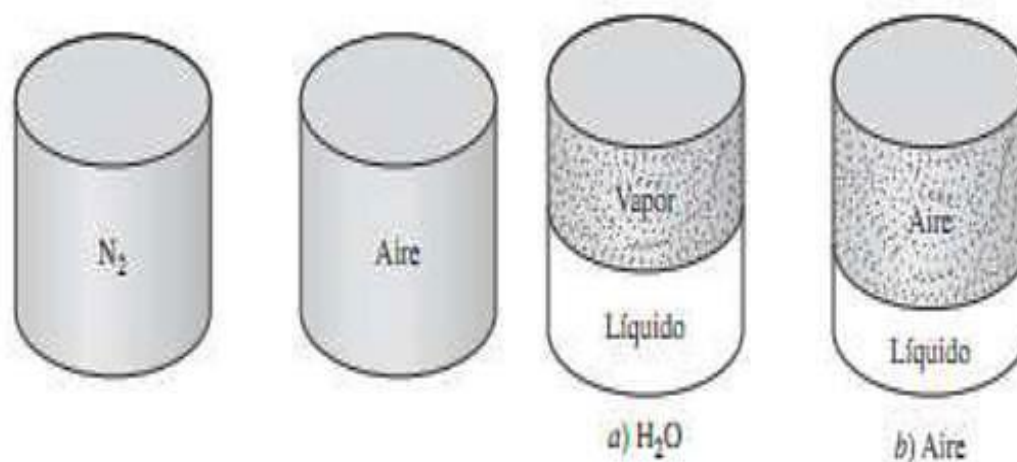
Se denomina vapor al estado que bajo ciertos parámetros de presión y temperatura logran que un gas se encuentre por debajo de su punto crítico, por ello se puede definir al vapor de agua como aquel gas obtenido mediante un proceso de evaporación. No debe confundirse el concepto de gas, que es un estado propio de la materia, con el de vapor que viene a ser una forma gaseosa de cualquier sustancia que previamente pudo encontrarse en estado sólido o líquido.

Podemos encontrar una definición más exacta, como “El vapor de agua es el gas formado cuando el agua pasa de un estado líquido a uno gaseoso. A un nivel molecular esto es cuando las moléculas de H₂O logran liberarse las uniones (ej. Uniones de hidrógeno) que las juntan” (Ariztizaval, 2010).

Armstrong (1998) define al vapor como: “Vapor es un gas invisible que se genera cuando se le añade energía calorífica al agua en una caldera”.

Para Spirax Sarco (1976) afirma que “vapor es una frase intermedia entre la líquida y la de gas. Los vapores tienen características semejantes a los gases, puesto que llenan por completo las paredes del recipiente que los contiene”.

Imagen 10: Composición del gas



Fuente: Spirax Sarco

En la imagen 10, podemos observar la composición de diferentes gases, donde encontramos al aire y nitrógeno como gases totalmente puros, mientras que otros se encuentran compuestos por una parte de vapor y otra de líquido.

4.1.2 FUNCIONAMIENTO Y USO DEL VAPOR

Al encontrar una sustancia en estado líquido, las moléculas de H₂O se encuentran en constante movimiento, de forma que se unen y separan constantemente. Al aplicarles alguna fuente de calor, estas uniones empezarán a romperse con mucha mayor velocidad de lo que pueden volver a formarse, por ello con el suficiente poder calorífico suministrado, las moléculas quedarán de cierta forma “libres” y es en ese punto donde se forma el gas transparente que se conoce comúnmente como vapor.

El vapor de agua como fuente energética dio inicio a la Revolución Industrial, y desde ese momento, el vapor de agua ha venido siendo el fluido térmico con mayor utilización. La generalización de su empleo tiene como base en un conjunto de propiedades singulares que le

proporcionando la característica de prácticamente insustituible (Junta de Castilla y León, 2000, p.7-9).

4.1.3 CARACTERÍSTICAS DEL VAPOR

El vapor tiene una serie de características que apoyan en diferentes procesos del campo industrial, a continuación, veremos algunas de ellas:

- Materia prima barata
- Gran disponibilidad
- Auto transportable
- Facilidad en el manejo de sus temperaturas
- Brinda calor y humedad

En específico, la cuarta característica de este insumo que es de gran importancia para el desarrollo de este trabajo.

4.1.4 TIPOS DE VAPOR

Por lo general se pueden distinguir en la aplicación industrial, dos tipos de vapor:

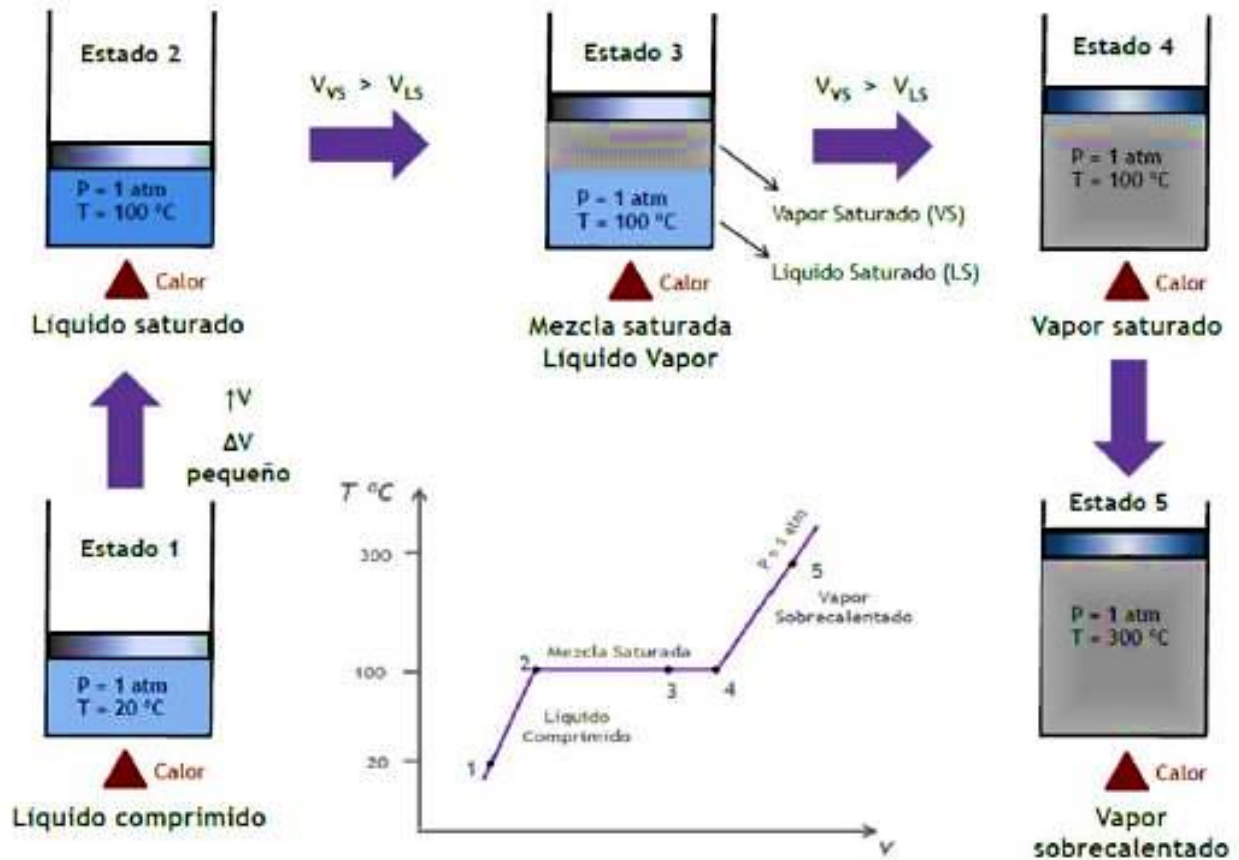
Vapor húmedo

Se considera vapor saturado húmedo al vapor que contiene partículas agua en fase líquida contenidas en el vapor. Estas pequeñas partículas se forman por condiciones establecidas de presión y temperatura o por pérdidas energéticas en el transporte. (Spirax Sarco, 2000, p. 14-15).

Vapor seco

Cuando al vapor saturado se le adiciona calor, empieza a perder aquellas partículas en fase líquida que caracteriza del vapor saturado húmedo para transformarse en vapor saturado seco por medio del incremento de temperatura sobre la temperatura de saturación. (Spirax Sarco, 2000, pág. 16). Ver imagen 11.

Imagen 11: Diferentes estados de vapor a través de la mezcla de temperatura-presión

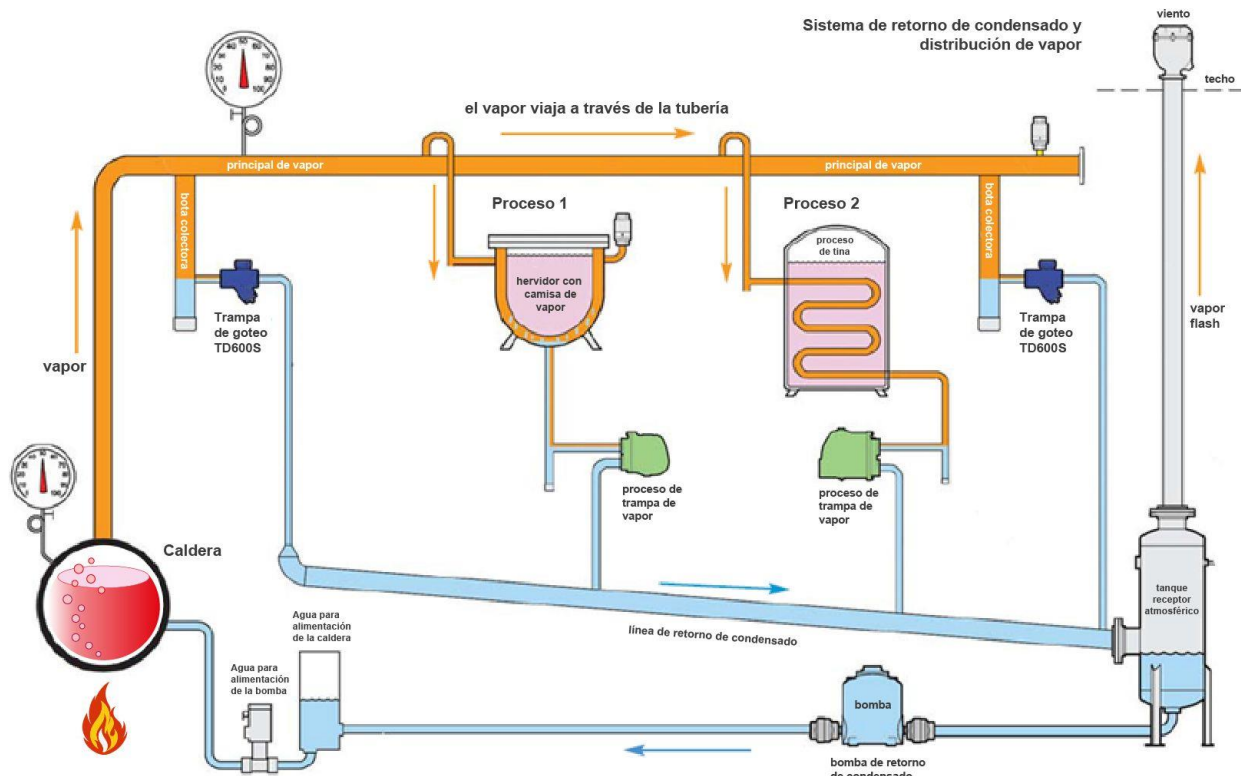


Fuente: SPIRAX SARCO, 2000, "Diseño de sistemas de vapor", Utilización del vapor

4.2 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR

Spirax Sarco (2000) en efecto, sistema de distribución de vapor “se refiere a la unidad compuesta por el generador de vapor y una serie de accesorios que proporcionan al cliente final, un vapor con características adecuadas en cuanto a caudal y presión que se requieren. Este sistema debe tener mínimas pérdidas de calor y mantener cierto grado de mantenimiento, como podemos apreciar en la imagen 12.

Imagen 12: Sistema de distribución de vapor completo



Fuente: Vaportec, 2015

Por lo general, los sistemas de distribución de vapor presentan conexión entre las calderas y el equipo que realmente utilizará el vapor. Estos sistemas de distribución transportan el vapor hasta cualquier sitio en la planta donde se necesita energía calorífica (Armstrong, 1998, pág. 18).

Es indispensable que, desde el inicio, se pueda tener una idea del circuito de vapor básico. El flujo de vapor en este sistema se da gracias a la condensación del vapor, que genera una caída de presión, esto provoca el flujo de vapor a través de las diversas tuberías.

Este vapor se genera dentro de los generadores de vapor o también conocidos como “calderas” y son conducidos por tubos hasta el punto final de consumo, que en nuestro caso serán los adoquines y postes. Es por ello que, en el momento en que la válvula de salida de la caldera se

apertura, el flujo pasa inmediatamente por estos conductos, que se encuentran por lo general a temperaturas por niveles inferiores al gas, por lo que se genera una transferencia de calor.

Como el vapor se dirige hacia un lugar con menor temperatura, comenzará a condensarse, esto se conoce como “carga de puesta de marcha” y durante todo su funcionamiento del sistema de vapor se continuará generando una especie de drenaje o condensado, lo que se denomina “carga de funcionamiento” (Edibon, 2019). Para poder generar este flujo continuo, será necesario alimentar a la caldera para que genere mucha mayor cantidad de vapor, esto se logra con un sistema de abastecimiento de combustible y agua al interior del generador de vapor para reemplazar los insumos que se han ido evaporando o quemando, ya sea agua o combustible respectivamente.

El condensado mencionado líneas arriba, es en otras palabras agua ya caliente y preparada para volver a alimentar a la caldera, por eso es relevante poder evacuar este condensado, ya que es un elemento valioso que en caso no se rescate, puede generar ciertos inconvenientes como veremos más adelante. Aquí se completa todo el sistema, con el retorno del condensado para seguir generando vapor y suministrarlo a los procesos que los requiera la empresa.

4.3 COMPONENTES PRINCIPALES DEL SISTEMA

4.3.1 GENERADORES DE VAPOR

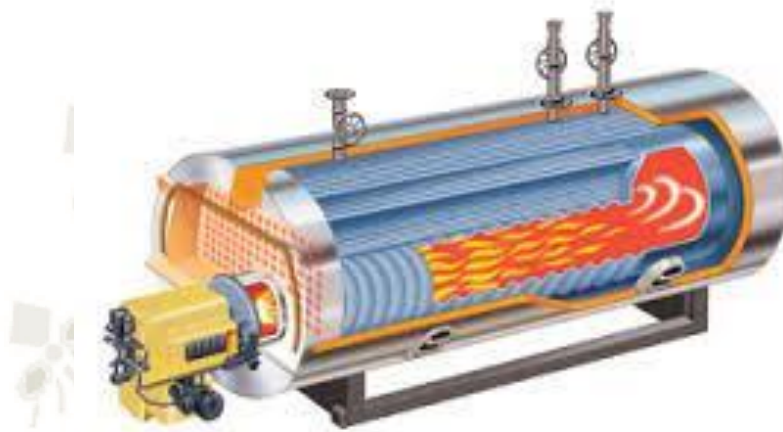
Los generadores de vapor son equipos que tienen como principio de funcionamiento poder transferir el calor que se ha producido por la quema de algún combustible hacia el agua.

Se pueden encontrar una serie de definiciones de un generador de vapor o conocido industrialmente como caldera, a continuación, se van a mencionar algunos de esos autores y sus definiciones:

Mc Graw Hill (2007) define: “Recipiente de presión cerrado en el que el fluido es calentado para su uso posterior, externamente a él, por la aplicación directa del calor resultante de la

combustión de un combustible (sólido, líquido gaseoso) o por el uso de energía eléctrica o energía nuclear.

Imagen 13: Caldera de vapor



Fuente: SPIRAX SARCO" Calderas y Accesorios".

La imagen 13 muestra una caldera del tipo pirotubular, la cual será explicada y detallada más adelante.

El Diccionario Enciclopédico Océano (2010) define a caldera como “Ing. Aparato en que el agua se calienta hasta su ebullición para producir vapor”

Según la Enciclopedia Universal (Sopena sf.) define a la caldera como “Recipiente donde hierve el agua, cuyo vapor se utiliza como fuera motriz de la máquina”

Una publicación del año 1915, la ASME (American Society of Mechanical Engineering) nos indica que:

“Una caldera es un recipiente cerrado en el cual se calienta agua, se genera vapor o una combinación de ambos, bajo presión o vacío con aplicación directa de calor. El término caldera también podrá incluir unidades con combustión para calentamiento o vaporización de otros líquidos que no sean agua, siendo estos sistemas cerrados dentro de sí mismos”.

Existen dos tipos de calderas fundamentalmente según las disposiciones de los fluidos, como lo menciona Juan Uceda Martínez (2012); las calderas de tubos de humo o también conocidas como “pirotubulares” y calderas de tubos de agua o “acuotubulares”.

Las calderas de tubos de humo o pirotubulares se puede describir como un cilindro lleno de agua, por el cual atraviesan longitudinalmente tuberías por las que circula la llama y/o los humos. En este momento es cuando el agua se calienta y empieza el proceso de evaporación, mencionado anteriormente, dando origen así al vapor.

Debido al enorme volumen de agua que pueden manejar estos equipos funcionan perfectamente como un gran almacén de energía para suministrar demandas exactas y con grandes calidades de vapor.

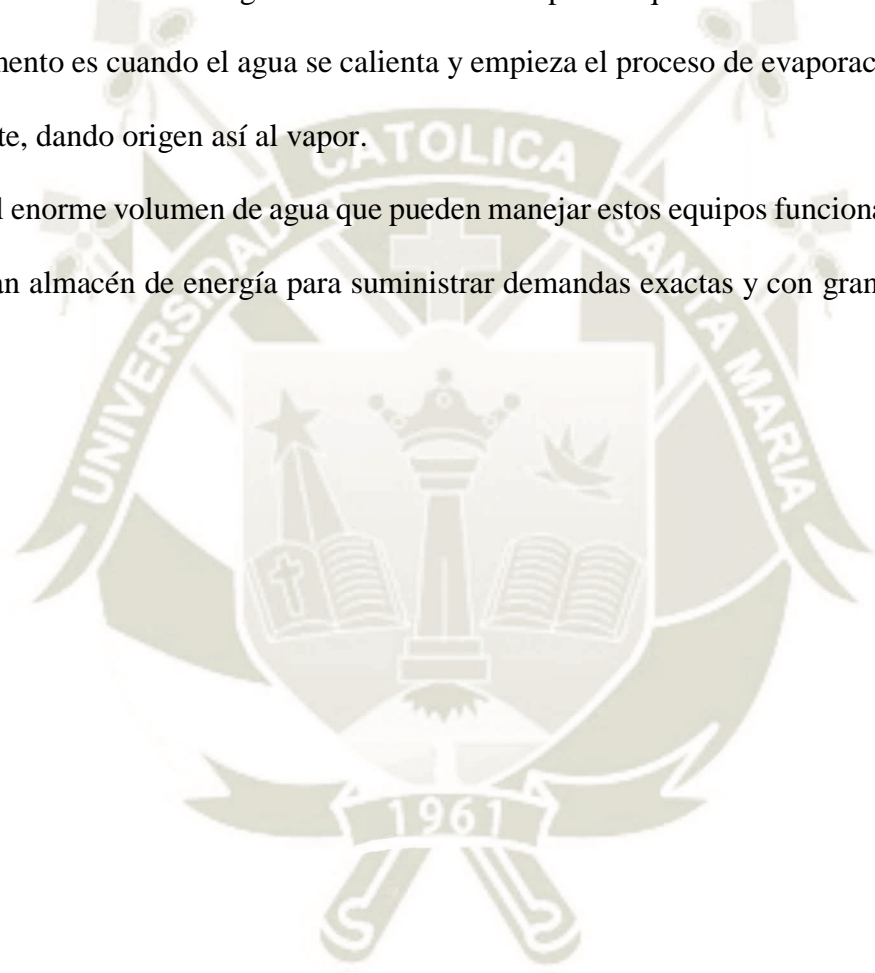
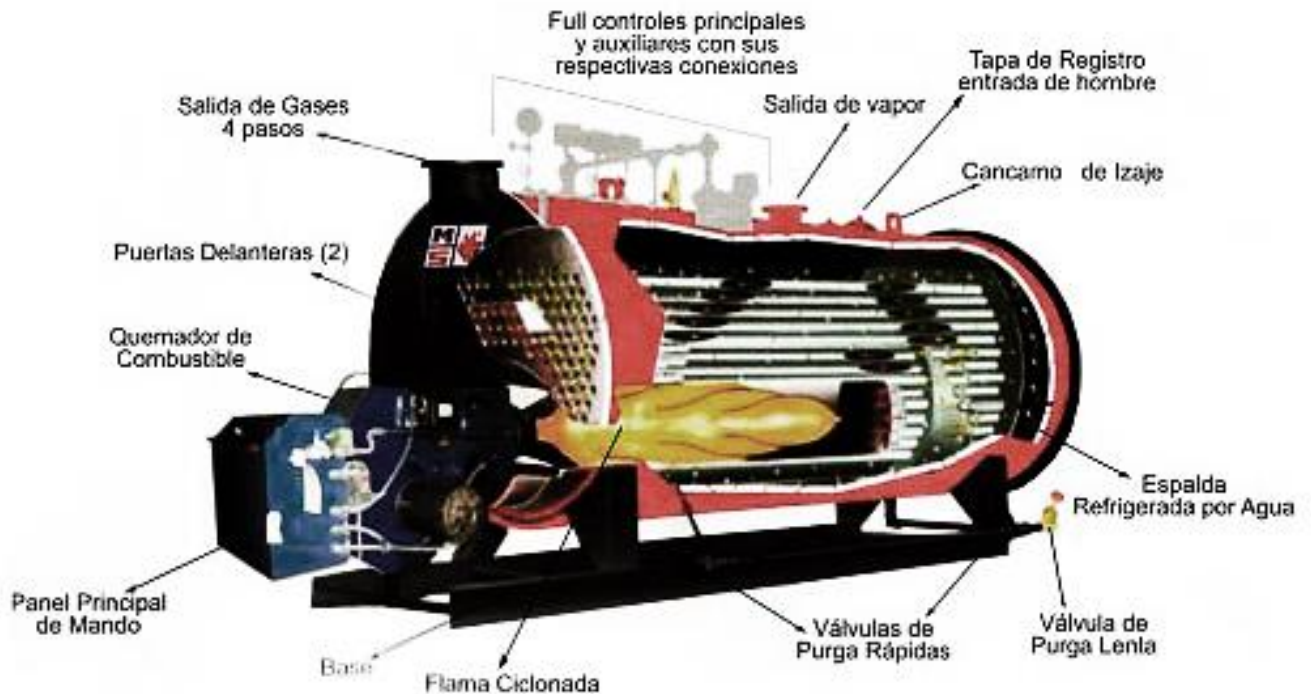


Imagen 14: Caldera de vapor Pirotubular



Fuente: Cleaver-Brooks CBEX PREMIUM

Como se aprecia en la imagen 14, la caldera pirotubular está conformada por una caja de humos, el tubo hogar, y tubos de segundo y tercer paso.

Estas grandes cantidades de agua contenidas dentro de la caldera, actúan como un almacén de energía brindando de esta manera una respuesta para una demanda constante de vapor.

Por otro lado, las acuotubulares, el componente principal, es decir, el agua está contenida en haces de tubos de acero a los cuales los rodea la llama y los gases de la combustión, es por ello que la superficie de calefacción puede ser muy grande lo que genera la posibilidad de producir vapor a elevadas presiones (Manual de Calderas Industriales, Manuel Sanz, 2010)

Según Juan Uceda Martínez (2012), las calderas acuotubulares suelen tener una carga térmica por superficie de calefacción superior, lo que las hace más sensibles a la calidad del agua, de ahí que la normativa vigente exija condiciones más restrictivas para el agua de alimentación.

En cuanto a la estructura que presentan las calderas acuotubulares podemos citar lo mencionado por un artículo de Carlos Thomasset (2011) argumentando que “la caldera acuotubular está compuesta por recipientes (domos y colectores) que están unidos por tubos por los que circula el agua y el vapor. Estos rodean una cámara de combustión, cuyo calor es transmitido a los tubos desde el exterior”

A continuación, nombraremos las partes principales de una caldera pirotubular debido a que es la que se utilizarán en el desarrollo de este trabajo:

Fogón: Lugar donde se produce la combustión

Puerto Hogar: Espacio donde va el quemador

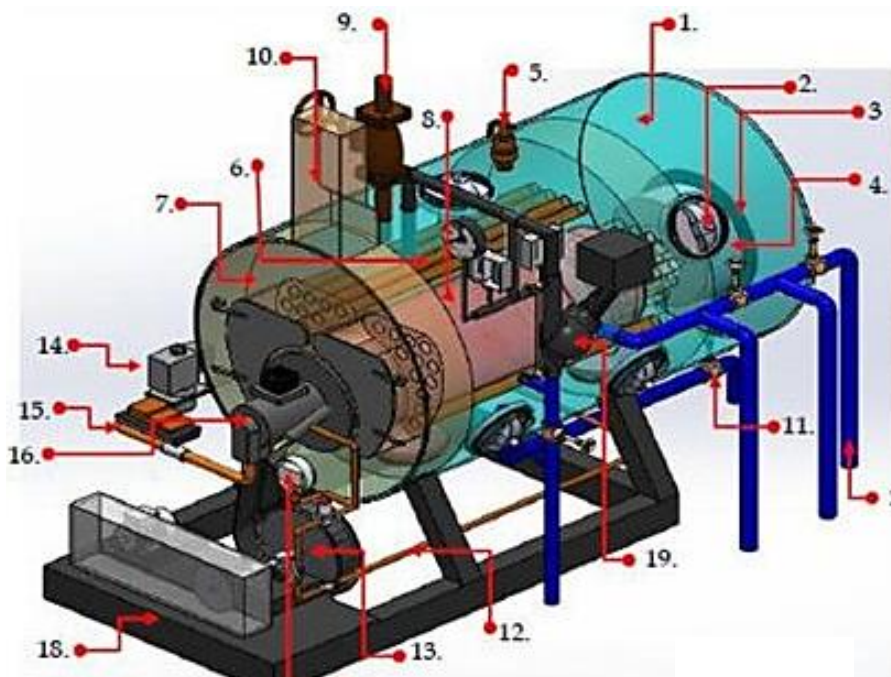
Conductos de humo: Accesorios por donde circulan los gases de la combustión

Chimenea: Escape de gases y humos

Tapas: Aperturas para poder revisar, limpiar el generador de vapor.

Cámaras: que pueden ser cámaras de agua, vapor y alimentación de agua.

Imagen 15: Caldera Acuotubular



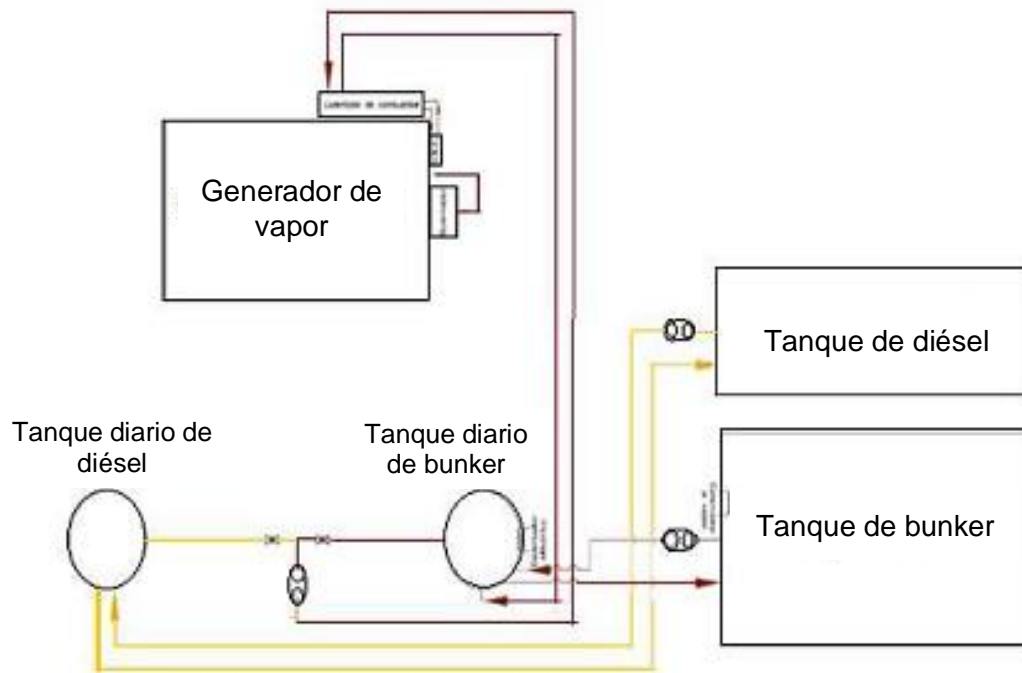
1. Carcasa	11. Válvulas de purga
2. Hand Hole	12. Alimentación Gas Piloto
3. Compuertas	13. Sistema de aire
4. Refractario	14. Válvula de Gas VC
5. Válvula de seguridad	15. Alimentación Gas Principal
6. Tubos	16. Quemador
7. Espejos	17. Sensor interruptor PAG
8. Hogar	18. Base
9. Línea de Vapor	19. Indicador de nivel
10. Chimenea	20. Alimentación de agua

Fuente: Hurst Boiler&Welding

Dentro de las calderas acuotubulares mostrada gráficamente en la imagen 15, donde se destaca la presencia de una válvula reductora de presión para poder controlar la velocidad del flujo con el que ingresa el agua de reposición, así como un tubo de purga continua, diversas secciones de tuberías en su interior, así como un conducto con el retorno de condensado siendo vital, para poder tener un flujo de agua retornada constante, evitando que el consumo inicial sea muy elevado.

Para el funcionamiento de las calderas, se necesita un combustible que al realizar el proceso de combustión transferirá energía al agua.

Imagen 16: Sistema de vapor simplificado



Fuente: Spirax Sarco

Al igual que en la imagen 16, este combustible puede ser de diferentes tipos y deberá ser escogido en base la potencia del generador y la tarifa del combustible, para este proyecto se seleccionará un caldero con un sistema de combustible dual, es decir funcionará con:

Diesel 2

Este combustible destilado tiene una serie de aplicaciones industriales desde vehículos hasta motores de grandes máquinas, un punto negativo de su empleo es que tiene un costo elevado comparado con otros.

A continuación, veremos una tabla con las principales propiedades de este combustible:

Tabla 3: Propiedades del Diesel-2

INSPECCIONES	DIESEL 2
Viscosidad Cinemática, cst @ 40°C, mínima	1,9
Viscosidad Cinemática, cst @ 40°C, máxima	4,1
Cenizas, % en peso	0.01
Azufre, % en peso	0.5
Residuo de carbón Conradson, 10 % fondos, % masa	0.01
Poder Calorífico, BTU / gl	19 540
BSW, % en volumen	0.02
Punto de inflamación, °C	55
Índice de Cetano	47
Densidad a 15°C Kg/m ³	820 – 845
Punto de Fluidez	+ 4

Fuente: NTP 321.003

Gas Natural

Es indispensable proponer el uso de gas natural ante la llegada de este combustible a la ciudad de Arequipa, lo que proporciona la opción de emplear un combustible más limpio y con una tarifa mucho más reducida.

Como menciona Cáceres Graziani (2002) el gas natural es un combustible fósil compuesto principalmente de hidrocarburos, que cuando están almacenadas, se mantienen en estado gaseoso. Se encuentran en la naturaleza como “gas natural asociado” cuando está acompañado del petróleo

El gas natural no está compuesto por este gas en sí, sino también presenta ciertos líquidos tales como el conocido gas licuado de petróleo (GLP), además del etanol y otros no tan populares como el hexano. Es por ello que representa una fuente energética con grandes ventajas para la industria.

Un paso clave al momento de diseñar el sistema de distribución, se encuentra en la selección de la caldera. Tomaremos como referencia lo que dice el Manual de Calderas de Cleaver Brooks 2da Edición (1976) sobre la compra de una caldera es una probablemente una de las inversiones con mayor periodo de duración que se pueden realizar. Se considera el tiempo promedio de vida útil de una caldera es alrededor de 25 años y durante este tiempo, tiene gran relevancia el costo de mantener en funcionamiento la misma. Se deben considerar una serie de factores, al momento de poder decidir la compra de este tipo de equipo:

-Agua de alimentación disponible: Factor que debe considerarse ya que el agua determinara el funcionamiento y tiempo de vida del generador de vapor.

-Demanda de vapor: El cálculo de la cantidad de vapor demandada es el mayor determinante del tamaño de caldera que se va a utilizar. SI se escoge una caldera muy grande resulta siendo antieconómico ya que existirá una capacidad ociosa.

-Tiempo de operación diaria: Influye la cantidad de vapor que se va a exigir que la caldera proporcione y la elección del combustible.

-Costos de operación: Está ligado íntimamente al costo del combustible, ya que puede representar en algunos casos grandes fuentes de ahorro y una rápida amortización de la inversión.

-Distribución de planta: Influye el espacio que se dispone para poder instalar todo el generador y los equipos adicionales que se requieren. (Cleaver Brooks,1976, p. 134-160)

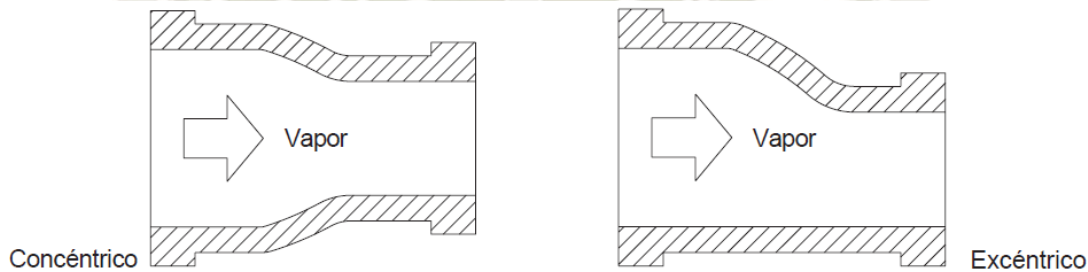
4.3.2 TUBERÍAS

En un sistema ideal, toda la energía que sale de los generadores de vapor deberían llegar a los diversos procesos que lo requieran, sin embargo, debido a la existencia de un diferencial de temperatura entre el vapor y el aire de nuestro ambiente, se generan algunas pérdidas. Es por ello que otro de los componentes fundamentales son las tuberías, a través de las cuales se transportara

el vapor hacia los consumidores finales, en nuestro caso los prefabricados de concreto de Concretos Moldeados S.A.C.

Debe dejarse de lado la tendencia natural de seleccionar el tamaño de las tuberías, basándose en el tamaño de los equipos a las que van a conectarse ya que se corre el riesgo de dimensionar tuberías que no puedan llegar a alcanzar el cauda volumétrico que se necesitara a los procesos. Para corregir este problema, pueden utilizarse reductores concéntricos y excéntricos (Spirax Sarco,1999, p. 9)-

Imagen 17: Reductores concéntricos y excéntricos



Fuente: Spirax Sarco

En la imagen 17 se puede observar los dos tipos de reductores en las tuberías, concéntricos y excéntricos, los cuales difieren en la forma que toma el reductor.

Las tuberías de todo sistema de distribución de vapor se pueden seleccionar basándose en dos características:

Velocidad del vapor

Los cálculos realizados estarán basados en el volumen de vapor que se puede transportar en relación a una sección de la tubería.

Podemos hablar de algunos estándares en cuanto a velocidad que se manejan, para vapor saturado se ha demostrado que se pueden tener velocidades entre 25-40 m/s, a mayores velocidades estas pueden causar ciertos problemas como erosión. Incluso cuando se tienen grandes longitudes

es conveniente determinar un límite para la velocidad del vapor a 15 m/s para evitar caídas de presión.

Con la ayuda de algunas tablas como la Imagen 18, se puede llegar a seleccionar las medidas de las tuberías a partir de algunas variables como: presión, velocidad y caudal

Caída de presión

En otras ocasiones se debe trabajar en base a la presión requerida por algún equipo determinado, con el fin de mantener una temperatura, y de esta manera asegurar que a plena carga se puedan mantener todas las condiciones requeridas en cuanto a los factores de intercambio de calor. Es por ello, que existe otro método que dimensiona las tuberías tomando en cuenta la presión conocida en el extremo donde alimentará de vapor la tubería y la presión que se requiere en el punto de utilización. (Spirax Sarco, 1999, p. 56-70)

Este método resulta muy simple, utilizando la Imagen 18, conociéndose algunas variables como son: temperatura de vapor, presión, caudal y caída de presión.

Para poder explicar un poco mejor el funcionamiento del siguiente gráfico se puede establecer el siguiente procedimiento:

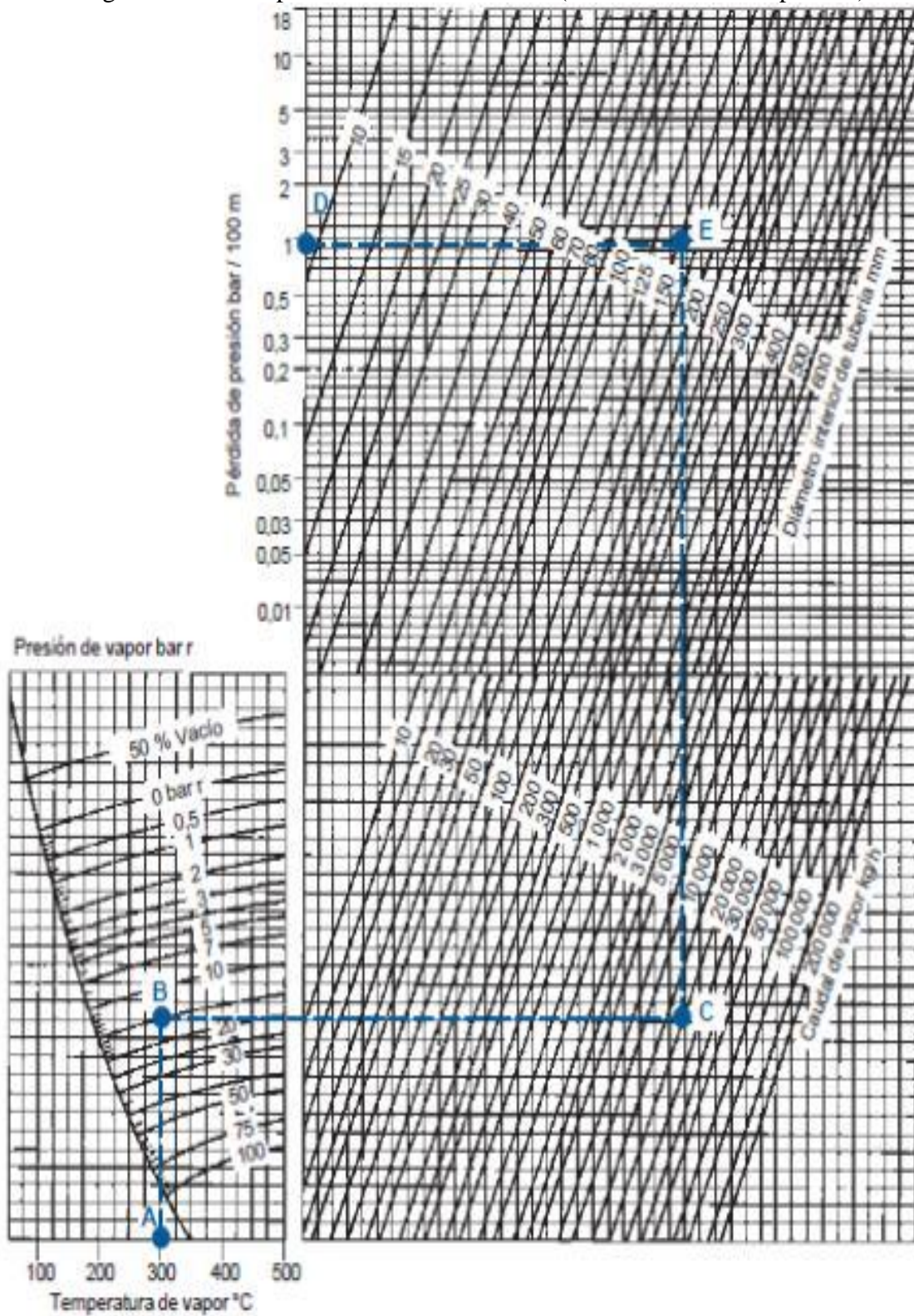
1. Punto A: ingresar con la temperatura del vapor a la cual se está trabajando o se trabajará en el sistema diseñado
2. Dibujar recta hacia arriba, hasta intersectar con la presión del vapor para llegar a Punto B.
3. Trazar una línea recta hacia la izquierda hasta llegar a la línea del caudal de vapor que se maneja, llegando al punto C.
4. Subir 90°, hasta encontrar la velocidad del vapor donde se llega al punto D.
5. Trazar una línea recta hacia la derecha para encontrar el diámetro recomendado para el diseño de tuberías del sistema.

Imagen 18: Gráfico para dimensionar tuberías (método de la velocidad)



Fuente: Spirax Sarco

Imagen 19: Gráfico para dimensionar tuberías (método de caída de presión)



Fuente: Spirax Sarco

Existen dos grandes generadores de fallas al momento de dimensionar las tuberías:

Sobredimensionamiento

Tuberías con un costo más elevado

Mayores pérdidas debido al gran volumen de condensado

Calidad del vapor entregado en consumidor final será baja

Costos del sistema serán mayores

Subdimensionamiento

Presión de vapor inferior a la que se requiere en el punto final debido a la gran caída de presión

Volumen de vapor no será el requerido

Pueden existir golpes de ariete y erosión

Para la determinación del espesor de las tuberías, el estándar más común es el derivado del American Petroleum Institute (API), donde se ha determinado una clasificación idónea a través del espesor de la pared de las tuberías, conocido como Schedule.

Estos Schedule están relacionados con la presión nominal de la tubería y son un total de once, comenzando por 5 y seguido de 10,20,30,40,60,80,100,120,140 hasta Schedule 160. Mientras que en Europa las tuberías se fabrican según la norma DIN como podemos ver en Anexo 1.

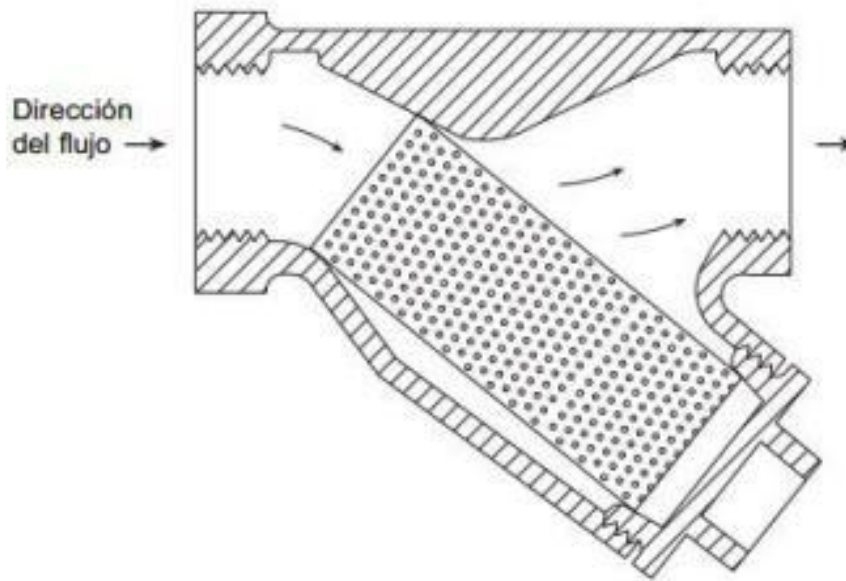
4.3.3 FILTROS

Según Spirax Sarco (1999), la suciedad puede afectar a las válvulas de control y a los purgadores. Es extremadamente fácil y económico montar un filtro en una tubería, y el bajo coste de hacerlo dará beneficios a través de la vida de la instalación. La suciedad se retiene, y el mantenimiento se reduce.

Se deben colocar una cantidad de filtros adecuada como en la Imagen 20, dentro de nuestro sistema de distribución de vapor nos beneficiará de gran manera ya que no tendremos que realizar

muchos mantenimientos ni controles a los purgadores que se desgasten por motivos que nosotros no podamos controlar.

Imagen 20: Filtros para vapor



Fuente: Spirax Sarco, 2009

4.4 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

4.4.1 RETORNO DE CONDENSADO

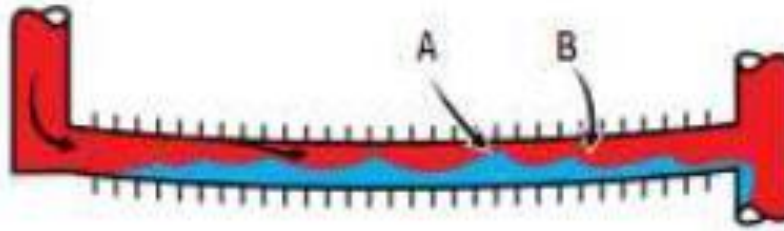
Hemos visto que al realizarse el intercambio de energía entre el vapor y los diversos procesos, en este caso de fraguado, el vapor va bajando de temperatura, cambiando de estado hacia líquido formándose lo que se conoce como “condensado”. Anteriormente vimos que este líquido aún tiene un gran poder energético por lo que se debe volver a utilizar.

El condensado que se acumula en las tuberías del sistema puede ser la causa de una serie de problemas dentro del mismo, como por ejemplo el conocido “golpe de ariete” del cual hablaremos más adelante.

Como se aprecia en la Imagen 21, cualquier componente extraño que intente desviar la dirección natural del vapor, como pueden ser, válvulas, codos, bridas ciegas, pueden causar daño debido a

que la velocidad con la que circula el vapor dentro de estos tubos puede generar un golpeteo hidráulico y esto generaría una erosión significativa.

Imagen 21: Formación de condensado



Fuente: Guía para la conservación de vapor, Armstrong

Para poder realizar un cálculo del sistema de retorno de condensado, se puede utilizar un conocido método de pérdidas de presión para ello, se debe conocer:

- Caudal del condensado (kg/h)
- Caída de presión (kg/cm²)

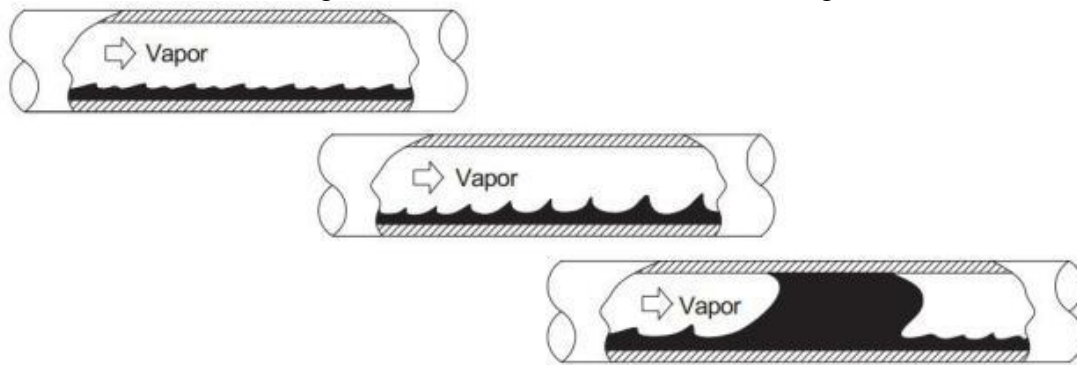
En caso no se conozca el valor del caudal de la puesta en marcha, se puede considerar igual al doble del régimen. Al dimensionar las tuberías de retorno del condensado se sugiere tener en cuenta que la caída de presión sea de 0.5 a 1 kg/cm² por cada tramo de 100m.

4.4.2 GOLPE DE ARIETE

El golpe de ariete se produce cuando el condensado que no ha sido purgado en los puntos bajos del sistema, es arrastrado por el vapor que continúa pasando por las tuberías y se detiene bruscamente al impactar contra algún obstáculo del sistema. (Spirax Sarco, 1999, p.21).

En la Imagen 22, se puede apreciar como poco a poco el condensado se va acumulando a lo largo de las tuberías y tienden a formar una bolsa de agua que será arrastrada a gran velocidad por el vapor. Lo que ocasionaría un gran golpe de presión que puede romper cualquier parte del sistema como si fuera un explosivo.

Imagen 22: Formación de bolsa sólida de agua



Fuente: Spirax Sarco, 1999

Para poder minimizar los golpes de ariete dentro de nuestro sistema de vapor podemos seguir las siguientes recomendaciones:

Las tuberías que van a distribuir el vapor deben montarse con una ligera inclinación en sentido de la dirección del vapor.

Deben instalarse puntos de purga en tramos regulares y sobretodo en los puntos más bajos del sistema.

A parte de los purgadores, deben montarse válvulas de retención, o conocidas como llaves “check” lo que evitara que el condensado pueda volver a introducirse en el sistema

Deben considerarse algunas válvulas de aislamiento que se puedan abrir de manera gradual para evitar la salida brusca de condensado, antes que el vapor lo arrastre al momento de la puesta en marcha.

4.4.3 AISLAMIENTO TÉRMICO

Un aislante térmico constituye un material usado dentro de la industria por su alta resistencia térmica. Determina una barrera a la transferencia de calor entre dos ambientes que normalmente tienden a igualarse en temperatura, esto genera un impedimento a la entrada o salida de calor dentro del sistema.

El vapor a través de las diferentes tuberías del sistema y el mismo condensado que se genera dentro del mismo, poseen energía que debe ser aprovechada al máximo y no se deben generar grandes transferencias de temperatura para evitar esta pérdida calórica, es por ello, que deben mantenerse aisladas debido a que como explicamos anteriormente, la diferencia de temperatura con el ambiente genera el condensado, que puede ser peligroso y en caso de generarse en grandes cantidades, representa una pérdida. Existen algunas ventajas que nos brinda el aislamiento de tuberías (Owen Comings,2008, p. 1-5).

-Máxima eficiencia térmica. - garantiza la pérdida de calor del sistema, lo que se traduce como ahorro en el consumo de combustible, y contribuye a una menor emisión de contaminantes.

-Dimensionamiento estable. - Ayuda a que se eviten posibles fugas o formación de aberturas dentro de todo el sistema de tuberías.

El espesor del aislante dependerá básicamente del diámetro de la tubería y la temperatura del gas que circula por el interior de estas. Esto lo podemos observar a través del Anexo 2.

4.5 CONCRETO

4.5.1 DEFINICIÓN DE CONCRETO

Existen distintas definiciones sobre el concepto de concreto masivo. Una de ellas es la brindada por la Asociación de Productos de Cemento (2011), indicando que se considera concreto al material formado por una mezcla de agua, arena, piedra, cemento y aditivos, que al fraguar, endurece.

Otra definición es la brindada por el Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, la cual indica que el concreto es un material compuesto que consiste esencialmente en un medio aglomerante (cemento Portland y agua) dentro del cual hay partículas o fragmentos de agregado, generalmente una combinación de agregado fino y agregado grueso; actualmente se hace uso de

aditivos que son capaces de modificar las propiedades que tiene el concreto o darle alguna propiedad que no tiene de forma económica. Es también llamada piedra artificial, que después de cierto tiempo es capaz de soportar grandes esfuerzos de compresión y tiene la capacidad de ofrecer durabilidad. (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 2001).

Como hemos podido detallar, el concreto resulta de la mezcla de varios componentes, produciendo una masa que puede ser moldeada y compactada con mucha mayor facilidad, sin embargo, esta es una característica que desde el momento de juntar todos los componentes empieza una “cuenta regresiva” ya que al cabo de algunas horas se torna rígida y comienza a adquirir las propiedades de un cuerpo sólido, para convertirse en un material altamente resistente que se denomina “concreto endurecido”

Esta propiedad hace que este material sea el preferido en las grandes obras de ingeniería, como lo menciona la Portland Cement Association en el Proyecto y control de mezclas pág. 109 “Este material de construcción es el más extensamente utilizado por varias razones, primero, porque posee una gran resistencia a la acción del agua sin sufrir un serio deterioro, además de que puede ser moldeado para dar una gran variedad de formas y tamaños gracias a la trabajabilidad de la mezcla, siendo esta de gran popularidad entre los ingenieros civiles por su pronta disponibilidad en las obras y su bajo costo (Portland Cement Association,2012, p.109)

4.5.2 CARACTERÍSTICAS

Podemos encontrar al concreto dentro de 3 estados:

- Estado Fresco: Permite manipulación y colación
- Estado de Fraguado: Pérdida de plasticidad del estado anterior
- Estado Endurecido: Capacidad para poder resistir cargas

4.5.3 PROPIEDADES

El concreto, también denominado hormigón, es una mezcla de dos componentes: agregados y pasta. Como se aprecia en el Foto 6, básicamente la pasta se encuentra compuesta por el cemento portland y agua, una los agregados, que normalmente son arena y grava, creando una masa similar a una roca. Esto se debe al endurecimiento debido a la reacción química que tiene lugar luego de mezclar cemento y agua.

Foto 6: Componentes del concreto: cemento, agua, agregado grueso, agregado fino



Fuente: Portland Cement Association (PCA) – 2004

Adicionalmente se pueden considerar otros materiales cementosos (cementantes) y aditivos minerales con propiedades específicas en base a las necesidades de los usuarios, en la composición de la pasta.

Procederemos a conocer más a detalle los componentes:

- Pasta: Es la mezcla de cemento con agua, este segundo componente tiene como objetivo principal llenar los espacios libres entre partículas de áridos, para que posteriormente durante el proceso de fraguado se puedan generar cristales hidratados que unirán químicamente a las partículas de los agregados. Este proceso químico se considera como una reacción exotérmica

(genera calor), necesitando obligatoriamente de agua para que se pueda realizar de forma más intensa (creación de los cristales cohesivos) en los primeros días posteriores a la fabricación del hormigón, disminuyendo progresivamente en intensidad con el pasar de los días.

La pasta constituye generalmente entre el 25% y el 40% del volumen total del concreto. La Imagen 23 nos enseña el volumen absoluto del cemento que se encuentra entre 7% y 15%, mientras que el volumen del agua se encuentra entre el 14% y 21%. El contenido de aire que se encuentra atrapado varía entre el 4% y 8% del volumen (ACI, Building Code Requirements, 2011).

Generalmente, dentro del concreto, una parte del cemento no llega a combinarse con el agua, por lo que siempre se tiene un lugar que se conoce como “cemento no hidratado”

Comprende a cuatro elementos fundamentales:

El gel que podemos definir como la parte sólida de la pasta, que se obtiene como resultado de la reacción química del agua con el cemento en el proceso de la hidratación

El gel es un conjunto poroso de partículas que ha sido entrelazadas de forma sólida, las cuales en su mayoría son escamosas o fibrosas, dando lugar a una red eslabonada que contiene material más o menos amorfo (Laura Powers-Couche, 2002).

En su composición el gel comprende: La masa cohesiva de cemento hidratado en su estado de pasta más densa, el hidróxido de calcio cristalino y los poros gel.

Este gel desempeña un papel muy importante dentro del comportamiento del concreto es especial, porque tiene influencia en la resistencia mecánica y su elasticidad; donde intervienen dos clases de adherencia cohesiva; atracción física y adherencia química (Riva E, 1997, p.15-21)

Tomaremos lo que nos indica Steven H. Kosmatka (2004), que por lo general los agregados se dividen en dos grupos: finos y gruesos, estos últimos también conocidos como áridos.

-Agregados finos: Pueden ser arena natural o artificial (manufacturadas) con partículas de hasta 9.5mm

-Agregados gruesos: Son partículas retenidas en la malla de 1.18 mm y pueden llegar hasta 150mm. El tamaño máximo que suelen tener los agregados gruesos oscila entre los 19mm y 25mm.

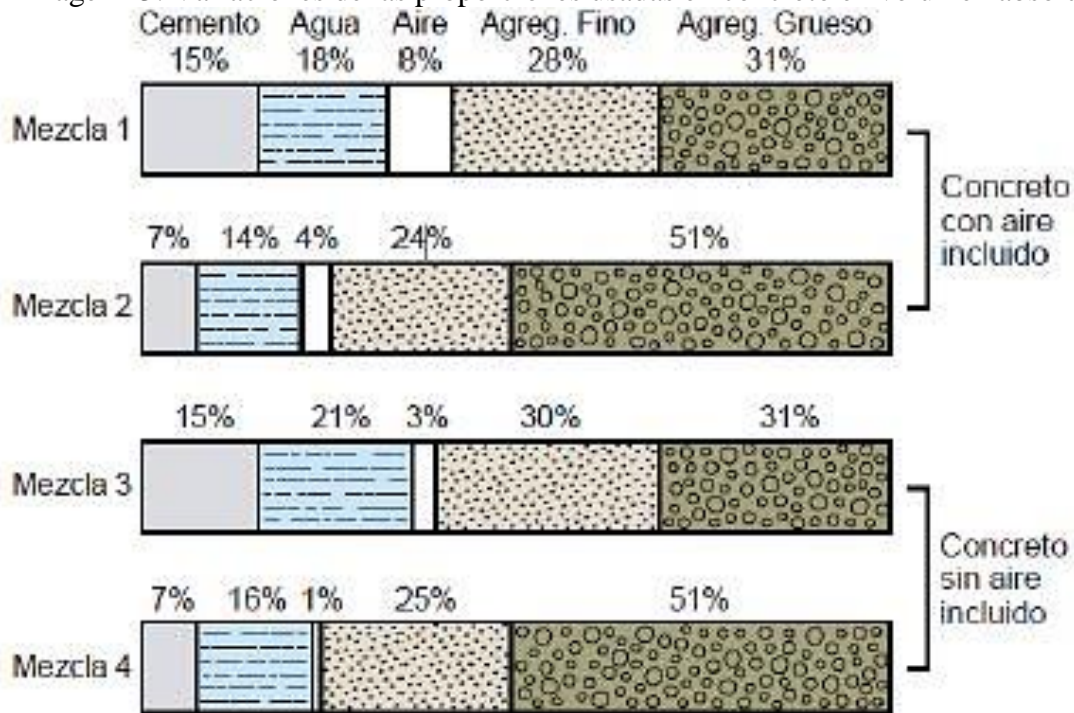
Agregado intermedio: Actualmente se está empezando a considerar esta nueva categoría, cerca de 9.5mm es, algunas veces, adicionado para mejorar la granulometría general del agregado.

Anteriormente vimos que la pasta constituye en menor proporción la mezcla de concreto, por lo que los agregados representan entre un 60% a 75% del volumen total del concreto, es por ello que se debe tener mucho cuidado con su selección.

Los agregados deben estar compuestos por partículas con una resistencia mecánica que sea adecuada y sobretodo una resistencia a las condiciones de exposición; no deben tener materiales que con el pasar del tiempo puedan causar deterioro del concreto.

La calidad del concreto, por lo tanto, dependerá definitivamente de la calidad de la pasta y del agregado, pero sobretodo la unión de ambos. En un concreto adecuadamente elaborado, cada partícula de agregado que lo compone, es completamente cubierta por la pasta y todos los espacios entre las partículas se agregado igualmente deberán estar completamente llenos de pasta, como podemos observar en la Imagen 23.

Imagen 23: Variaciones de las proporciones usadas en concreto en volumen absoluto.



Las barras 1 y 3 representan mezclas ricas con agregados de pequeño tamaño. Las barras 2 y 4 representan mezclas pobres con agregados gruesos grandes

Fuente: Portland Cement Association (PCA)-2004

Las propiedades del concreto fresco como del concreto que ya se encuentra endurecido, pueden ser modificadas con el uso de aditivos químicos, que se encuentran en estado líquido por lo general, durante el momento de la dosificación. Estos aditivos cumplen con las siguientes funciones:

- Ajustar el tiempo de fraguado o endurecimiento
- Reducción de la cantidad de agua
- Incremento de la trabajabilidad (manejabilidad, docilidad)
- Inclusión de manera intencional de aire
- Ajuste de cualquier otra propiedad del concreto en estado fresco o duro

Una vez que culmina todo el proceso compuesto por: dosificación, colocación (armado), consolidación, acabamiento y curado adecuado; este material denominada concreto, adquiere las siguientes propiedades:

- Material no-combustible
- Durable
- Resistente ala abrasión
- Impermeable
- Requiere de poco o nulo mantenimiento

Adicionalmente, el concreto es un excelente material en el tema de construcción debido a que como hemos podido observar, es sumamente moldeable por lo que se le puede dar una gran variedad de formas, colores y texturas en base a las necesidades de cada cliente con un número ilimitado de aplicaciones. (Portland Cement Association,2012, p.156)

4.5.4 CONCRETO FRESCO

El concreto fresco o también denominado concreto recién mezclado debe ser un semifluido y por lo general capaz de poder ser moldeado a mano. Debe tener las características precisas ya que un concreto muy húmedo se puede moldear hasta el punto de colarse en el molde o armazón donde se realiza el encofrado.

En esta mezcla de concreto todos los granos de arena y pedazos de piedra deben encontrarse envueltos y sostenidos en suspensión. Estos ingredientes no deben ser propensos a la segregación cuando se les está transportando; y en el momento en el que el concreto se endurezca, deben transformarse en una mezcla completamente homogénea.

4.5.5 CONCRETO ENDURECIDO

La relación entre la resistencia y la edad del concreto empieza desde que:

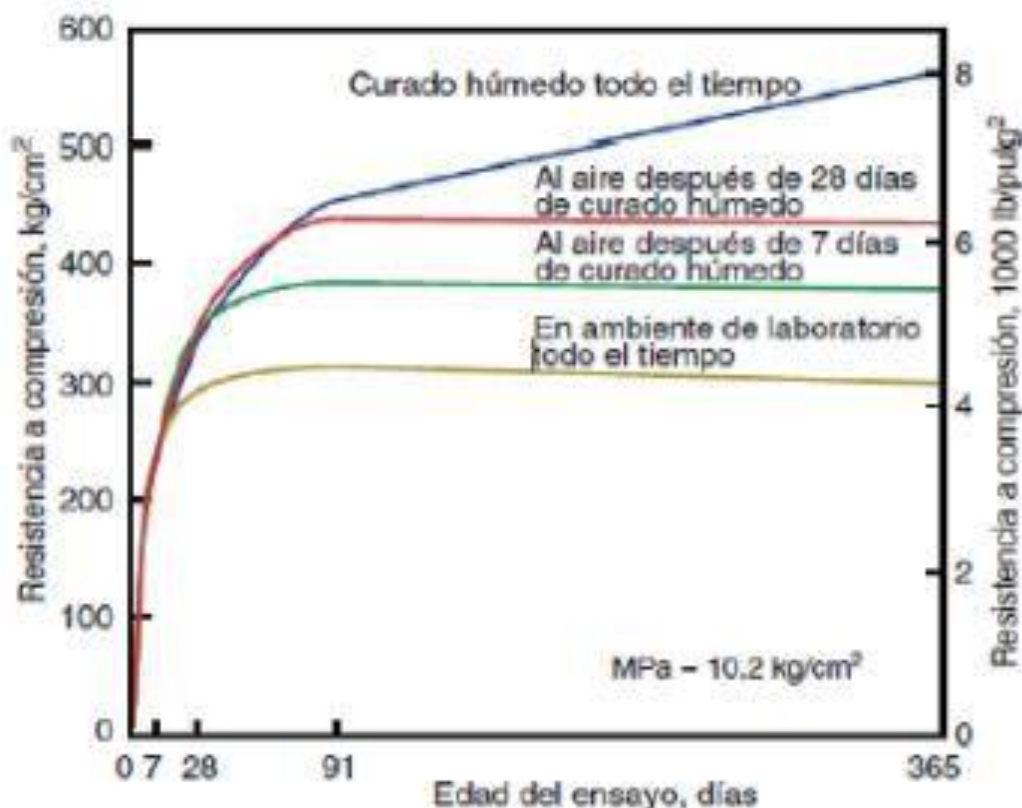
El cemento no hidratado aún esté presente.

(Powers, 1948) El concreto permanezca húmedo o la humedad relativa se encuentre por encima del 80%.

La temperatura del concreto sea favorable.

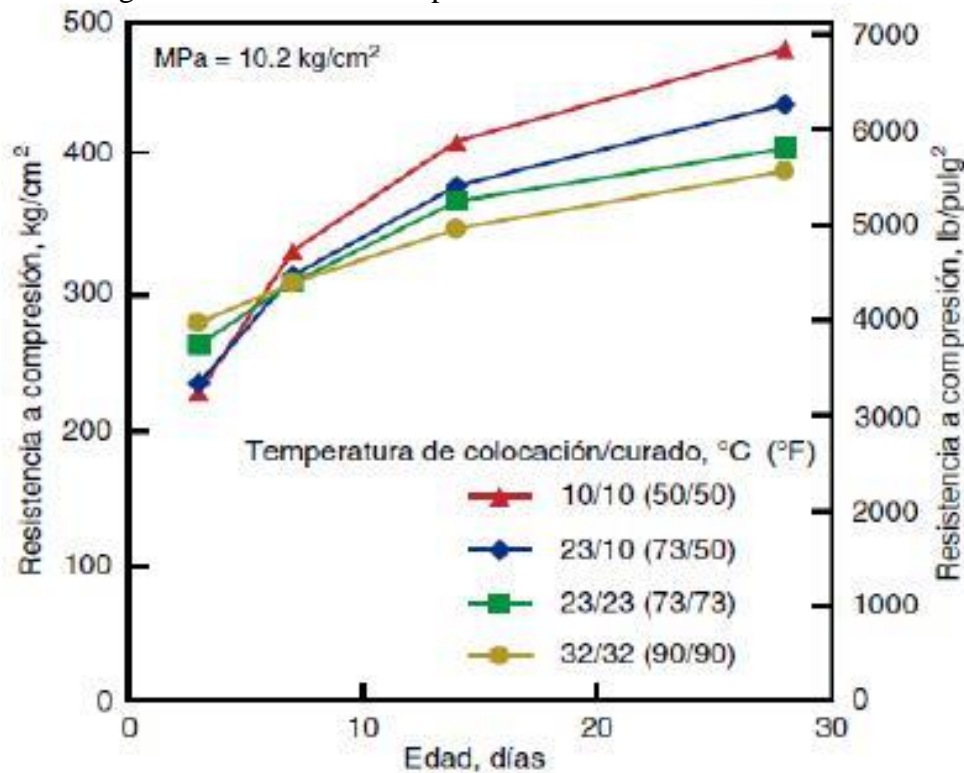
Cuando la humedad relativa dentro del concreto desciende hasta cerca del 80% o la temperatura del concreto baja para menos del cero, la hidratación y el incremento de resistencia se interrumpen. Esto se puede observar con mayor detalle en la Imagen 24, donde se muestra la relación entre el incremento de resistencia y fraguado húmedo, mientras que en la imagen 25 muestra la relación entre el aumento de resistencia y la temperatura de fraguado.

Imagen 24: La resistencia del concreto se incrementa con la edad, bajo ciertas condiciones



Fuente: Gonnerman y Shuman 1928

Imagen 25: Efecto de la temperatura sobre el desarrollo de la resistencia

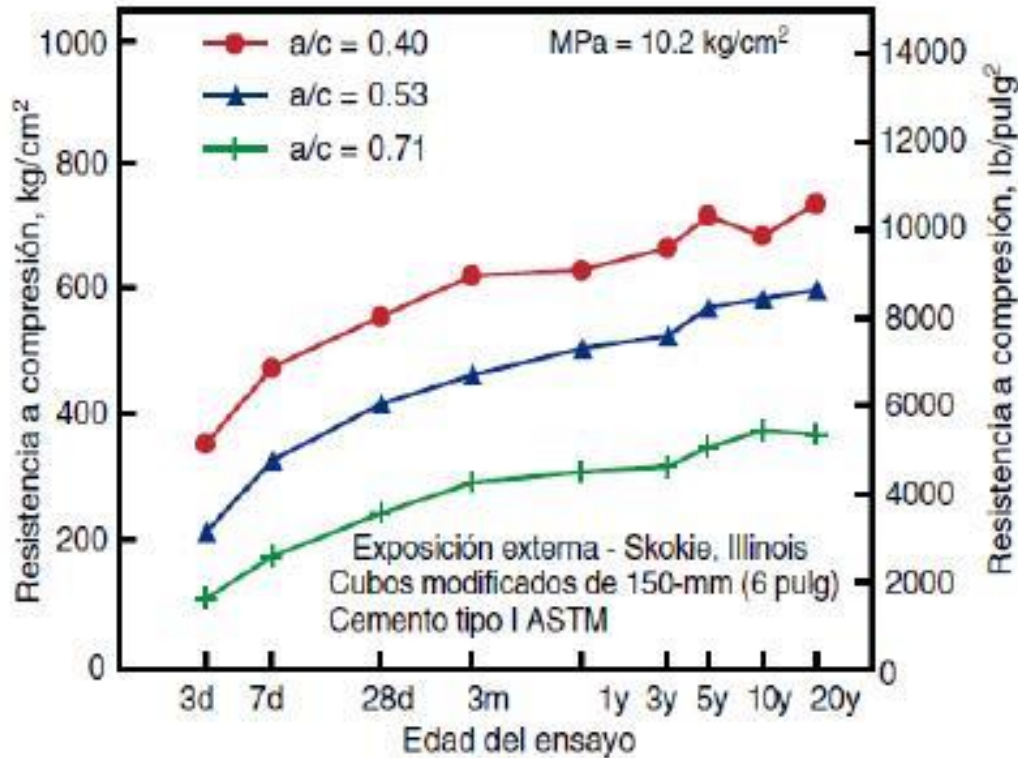


Fuente: Wood 1992

En caso se vuelva a fraguar el concreto después del periodo de secado, la hidratación vuelve a empezar y la resistencia puede incrementarse. Sin embargo, es mucho mejor que el curado húmedo sea aplicado a los productos de concreto continuamente, desde el momento de colocación hasta alcanzar la calidad y resistencia adecuada. (Portland Cement Association, 2004, p.315-334)

En la Imagen 26 se ilustra, el aumento de resistencia del concreto expuesto al aire libre por un periodo largo de tiempo. Esta exposición normalmente proporciona humedad a través del contacto con el suelo o ante una ocasional lluvia.

Imagen 26: Desarrollo de la resistencia del concreto en el tiempo de exposición al aire libre.

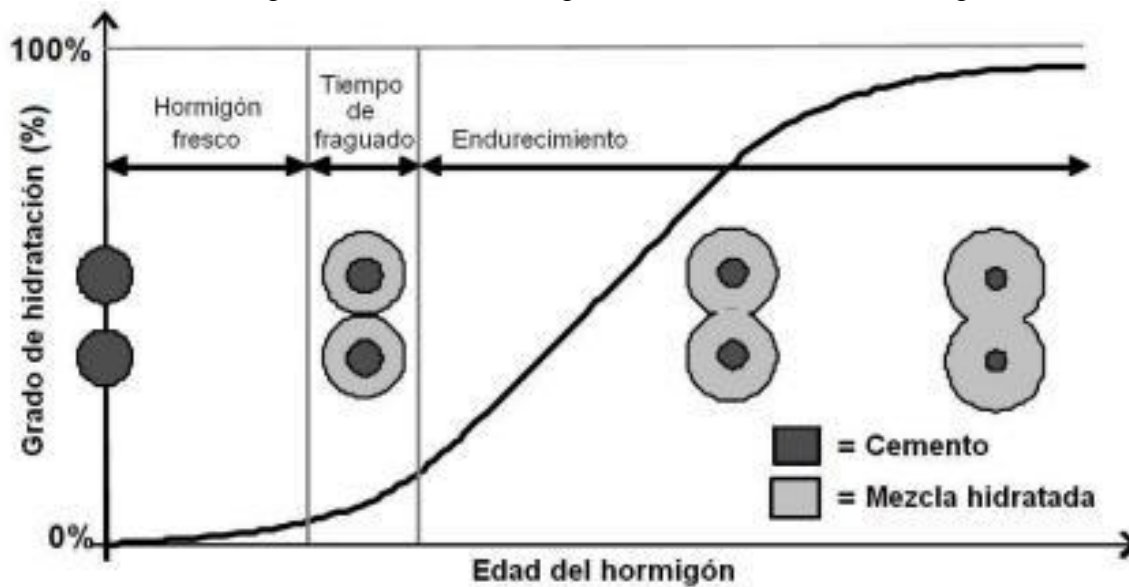


Fuente: Wood 1992

El grado de hidratación (α) es una medida del alcance que tiene la reacción entre el cemento y el agua, y se define como la razón entre la cantidad de cemento hidratado y la cantidad total de cemento. El grado de hidratación varía entre 0%, en el inicio de la hidratación, y 100% cuando la hidratación es total. En realidad, no todo el cemento se hidrata, Edward Mills (1999) señala que un grado de hidratación del 100% probablemente nunca se alcance.

La curva del grado de hidratación se utiliza para caracterizar el comportamiento de la hidratación de una mezcla de hormigón a la temperatura de referencia (T_r). En la Imagen 27 se observa el desarrollo de la hidratación en el tiempo. Esta figura ilustra por qué el inicio y fin de fraguado pueden ser relacionados con el grado de hidratación (Schlinder, 2004).

Imagen 27: Desarrollo del grado de hidratación del hormigón



Fuente:Schindler, 2004

4.5.6 MEZCLADO

Como hemos podido observar en la Foto 6, tenemos todos los componentes básicos del concreto. Es necesario que se realice una combinación precisa y cautelosa de estos elementos. La secuencia de carga de estos ingredientes en la máquina mezcladora también desempeñará un papel importante en la uniformidad del producto terminado.

No existe un procedimiento preestablecido para lo que corresponde a la secuencia, ya que puede variar y aun así producir un concreto con una elevada calidad. Por lo general lo que se debe tener en cuenta al momento de realizar esta mezcla es:

- Momento de adición del agua
- Número de revoluciones del tambor de la mezcladora
- Velocidad de revolución
- Volumen del concreto en relación al tamaño de la mezcladora
- Configuración y condiciones del tambor y paletas de mezcla

Las mezcladoras, que son correctamente operadas y con el adecuado mantenimiento por lo general, van a poder producir un concreto de gran calidad debido a que nos garantizan que se genere el correcto intercambio de materiales en todas las dimensiones, es decir, un amasado del volumen del concreto sobre sí mismos mientras que el concreto se mezcla (Portland Cement Association, 2004)

4.5.7 TRABAJABILIDAD

Este término por lo general es usado dentro de la construcción sobre todo con concreto, para poder denominar a la facilidad de colación, consolidación y acabado del concreto fresco, así como también, el grado que resiste en cuanto a la segregación.

Básicamente se refiere a que el concreto debe ser moldeable, pero todos los ingredientes que hemos podido observar anteriormente, no deben separarse durante el transporte y manoseo.

Los principales factores que incluyen en la trabajabilidad del concreto son:

- El método y duración del transporte
- Cantidad y característica de los materiales cementantes
- Consistencia del concreto
- Condiciones de los agregados finos y gruesos
- Aire incluido
- Cantidad de agua
- Aditivos
- Temperatura del ambiente

4.5.8 CONSOLIDACIÓN

La vibración tiene como principal propósito el movimiento de las partículas del concreto recién mezclado, lo que reducirá el rozamiento (fricción) entre ellas y les brindará una movilidad de fluido

denso. Este proceso permite que se usen mezclas mucho más rígidas con mayor cantidad de agregado grueso y menos cantidad de agregado fino.

Como hemos podido observar en las Fotos 7 y 8, la buena consolidación del agregado fino y grueso pueden determinar la buena calidad del concreto y su resistencia a lo largo del tiempo, mientras que una mala consolidación repercute en un concreto poroso y con una durabilidad muy baja.

Foto 7: Una buena consolidación es necesaria para lograr concreto denso y durable



Fuente: Portland Cement Association (2004)

Foto 8: Una consolidación pobre de concreto



Fuente: Portland Cement Association (2004)

4.5.9 HIDRATACIÓN Y FRAGUADO

Podemos encontrar una calidad de unión (adhesión) de la pasta debido a la reacción química que tiene lugar entre el cemento y el agua, conocida también como hidratación.

El cemento fuera de que muchos lo consideran como un material arenoso más, no es un químicamente sencillo, ya que tiene un gran número de componentes. Cuatro de estos suman el 90%o más del cemento, esto lo veremos adelante con más detalle, pero enumerándolos son los siguientes: silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico y ferroaluminato tetracalcico. Además de tener estos compuestos, los presentes en menos cantidad también cumplen un papel importante. Cada tipo de cemento que existe en el mercado contiene estos cuatro componentes principales, pero en cantidades distintas.

Mientras pasa los minutos luego de la reacción química, el concreto se endurece, su volumen permanece casi inalterado, pero una vez que el concreto se ha endurecido por completo contiene una serie de poros llenos de agua y aire, generando debilidad por la baja resistencia de estos espacios. La resistencia del concreto se encuentra sostenida básicamente en el silicato de calcio

hidratado y los compuestos cristalinos. Es por ello que cuanto menos poroso es una superficie de concreto, más resistente puede llegar a ser.

Por lo tanto, al mezclarse el concreto, no debe usarse más agua de la necesaria para brindarle la característica de trabajabilidad. Incluso, la cantidad de agua usada es generalmente mayor que la necesaria para la hidratación total del cemento. Aproximadamente es necesario 0.4 gramos de agua por gramo de cemento para una adecuada hidratación. (Powers, 1948, p.110)

Sin embargo, esta hidratación adecuada por lo general no se cumple en las obras de concreto, debido a la falta de humedad y el largo periodo de tiempo que implica; es por ello el papel fundamental que cumplirá el diseño del sistema de vapor para realizar el fraguado del concreto en Concretos Moldeados S.A.C.

4.5.9.1 MÉTODOS DE FRAGUADO

Existen diversas formas de curado que permiten mantener cierto nivel de humedad en el concreto que se mencionaremos a continuación:

- Fraguado con agua
- Fraguado con materiales selladores
- Fraguado con vapor

Fraguado con agua

Para poder elegir este sistema, se deben tener en cuenta el factor principal como se menciona en el nombre, agua. La cubierta de agua será continua y completa, este insumo debe estar libre de sustancias deletéreas y de otras que puedan dañar al concreto.

Existen dos técnicas para llevar a cabo este método de fraguado:

-Anegación o inmersión

Es un método que produce buenos resultados, aunque el momento de llevarlo al campo puede generar inconvenientes, como por ejemplo inundar o sumergir completamente al producto de concreto.

-Rociado de niebla o aspersión

Es una opción ante una disponibilidad limitada de agua ya que no hay que preocuparse mucho por este insumo, de un posible costo de recirculación. Debe darse de manera continua con uso de mangueras con boquilla, es muy útil para superficies verticales siempre y cuando no exista peligro de erosión.

Coberturas húmedas

Se aplica a través de costales, carpetas de yute o algodón ya que estos materiales tienen la propiedad de poder mantenerse húmedos por un periodo de tiempo determinado, terminado este periodo debe hidratarse de manera periódica.

Curado con tierra

Se utilizan losas y pisos pequeños, donde la tierra debe estar libre de partículas mayores de 1 pulgada y de materia orgánica peligrosa

Paja o heno

Por su poco peso se deben emplear con un espesor de 15 cm y eventualmente se protegerá del viento con tela de alambre. Existe el peligro de incendio espontáneo cuando se deja secar.

Fraguado con materiales sellantes

Película de plástico

Son materiales de poco peso, que tienen la facilidad de extenderse a través de superficies horizontales y verticales, su uso es complejo.

Papel impermeable

Es similar al método anterior, cuando se emplea debe tener cierta holgura al momento de cubrir los productos para que sobresalga de los mismos, además es necesario colocar en los bordes algún tipo de material que evite que una corriente de viento lo desplace.

Compuesto para curado

Existen una serie de compuestos líquidos que forman una membrana que debe cumplir con las especificaciones de la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales.

Dichos compuestos deben estar diseñados de tal manera que formen un sello poco tiempo después de haber sido aplicados y no deben reaccionar con el concreto para no afectar otras propiedades mecánicas.

Fraguado con vapor

Siendo el tema principal del presente trabajo, es necesario poder ampliar la definición, ventajas y características que posee este proceso de fraguado o curado de concreto a través del vapor.

El curado a vapor puede ser ventajoso cuando es importante ganar resistencia inicial en el concreto o cuando se requiera de calor adicional para completar la hidratación, como para concretos en climas fríos. Actualmente se usan dos métodos de curado a vapor para ganar resistencia inicial en el concreto:

Curado con vapor a la presión atmosférica

Es ideal para estructuras vaciadas en sitio o unidades de concreto prefabricadas, la segunda opción es nuestro caso.

Curado con vapor en autoclaves a altas temperaturas

-Para pequeñas unidades prefabricadas

Dentro del sector construcción, sobretodo en prefabricados de concreto se suele emplear el fraguado a vapor de agua, con la finalidad de acelerar este proceso, brindando así una economía en moldes al poder realizarse un desmolde pocas horas después, donde al mismo tiempo se consigue que el fraguado tenga condiciones ideales de humedad y temperatura.

El resultado obtenido con los productos una vez haya culminado el proceso productivo, dependerá básicamente de dos variables, el tiempo y la temperatura. Dentro del *Manual del Concret*, del Bureau of Reclamation de los Estados Unidos (1955), se presentó una curva de resistencia, obtenidas en base a diferentes muestras sometidas a un fraguado con vapor a temperaturas constantes.

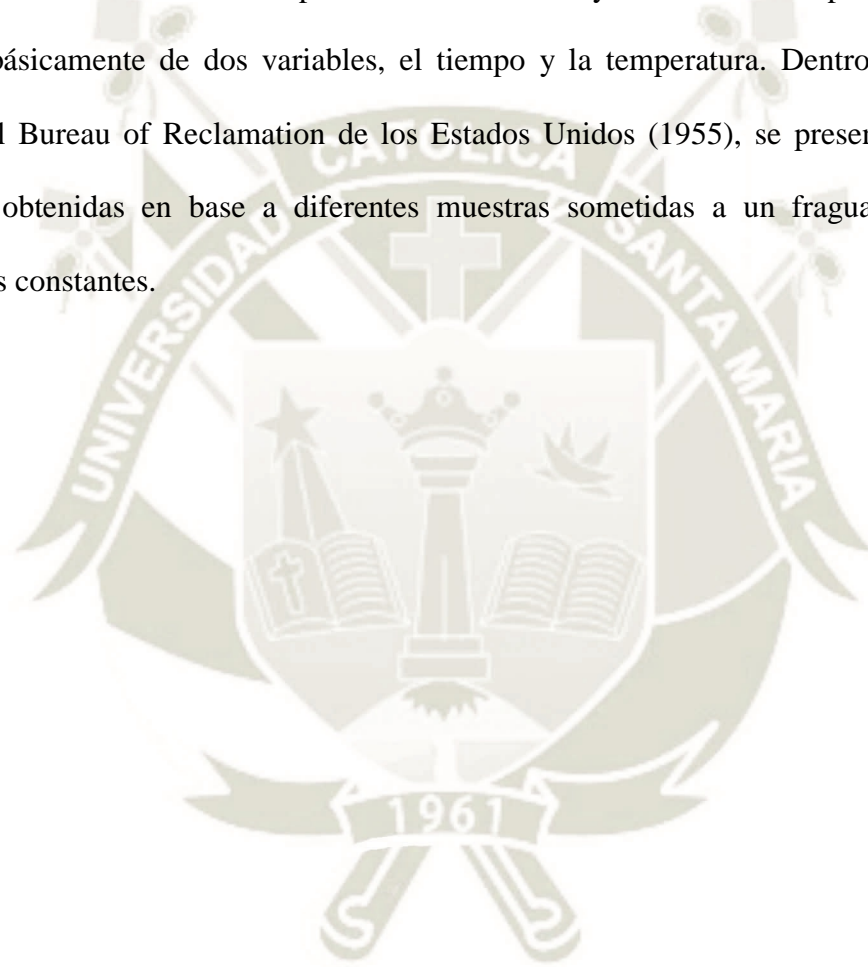
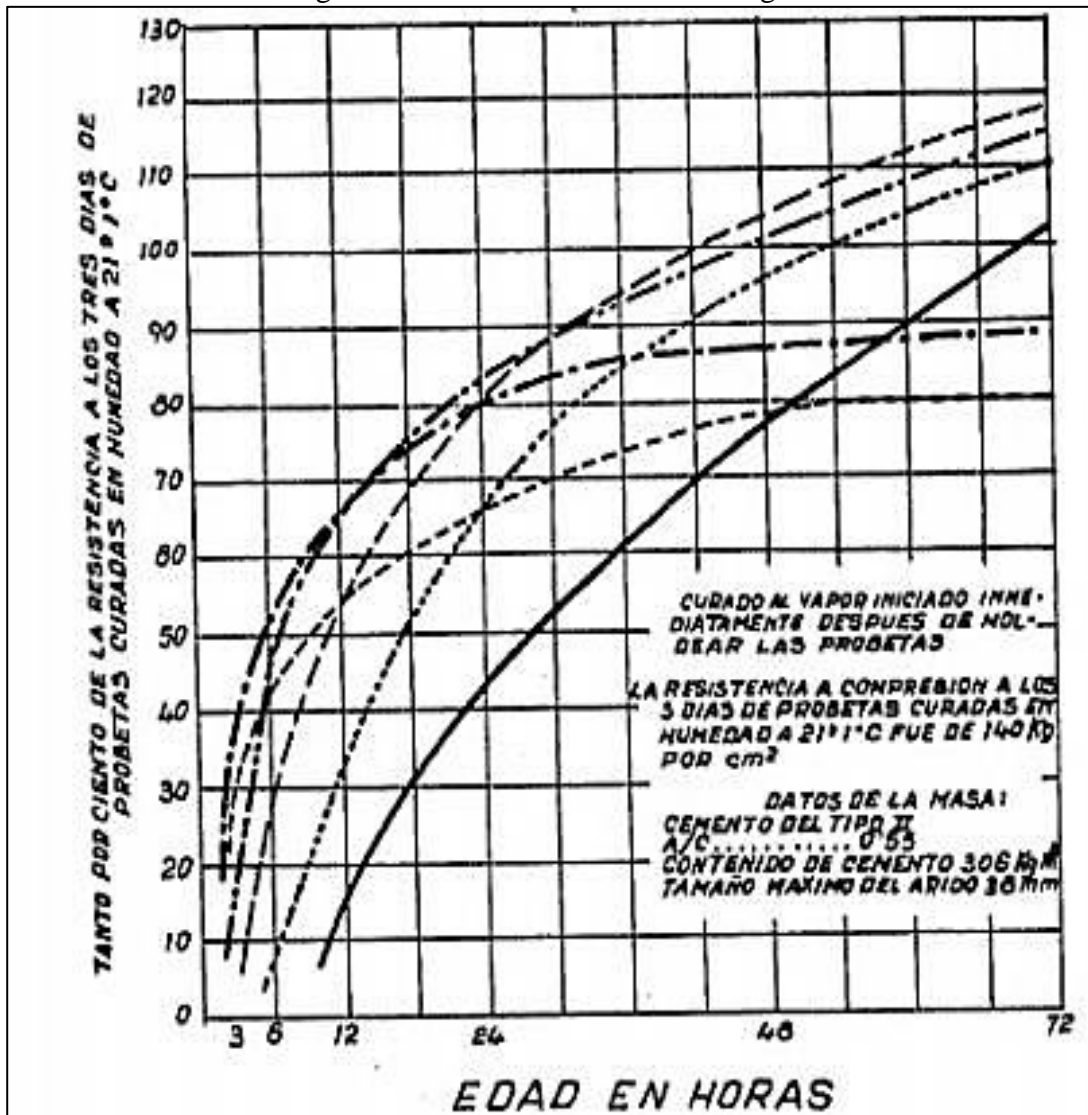


Imagen 28: Curva de resistencia de fraguado



Fuente: Manual del concreto 1950

De la Imagen 28 podemos resaltar las siguientes condiciones:

La máxima aceleración en la adquisición de resistencia inicial y mínima pérdida en la resistencia final, se obtienen a temperaturas comprendidas entre 48°C y 72°C.

Las temperaturas más elevadas producen mayores resistencias a edades que son tempranas, pero podrían generarse importantes pérdidas de resistencia a edades superiores a las 48 horas.

En caso se difiera la iniciación del curado de vapor de dos a cuatro horas para temperaturas que se encuentran entre los 37 y 74°C, produce resistencias que en 24 horas son superiores a las

obtenidas iniciando el tratamiento inmediatamente después del centrifugado. Es por ello que se concluye que, para temperaturas mayores, debe retrasarse más el inicio del proceso de fraguado.

Por lo general se recomienda que se pueda aplicar el vapor de manera uniforme a todo el prefabricado de concreto, evitando de esta manera que se puedan producir tensiones por las diferencias de temperatura a lo largo del producto.

Un estudio realizado por el Ing. Carlos Carril Carvajal, dentro de la Revista de Obras Públicas en el año 1955, nos sugiere que la temperatura a la cual debe mantenerse el concreto fresco antes de iniciar con todo el proceso de fraguado, debe estar comprendida entre 4°C y 50°C . En caso la temperatura sea mayor a 50°C , se puede perjudicar las propiedades potenciales de resistencia del concreto. (Carlos Carril, 1992)

4.5.9.2 TIEMPO DE FRAGUADO

Conocer el tiempo de fraguado exacto es muy importante ya que esta duración va a repercutir de gran manera dentro de las propiedades físicas del concreto, este periodo por lo general se encuentra establecido como el lapso en el que el cemento reacciona con el agua hasta que deja de ser fluido (fraguado inicial) y el tiempo requerido por el concreto para poder adquirir un grado determinado de dureza (fraguado final).

Según Galabec (2008) el fraguado inicial está dado por el momento en el que la masa ya no puede ser centrifugada o vibrada debido a que ha adquirido la resistencia suficiente en la que puede dañar su estructura interna, por lo que se requiere que no ocurra muy pronto para tener cierto manipuleo y traslado mientras que una vez que el concreto haya sido colocado en la posición final se desea un endurecimiento rápido. También se indica que, por lo general, el fraguado inicial ocurre entre 2 y 4 horas posterior a la elaboración de la mezcla y el fraguado final ocurre entre 4 y

8 horas. A continuación, en la Tabla 4, podemos ver una comparación con ventajas y desventajas del fraguado rápido y lento.

Tabla 4: Ventajas y desventajas de un fraguado rápido en el hormigón

FRAGUADO RAPIDO	
Ventajas	Desventajas
<p>Mayor dinamismo en los sistemas de producción.</p> <p>Disminución de costos, al reducir los plazos de desmolde y emporado.</p> <p>Incremento de resistencia a corto plazo.</p> <p>Disminuye el periodo de tiempo en el que el hormigón está expuesto a posibles agrietamientos.</p>	<p>Reducción del tiempo de transporte sin causar daños a la estructura.</p> <p>Disminución de trabajabilidad del concreto.</p> <p>Genera dificultades de compactación y colocación.</p> <p>Generación de gradientes de temperatura lo que puede generar fisuras.</p> <p>Disminuye resistencias a largo plazo.</p>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5: Ventajas y desventajas de un fraguado lento en el hormigón

FRAGUADO LENTO	
Ventajas	Desventajas
Mayor tiempo de trabajabilidad del concreto.	Retraso en el desarrollo de todas las propiedades potenciales del concreto.
Incremento en el tiempo de transporte sin causar daños a la estructura.	Retraso en tiempos de entrega.
Facilidad de compactación y colocación	Incremento de costos debido a que se tendrán mayores plazos de desmoldado y emporado.
Incrementa las resistencias a mediano y largo plazo.	Aumento en el riesgo de fisuración debido a que el concreto permanece más tiempo en estado plástico.
Reduce los gradientes de temperatura del hormigón en masa, ayudando a prevenir posibles fisuras.	Disminución de resistencias a corto plazo.
Ayuda a contrarrestar los efectos de una temperatura elevada y baja humedad relativa del aire.	

Fuente: Elaboración propia

Uno de los principales factores que influyen en el tiempo de fraguado es la relación agua/cemento que se tenga en la mezcla. La razón agua/cemento expresa la relación que existe entre el peso del agua utilizada en la mezcla y el peso del cemento. Una relación agua/cemento baja, conduce a un hormigón de mayor resistencia que una relación agua/cemento alto. Pero entre más alta es esta relación, el hormigón se vuelve más trabajable. Además de influir en la resistencia y docilidad del hormigón, la razón agua/cemento afecta al tiempo de fraguado, ya que un mayor

contenido de agua (relación agua/cemento alta) necesita de más tiempo para lograr su evaporación, produciendo un fraguado más lento del hormigón.

Además, existen otros Factores que intervienen en el proceso de fraguado, por lo que debemos tener ciertos grados de control sobre ellos:

Tabla 6: Factores que influyen en el proceso de fraguado

FACTOR	INFLUENCIA
Temperatura Ambiente	Es uno de los principales, debido a que una mayor temperatura conduce a una mayor hidratación del concreto; generando mejor resistencia en corto plazo.
Tipo de cemento	En base al cemento que se utilice para diseñar la mezcla del concreto, va a requerir un mayor o menos tiempo para poder hidratarse, lo que produce un efecto retardador en el tiempo de fraguado.
Finura del cemento	El tamaño de los granos del cemento, que están entre 2 y 100 micrones. Al tener granos pequeños es decir menores a 3 micrones, estos se hidratan inmediatamente lo que acelera las reacciones que tienen lugar durante el proceso de fraguado.
Materia orgánica	La presencia de impurezas orgánicas principalmente en la arena de la mezcla puede modificar las reacciones químicas, generando el mismo efecto retardador que en el factor 2.
Mezclado	Si se realiza un adecuado proceso de mezclado del concreto, se va a traducir en una mejor hidratación lo que repercute directamente a la aceleración del fraguado (Gabalec, 2008)

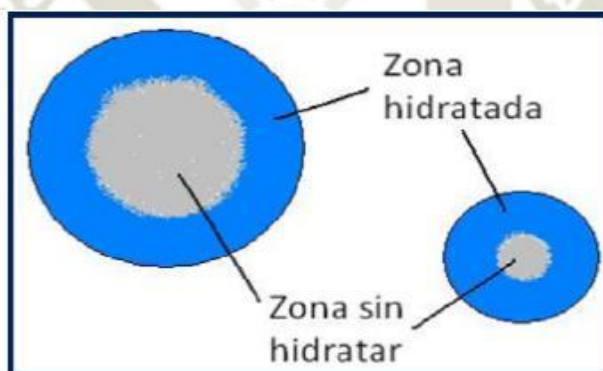
Fuente: Elaboración propia

Tabla 7: Influencia del factor 2: tipo de cemento

Grado del cemento	Tiempo de fraguado	
	Inicial mínimo (min)	Final máximo (h)
Corriente	60	12
Alta Resistencia	45	10

Fuente: Revista Mexicana del cemento y concreto (2014)

Imagen 29: Influencia del factor 3: Finura del cemento



Fuente: Elaboración propia

En la Imagen 29 se puede apreciar la influencia del factor 3 en la finura del cemento, contrastando una zona hidratada con una zona sin hidratar.

Un estudio norteamericano publicado por Kosmatka (2004), muestra los efectos de las cenizas volantes (puzolanas artificiales) en el tiempo de fraguado del hormigón. Para este estudio se utilizó un contenido de cemento de 307 kg/m³, del cual un 25% correspondía a cenizas volantes, la temperatura del ambiente utilizada en los ensayos fue de 23°C y una razón agua/cemento entre 0,40 y 0,45.

En la Tabla 8 se pueden apreciar los resultados de dicho estudio, en el que se emplearon dos clases de cenizas volantes utilizadas comúnmente en Norteamérica. Se observa que el inicio de fraguado ocurre después de las 4 horas en todos los casos, lo que con normalidad sucede entre 2 y 4 horas. (Kosmatka,2004, p.261-270)

Tabla 8: Efecto de las cenizas volantes en el tiempo de fraguado del hormigón

Mezclas de prueba con cenizas volantes		Tiempo de fraguado (h:min)	
Identificación	Ceniza volante clase	Inicial	Final
A	C	4:30	5:35
B	F	4:40	6:15
C	F	4:25	6:15
D	F	5:05	7:15
E	F	4:25	5:50
F	C	4:25	6:00
G	C	4:55	6:30
H	F	5:10	7:10
I	C	5:00	6:50
J	F	5:10	7:40

Fuente: Kosmatka et al., 2003

Otro estudio más cercano a nuestro país, es el realizado por Gabalec (2008) en ciudad de La Plata, Buenos Aires, quien trabajó con cemento puzolánico y árido chancado de origen argentino. En la Tabla 8 se observa que el fraguado inicial no supera las 3 horas 30 minutos en ninguno de los ensayos. Además, en el ensayo 3 el tiempo de fraguado inicial y final ocurre más tarde que en

los otros ensayos, esto probablemente se deba a una temperatura ambiente más baja en el ensayo, porque si consideramos la razón agua/cemento debería ocurrir lo contrario, o sea, alcanzar los tiempos de fraguado inicial y final antes que los demás ensayos.

Tabla 9: Dosificaciones utilizadas y resultados en los ensayos por Gabalec

Materiales	Dosificación (1m³)		
	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
Cemento (kg)	422	422	450
Agua (l)	186	190	195
Agregado fino (kg)	779	764	749
Agregado grueso (kg)	960	967	960

Materiales	Resultados		
	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
Razón agua/cemento	0,44	0,45	0,43
Asentamiento, cm	6,0	6,0	6,0
Temperatura ambiente, °C	27	27	25
Tiempo de fraguado inicial, (h:min)	2:31	2:55	3:29
Tiempo de fraguado final, (h:min)	4:34	4:11	5:08

Fuente: Galabec (2008)

Ahora que conocemos con mayor precisión los diferentes tipos de fraguado y los factores que influyen dentro de este proceso, es necesario realizar una comparación entre cada uno, lo que justifica de alguna manera el diseño de este sistema de vapor basado en fraguado con vapor.

Basándonos en la investigación “Curado del Hormigón y su incidencia en las propiedades mecánicas finales” de Carlos Manobanda Laica (2013) y “Methods of curing concrete: A review” de Muhd Fadhil Nurrudin y Sani Haruna (2018) podemos concluir los siguientes resultados:

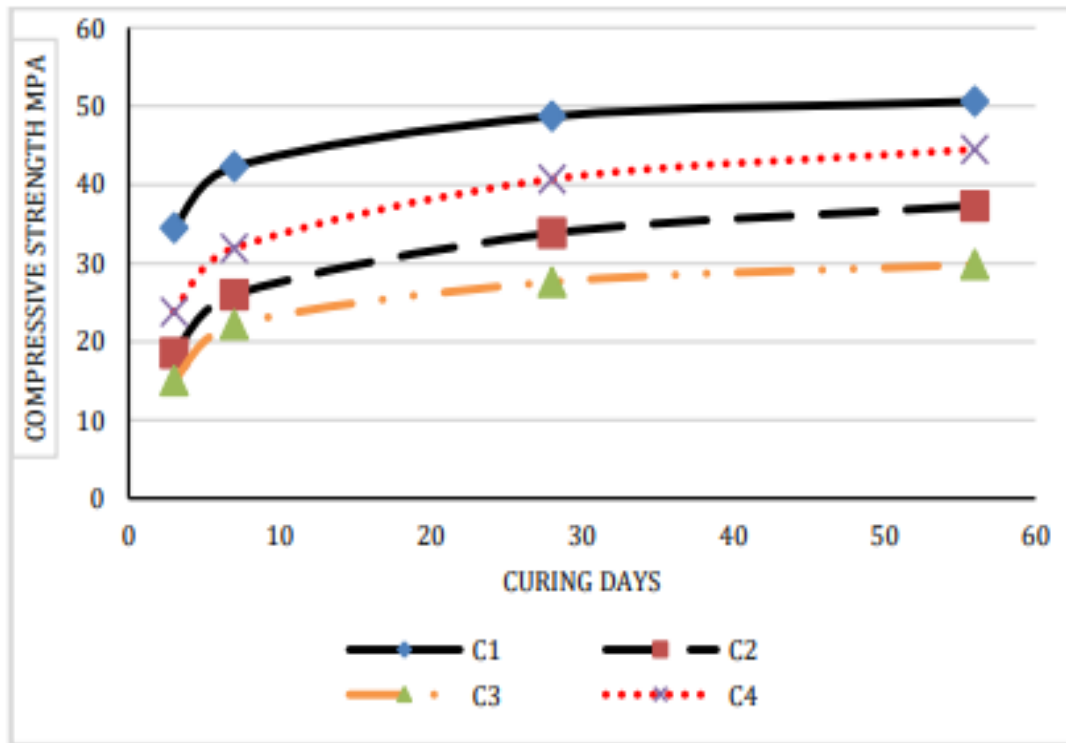
Se compararon diversos métodos de curado que existen en la industria del concreto, arrojando estos resultados:

Tabla 10: Análisis de métodos de Curado

NOMENCLATURA	MÉTODO
C3	Sin curado
C2	Curado por inmersión
C4	Curado con película de plástico
C1	Curado con vapor

Fuente: Methods of curing concrete: A review (2018)

Imagen 30: Resistencia a la compresión para diferentes métodos de curado



Fuente: Nuruddin et al., 2011

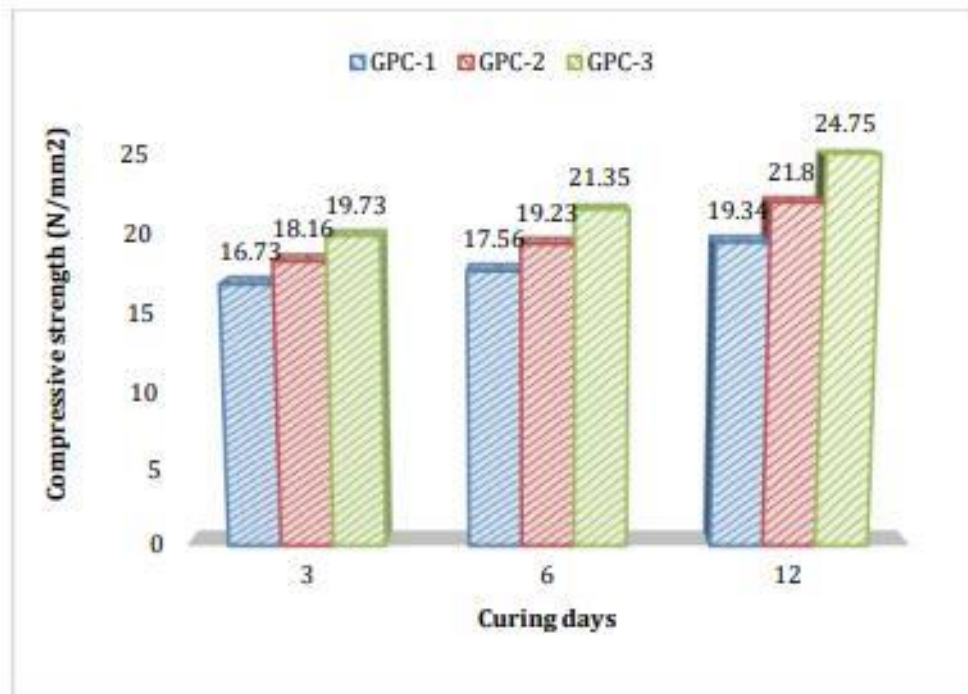
La Imagen 30 muestra la Resistencia alcanzada por cada uno de los métodos de curado mencionados en la Tabla 10.

Tabla 11: Comparativa curado con vapor vs otros métodos

MÉTODO	NOMENCLATURA
GPC-1	Curado por inmersión
GPC-2	Curado por inmersión
GPC-3	Curado con vapor

Fuente: Methods of curing concrete: A review (2018)

Imagen 31: Resistencia a la compresión en comparación con los días



Fuente: Kumaravel, 2014

La Imagen 31 muestra los resultados de resistencia en 3, 6 y 12 alcanzados por cada uno de los métodos de curado mencionados en la Tabla 11.

Dentro de estos estudios, también se compara los valores que se pueden obtener al alterar las mezclas de concreto:

Tabla 12: Diseño de mezclas para evaluación de fraguado con vapor

No.	Cement (kg/m ³)	Water (kg/m ³)	Fine aggregate (kg/m ³)	Coarse aggregate (kg/m ³)	Super Plasticizer (kg/m ³)	Silica Fume (kg/m ³)
1	250	205	1227	661	0	0
2	360	205	1050	730	0	0
3	435	205	962	740	0	0
4	512	205	895	730	0	0
5	603	205	820	715	0	0
6	574	195	651	937	0	0
7	556	130	685	937	7.85	0
8	513	130	685	1080	7.85	43

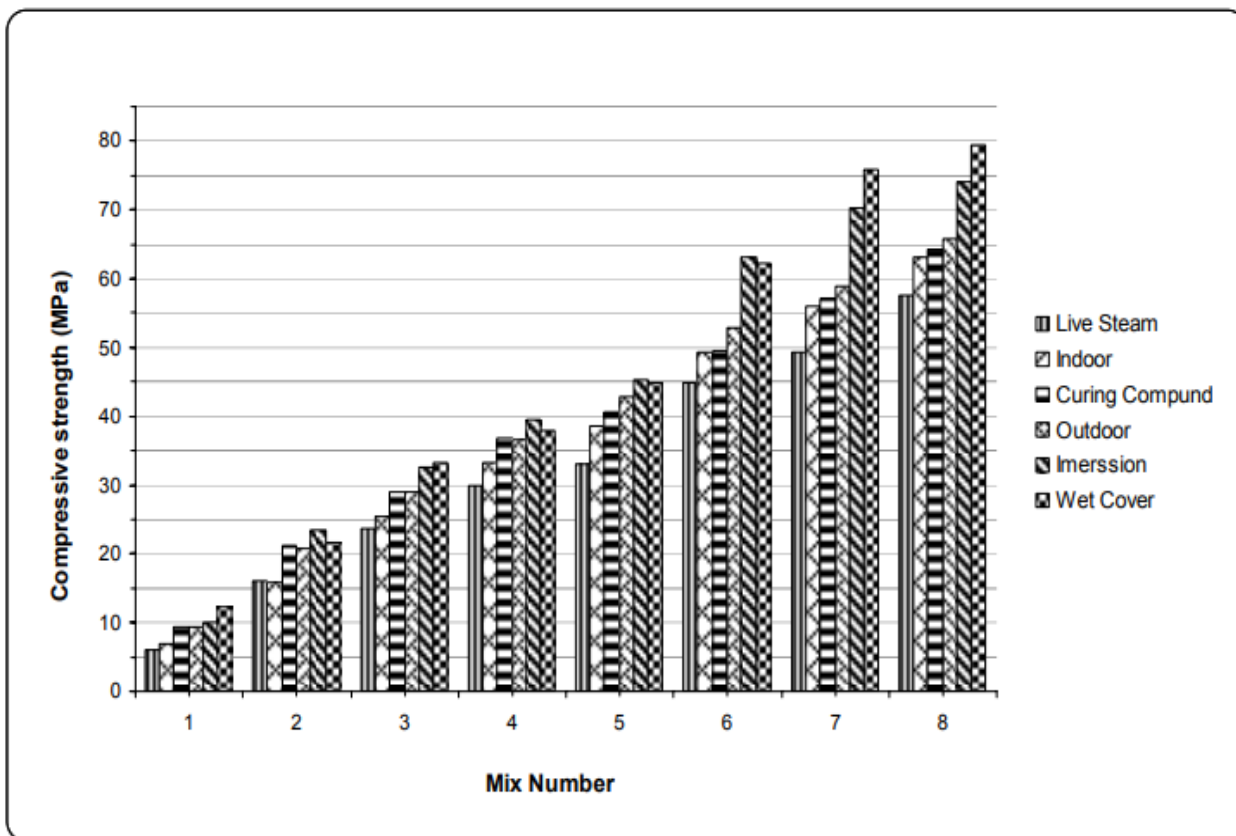
Fuente: Methods of curing concrete: A review (2018)

Con las cuales se obtuvieron los siguientes resultados, en las que el curado con vapor demostró ser el que mejores resultados obtenida a través de diferentes mezclas.

La Imagen 32 muestra la resistencia que se alcanzó en diferentes diseños de mezclas, alcanzando su valor más alto en Wet Cover.

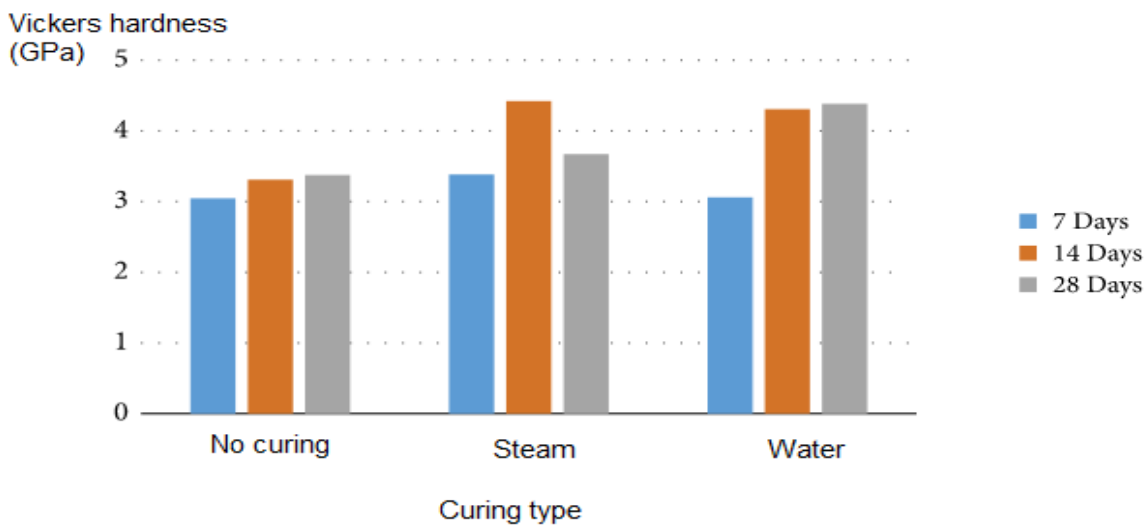
Como se observa en la Imagen 33 en los resultados de resistencia a pruebas de Dureza, el fraguado con vapor muestra resultados más elevados en los primeros días.

Imagen 32: Resistencia a la compresión para los diferentes diseños de mezclas



Fuente: Kumaravel, 2014

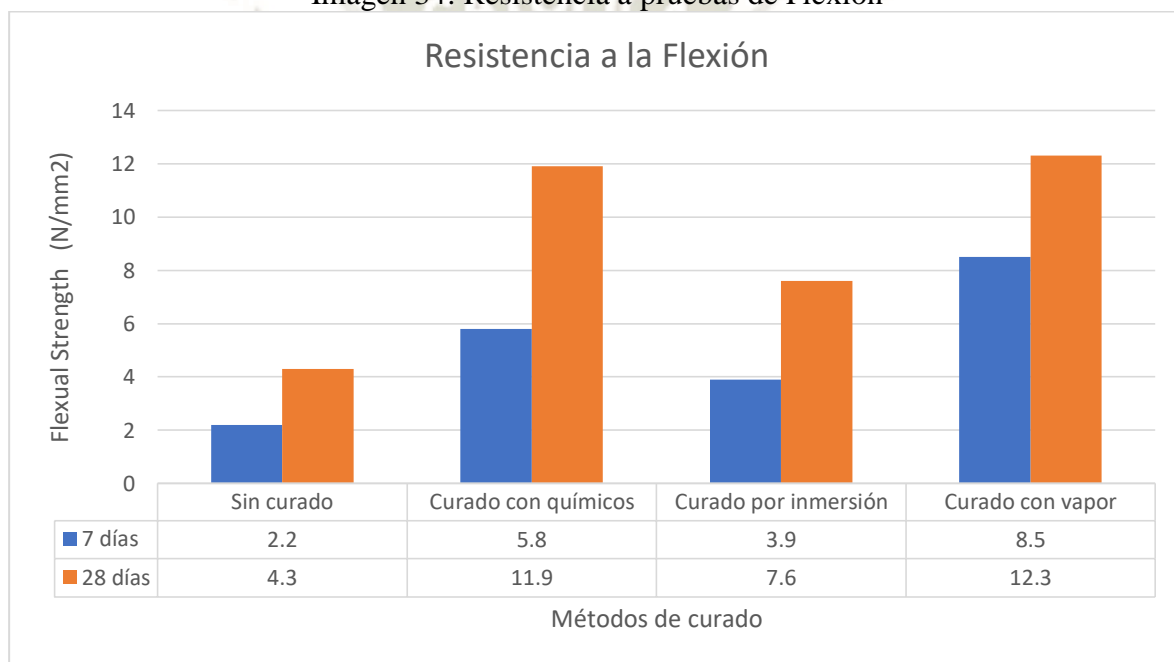
Imagen 33: Resistencia a pruebas de Dureza por método de fraguado



Fuente: Curado del Hormigón y su incidencia en las propiedades mecánicas finales” de Carlos Manobanda Laica (2013)

Un punto que se debe estudiar para nuestro trabajo, es el módulo de ruptura o resistencia a la flexión, debido a que la mayoría de obras donde se emplean prefabricados de concreto exigen que se realicen pruebas exigentes para este tipo de resistencia. En esta propiedad es clave la utilización de vapor, ya que este sistema brinda al producto calor y humedad a la vez, no como otros métodos que sólo brindan uno de los dos, es por ello que en estos estudios también destacaron las resistencias obtenidas por el curado o fraguado con vapor.

Imagen 34: Resistencia a pruebas de Flexión

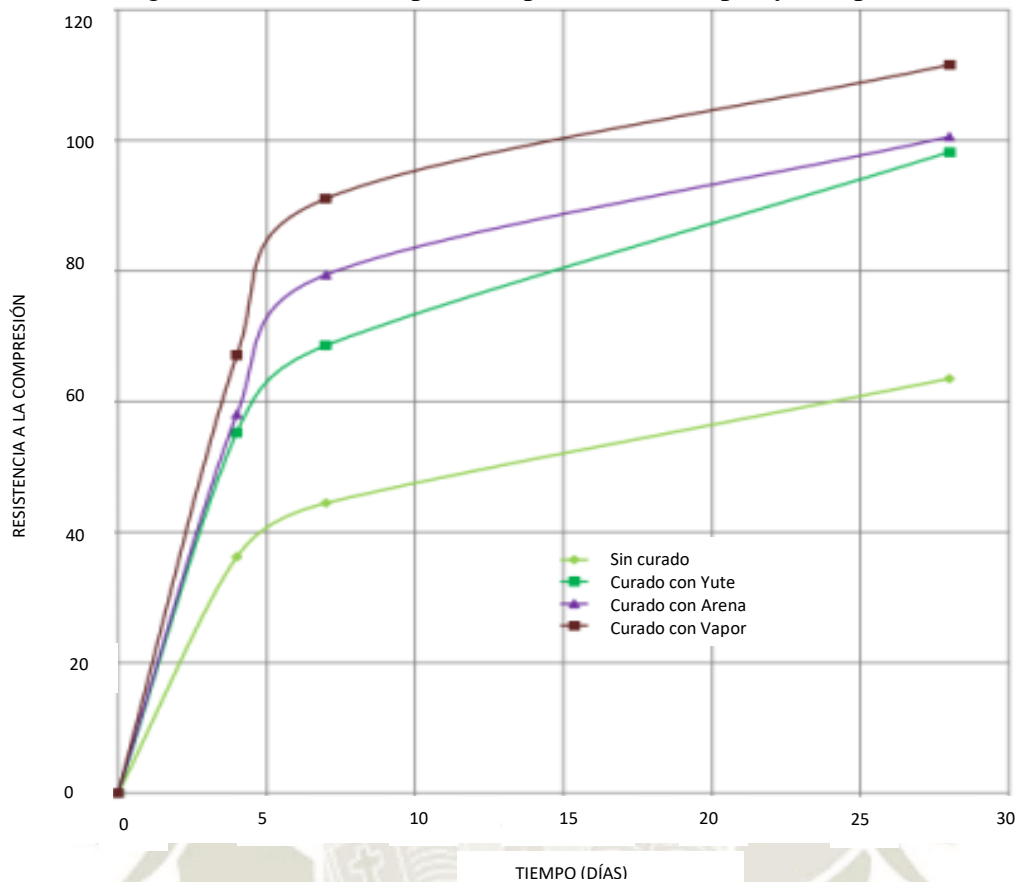


Fuente: Curado del Hormigón y su incidencia en las propiedades mecánicas finales” de Carlos Manobanda Laica (2013)

La Imagen 34 muestra la Resistencia a pruebas de Flexión y se puede observar que a los 7 y 28 días con el curado con vapor se obtienen los resultados más altos.

Como podemos observar a continuación en la Imagen 35, las más altas resistencias iniciales al poco tiempo de iniciado el proceso de fraguado, se obtienen a través del fraguado con vapor, sin embargo, esta explosión no se mantiene a través del tiempo.

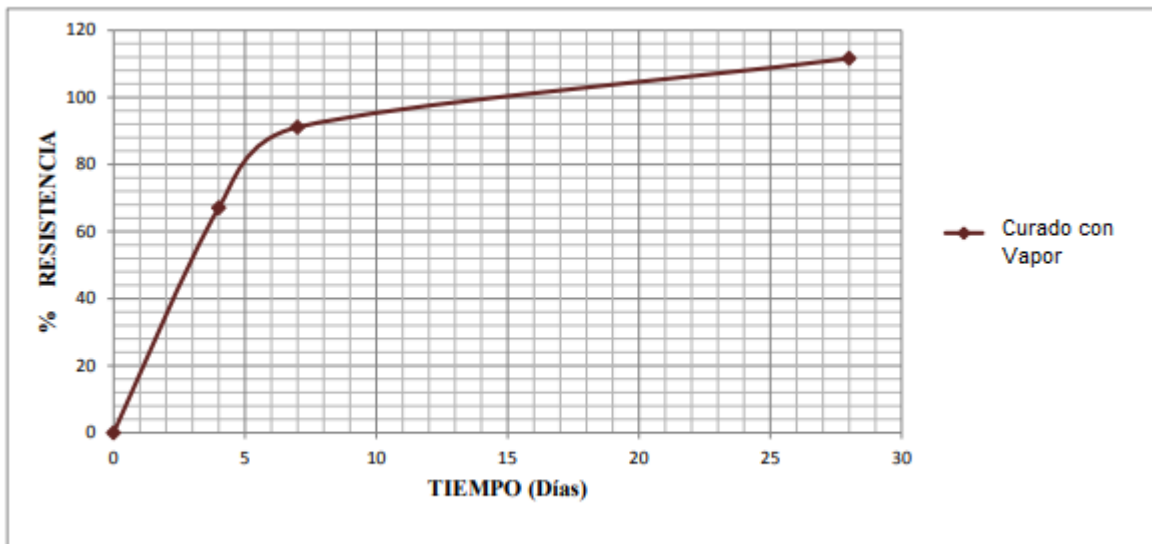
Imagen 35: Gráfico comparativo para distintos tipos y tiempos de curado



Fuente: Manual de Tecnología del Concreto 2004

En la Imagen 36 se toma en cuenta un poste de 8m fraguado con vapor, y se puede observar el porcentaje de resistencia al que puede ir llegando a través del tiempo, tomando como valor exigible el establecido por las Normas Técnicas Peruanas Anexo 3.

Imagen 36: Resistencia del poste a través del tiempo



Fuente: Elaboración propia

4.5.10 VELOCIDAD DE SECADO

El concreto necesita permanecer húmedo para poder hidratarse y endurecerse. Una vez que el concreto se seca, o con más precisión el cemento dentro de él, la resistencia para de crecer, el hecho es que el secado no nos indicará que se ha cumplido con que el concreto obtenga las condiciones que el cliente desea.

Conocer la tasa de secado del concreto, es útil para cualquier empresa dedicada a la fabricación de productos basados en este material, para poder entender las propiedades y condiciones físicas. El concreto necesita abundante humedad durante el periodo de fraguado para que se hidrate y logre las mejores condiciones posibles. Los concretos que recién han sido colocados tienen una abundancia en agua proveniente de la mezcla de la pasta con agregados, pero a medida que pasan los minutos y progresa el secado, el aumento de la resistencia solo continúa hasta que se tenga una humedad relativa permanezca por encima del 80% (Portland Cement Association, 2004).

4.5.11 RESISTENCIA

La resistencia a ensayos de compresión se puede definir como una medida máxima de resistencia a una carga axial de especímenes de concreto. Por lo general, se puede expresar en kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm²) o mega pascales (MPa) a una edad de 28 días.

Para poder realizar una prueba, podemos utilizar otras edades, pero es de vital importancia conocer la relación que existe entre la resistencia a la edad estándar (28 días) y otras edades. Podemos observar la siguiente tabla para tener una idea aproximada de las resistencias y edades:

Tabla 13: Comparación de Edad y Resistencia

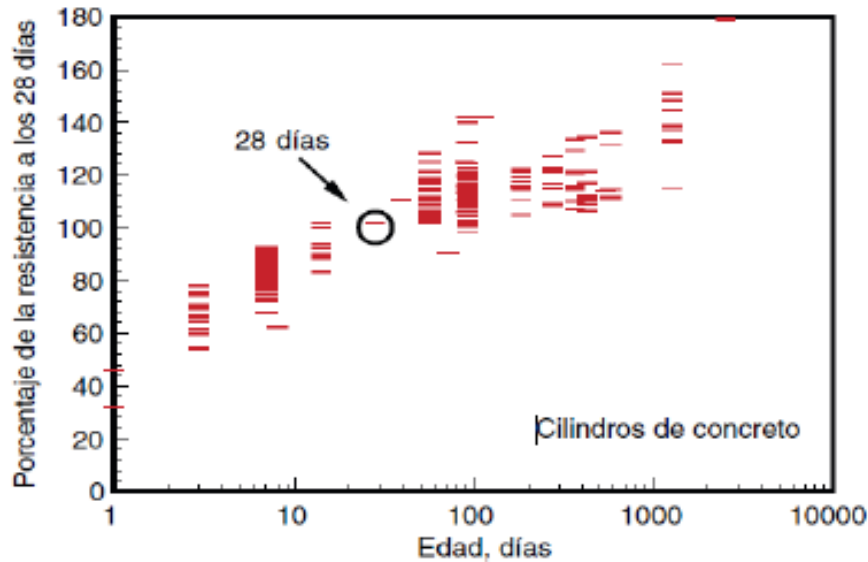
Edad (días)	Resistencia (% de resistencia a 28 días)
7	75%
28	100%
56	110%
90	115%

Fuente: Elaboración propia

La resistencia a los 7 días, se puede estimar como un 75% de la resistencia a los 28 días y las resistencias a los 56 y 90 días son aproximadamente un 10% a 15% mayores que la resistencia a los 28 días, como podemos observar en la Imagen 37. La resistencia a compresión especificada se designará con el símbolo f'_c y la resistencia a compresión real del concreto f_c debe ser superior.

La resistencia a compresión que logra el concreto f_c ; se logra debido a la relación agua-cemento, cuando la hidratación del concreto ha progresado.

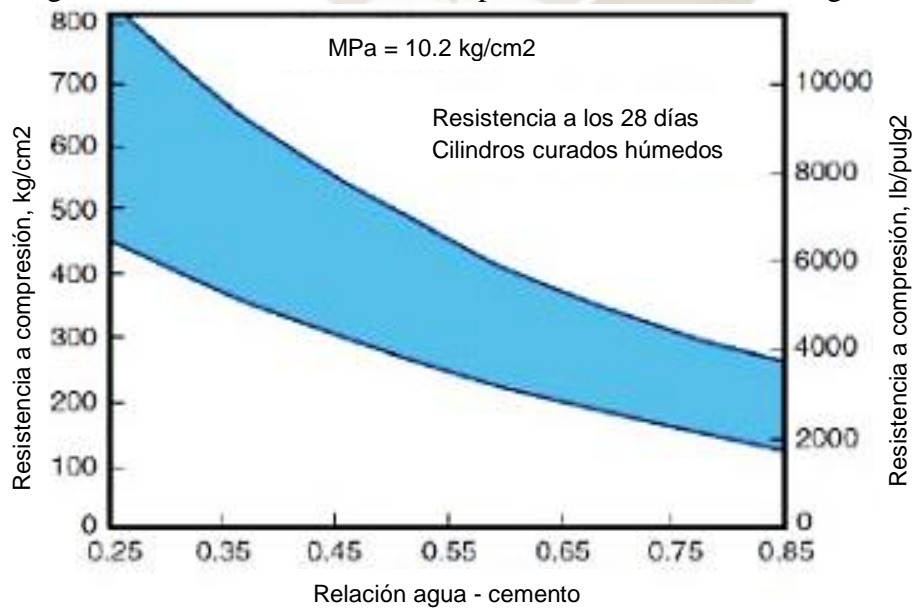
Imagen 37: Resistencia de concretos, en base a la resistencia de 28 días



Fuente: Lange 1944

Esta relación entre la resistencia y la relación agua-cemento ha venido siendo estudiada desde fines del siglo XIX y principios del siglo XX (Ferret 1897 y Abrams 1918). En la Imagen 38 podemos observar las diferentes resistencias ante varias mezclas de agua-cemento. Cabe destacar que las resistencias incrementan con la disminución de la relación agua-cemento.

Imagen 38: Variación de resistencias para diferentes relaciones agua-cemento



Fuente: Lange 1994

Una de las resistencias más importantes para los productos de prefabricados de concreto de Concretos Moldeados S.A.C. es la resistencia a la flexión o punto de ruptura (rotura). La resistencia a la compresión resulta mucho más fácil de ser medida que la resistencia a flexión, se puede usar como un índice de resistencia a flexión. Se tienen diversos indicadores y valores a los que deben llegar los productos en el ACI 138 código de construcción.

4.5.12 DENSIDAD

El concreto convencional, que es el utilizado para pavimentos, edificios y en este caso prefabricados de concreto, tiene un peso específico de 2200 hasta 2400 kg/cm³. Esta densidad se ve afectada principalmente por:

- Cantidad y densidad del agregado
- Cantidad de aire atrapado
- Cantidad de agua y cemento

Algunos valores de densidad para el concreto fresco se pueden observar en la Tabla 14. En el caso de los prefabricados de concreto, al contar con una armazón, pasando a denominarse concreto armado (reforzado), el peso que se le asigna debido a la combinación del concreto con una armadura es de 2400 kg/cm³.

Tabla 14: Promedio de dimensiones observadas para el concreto fresco en SI

Tamaño máximo del agregado, mm	Contenido de aire, porcentaje	Agua, kg/m ³	Cemento, kg/m ³	Densidad, kg/m ³				
				Gravedad específica del agregado				
				2.55	2.60	2.65	2.70	2.75
19	6.0	168	336	2194	2227	2259	2291	2323
37.5	4.5	145	291	2259	2291	2339	2371	2403
75	3.5	121	242	2307	2355	2387	2435	2467

Tamaño máximo del agregado, pulgadas	Contenido de aire, porcentaje	Agua, lb/yd ³	Cemento, lb/yd ³	Densidad, lb/yd ³				
				Gravedad específica del agregado				
				2.55	2.60	2.65	2.70	2.75
3/2	6.0	283	566	137	139	141	143	145
1 ½	4.5	245	490	141	143	146	148	150
3	3.5	204	408	144	147	149	152	154

Fuente: Bureau of Reclamation, 1981

Para poder obtener el peso del concreto seco, simplemente se puede hallar una diferencia entre el peso del concreto fresco menos el peso del agua de mezclado evaporable. Como hemos podido observar una parte del agua de la mezcla se combina químicamente con el cemento a través del proceso de hidratación, lo que transforma al cemento en un gel. Mientras que, otra parte permanece fuertemente retenida en los poros y no se evapora bajo ciertas condiciones normales.

La cantidad de agua de mezclado que se evaporará del concreto expuesto dentro de un ambiente con una humedad que bordea el 50%, equivaldrá al 2% al 3% del peso de concreto; pero en la práctica la cantidad real dependerá del contenido inicial de agua, de las propiedades de absorción de los agregados y el tamaño de los productos de concreto.

Hemos hablado del concreto convencional, que es el que se utiliza para la fabricación de pre fabricados de concreto en Concretos Moldeados S.A.C., sin embargo, en el mercado existen una gran cantidad de concretos especiales para poder atender las diversas demandas por parte de los

clientes, las cuales van desde concretos livianos o ligeros con densidades de 240 kg/cm^3 hasta concretos muy pesados con pesos que equivalen a 6000 kg/cm^3 , usados básicamente como blindajes o contrapesos.

4.5.13 COMPOSICIÓN

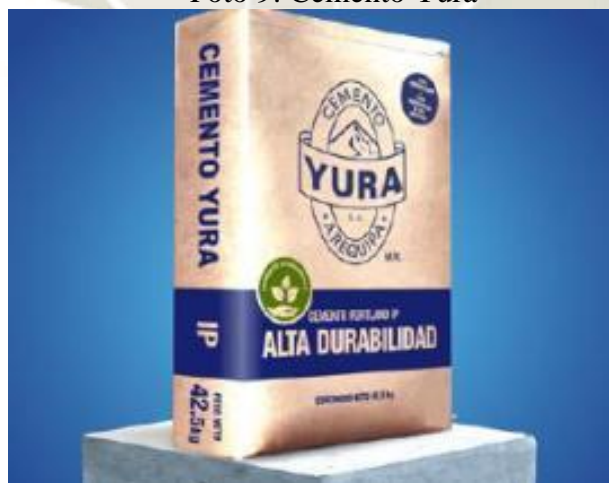
4.5.13.1 CEMENTO

El cemento portland resulta como producto de la pulverización de Clinker que se encuentra compuesto por silicatos de calcio hidráulicos con ciertas formas de sulfatos de calcio, en otras palabras, el cemento es una molienda de Clinker y yeso.

Dentro de los componentes del cemento se pueden aceptar otros productos, siempre y cuando estos no excedan el 1% del peso, ya que en caso contrario afectarían a las propiedades del cemento.

Este material dentro de su fabricación debe contar con las normas ASTM C 150 (Ingeniería y Normas ASTM, 2019) para los tipos I, II y V, que son elaborados en el Perú o con las Normas Técnicas Peruanas (NTP) para cementos.

Foto 9: Cemento Yura



Fuente: www.yura.com.pe

En la Foto 9 se muestra una imagen de Cemento Yura, componente principal de los productos de la Empresa Concretos Moldeados S.A.C.

El componente principal, Clinker empieza todo el proceso de calcinación en combinación con compuestos de silicatos de calcio, aluminatos de calcio, ferro aluminatos de calcio y otras pequeñas cantidades de óxidos de calcio que a 1500°C reaccionan entre sí, y producen este denominado Clinker Portland. Luego debido a las altas temperaturas que se manejan, el producto es enfriado al aire libre y molido con una adición de alrededor de 6% de sulfato de calcio (yeso) para dar paso a lo que todos conocemos como Cemento Portland.

Según Riva E (2000) los cementos portland como podemos observar están compuestos principalmente por silicatos de calcio. También son conocidos como cementos hidráulicos, estos fraguan y se endurecen al reaccionar químicamente con agua. A esta reacción se le conoce como hidratación, la cual forma una pasta que al endurecerse tiene el aspecto parecido a una roca. La materia prima necesaria para tener cantidades correctas de los componentes básicos consiste en una mezcla de los denominados materiales calcáreos (piedra caliza) y arcillosos. El proceso de fabricación comprende principalmente 4 etapas:

- Extracción y molienda de la materia prima
- Homogenización de la materia prima
- Producción del Clinker
- Molienda del cemento

Almacenamiento del cemento

Propiedades del cemento

Hidratación

Cuando entran en contacto con el agua, los silicatos y aluminatos del cemento forman una masa fina y dura, que posteriormente será una pasta endurecida de cemento

Como mencionamos anteriormente consiste en el conjunto de reaccionar químicas entre el elemento líquido y el cemento, lo que producen un cambio de estado de estado plástico ha endurecido. La velocidad de hidratación del cemento será directamente proporcional a la finura del material e inversamente proporcional al tiempo, es por ello que la hidratación inicial es sumamente rápida y luego va decreciendo con el transcurso de los días, aunque nunca se detiene.

Fineza

Este proceso de hidratación inicia en las partículas presentes en la superficie del cemento, esta área representa el material disponible para hidratarse. La fineza se refiere al grado de molienda del polvo, se expresa por la superficie específica, en m^2/kg . En un laboratorio se puede determinar a través de dos ensayos, denominados Permeabilímetro de Blaine y Turbidímetro de Wagner.

Peso Específico

Como sabemos el peso específico, se refiere al peso del cemento por unidad de volumen y se expresa en unidades del SI (g/cm^3). Su uso por lo general se encuentra en el diseño de mezclas y se determina a través del ensayo de Frasco de Le Chatelier

Estabilidad de volumen

Es importante que la pasta del cemento fraguado no presente cambios indeseados de volumen, lo que puede desencadenar una ruptura de la pasta, esto se determina a través del ensayo de Autoclave, NTP 334.004.

Tipos de cemento

Cementos Portland sin adición

Este es el tipo de cemento que es más utilizado para la preparación de concreto o también denominado hormigón. Al reaccionar con el agua se obtiene un producto moldeable que en unas

cuantas horas se solidifica y endurece progresivamente luego de un periodo de varios días hasta adquirir una resistencia única.

Los cementos Portland y su calidad deben estar de acuerdo a la norma NTP 334.009, NTP334.038; NTP 334.040 (Catálogo de Normas Técnicas Peruanas, Instituto Nacional de la Calidad, 2013)

Tenemos una serie de tipos de cemento, que se pueden clasificar en:

Tipo I: Para usos que no requieren propiedades muy específicas

Tipo II: Para un uso general cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación.

Tipo III: Para utilizarse cuando se requieren altas resistencias iniciales.

Tipo IV: Para emplearse cuando se desea bajo calor de hidratación.

Tipo V: Para emplearse cuando se desea alta resistencia a sulfatos.

Cementos Portland Adicionados

Aparte de contener Clinker Portland y yeso, tienen 2 componentes inorgánicos que contribuyen a mejorar las propiedades del cemento (puzolanas, incorporadoras de aire, calizos).

Tenemos algunos tipos:

Cemento Portland Puzolanico

Cemento Portland Puzolánico tipo IP: Contenido de puzolana entre 15% y 40%

Cemento Portland Puzolánico tipo I (PM): Contenido de puzolana menos de 15%

Cemento Portland de Escoria

Cemento Portland de Escoria Tipo IS: Contenido de escoria entre 25% y 70%

Cemento Portland de Escoria Modificado Tipo I (SM): Contenido de escoria menor a 25%

Cemento Portland Compuesto Tipo 1 (co)

Cemento de Albañilería

4.5.13.2 AGUA

A través del desarrollo del trabajo, hemos podido observar que el agua es un elemento indispensable para la hidratación del concreto y el desarrollo de sus propiedades, es por ello que tiene que cumplir con una serie de requisitos para llevar a cabo una función en la combinación química y no generar inconvenientes en la fabricación del concreto.

Como un requisito, que no debe ser determinado a través de ciertos ensayos, es que se pueden utilizar para agua de mezclado todo tipo de aguas consideradas como potables. El agua que se emplea en el concreto, tiene tres aplicaciones principales:

Reaccionar con el cemento para que se hidrate.

Lograr que se lubrique el cemento para que obtenga las características de una pasta y se pueda trabajar en él.

Propagar la estructura de vacíos necesaria dentro de la mezcla para que los productos de hidratación cuenten con el suficiente espacio para poder desarrollarse.

La cantidad de agua necesaria para la mezcla del concreto, es mayor a la cantidad de agua que se necesita para poder hidratar al concreto, debido básicamente a que en el primer caso se busca tener un grado de trabajabilidad dentro del concreto. La Foto 10 muestra una referencia del agua usado en el proceso de mezclado y fraguado de concreto.

Foto 10: Agua para mezclado y fraguado de concreto



Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, el agua necesaria como mencionadas líneas arriba debe contener ciertas propiedades, deberá cumplir con los requisitos de la Norma NTP 339.088 (Catálogo de Normas Técnicas Peruanas, Instituto Nacional de la Calidad, 2013) y ser, de preferencia potable. No se han determinado una serie de criterios uniformes en cuanto a los límites permisibles sobre cantidad de sales y sustancias presentes en el agua que se deben emplear, los límites permisibles para el agua de mezcla y fraguado según la Norma Técnica Peruana se muestran en anexo 4.

4.5.13.3 AGREGADOS

La definición más aproximada de agregado, la podemos encontrar como “conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial cuyas dimensiones se encuentran entre los límites fijados en la NTP 400. Los agregados se consideran como una fase discontinua del concreto y son elementos que están embebidos dentro de la pasta, ocupando aproximadamente el 75% del volumen de una unidad cúbica de concreto. (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 1998)

Hasta hace un tiempo, el agregado se consideraba como si fuera un material inerte, disperso en la parte del cemento y que lo único a lo que contribuía era a darle mucho mayor volumen. El agregado no es inerte, pues sus propiedades físicas, térmicas, y en muchas ocasiones hasta

químicas, pueden influir en el desempeño, por ejemplo, mejorando el control en su durabilidad, estabilidad de volumen los de la pasta de cemento, resistencia a la compresión, trabajabilidad y peso unitario del concreto endurecido.

Clasificación de los agregados para el concreto (Tópicos de tecnología de concreto Pasquel. Enrique, 2000)

Por su procedencia:

Se clasifican en:

-Agregados naturales: Son el resultado de procesos geológicos naturales que han ocurrido en el planeta durante miles y miles de años, son extraídos, seleccionados y procesados para poder optimizar su utilización en la elaboración de concreto.

Estos agregados son lo más empleados a nivel mundial y en el Perú, debido a su amplia disponibilidad tanto en calidad, cantidad, lo que los convierten en ideales para la producción de concreto.

-Agregados artificiales: Proviene de un proceso de transformación de materiales en la naturaleza y que a través de un proceso secundario se pueden llegar a habilitar para que sean útiles en la producción de concreto. Algunos de estos agregados han pasado por hornos a altas temperaturas, o el mismo concreto reciclado.

Por su gradación: Este término hace referencia a la distribución volumétrica de las partículas, que como ya mencionados anteriormente, tiene gran importancia dentro de la fabricación de concreto. De acuerdo a esta condición, podemos clasificarlo en:

-Agregado fino: Se define como aquel que puede ser filtrado a través del tamiz 3/8'' y queda retenido dentro de la malla N°200, el que se utiliza con mayor frecuencia en esta categoría es la arena resultante de la desintegración de rocas

-Agregado grueso: Es aquel que queda retenido en el tamiz N°4 y que también proviene de la desintegración de roca, puede a la vez subdividirse en piedra chancada y grava.

Esta subdivisión que mencionados responde a consideraciones netamente prácticas, ya que estas técnicas de procesado de los agregados (zarandeo o chancado) pretenden separarlos de esta manera, con la finalidad de tener un mejor control, en el caso de Concretos Moldeados, se utiliza piedra chancada debido a que un proveedor ha establecido un convenio con la empresa para poder establecer una pequeña chancadora dentro de las instalaciones.

Por densidad

Se pueden clasificar en agregados de peso específico normal, que se encuentran entre 2.50 y 2.75, ligeros con pesos específicos menores a 2.5 y los que son agregados pesados cuyos pesos específicos son mayores a 2.75. Cada uno de ellos tiene comportamientos diferentes, en relación al concreto. Existiendo técnicas y métodos de diseño para cada caso.

Por el origen, forma y textura superficial

Por la naturaleza de los agregados tienen formas irregulares geoméricamente hablando, que se encuentran formados por caras redondas y angulares, para tener una mayor idea podemos decir que pueden ser:

- Angulares: Poco desgaste en las caras y bordes
- Subangulares: Algo de desgaste en bordes y caras
- Subredonda: Considerable desgaste en bordes y caras
- Redondeada: Bordes casi eliminados
- Muy redondeados: Sin bordes ni caras

4.5.13.4 ADITIVOS

Según el Comité 116R del American Concrete Institute (ACI), y la norma ASTM C125 (Ingeniería y Normas ASTM,2019), se puede definir al aditivo como “un material que, no siendo agua, agregado, cemento hidráulico, fibra de refuerzo, es empleado como un ingrediente del mortero o concreto, y es añadido a la tanda inmediatamente antes o durante su mezclado”

Estos aditivos formarán parte de los componentes del concreto o el mortero, los cuales se añaden a la mezcla con la finalidad de:

- Modificar las propiedades, a fin de que se puedan adecuar de mejor manera al trabajo que se realiza.
- Facilitar el manipuleo y colocación
- Reducir costos de operación
- Para poder decidir si se empleará o no algún aditivo, debe considerarse:
- Si es inevitable su uso para poder lograr mejores resultados
- Los objetivos deseados, se lograrán con una mejor composición de la mezcla
- Si su uso es aprobado por el cliente final, ya sea un contratista o ingenieros de la obra.

Condiciones de empleo

Los aditivos que se utilizaran deben cumplir con los requisitos de la norma ASTM correspondiente. El empleo de estos debe encontrarse indicado en las especificaciones de cada producto que se fabrique o debe ser aprobado por el cliente final.

Se considera como norma, que la utilización de aditivos incorporadores de aire son obligatorios en productos que van a encontrarse expuestos a temperaturas menores a 0°C, en otros casos, el empleo sólo es obligatorio cuando es la única alternativa para poder lograr los resultados deseados.

El hecho de que se utilicen aditivos no reemplaza de ninguna manera, las condiciones y medidas de cada uno de los insumos para producir un metro cubico de concreto.

Razones de empleo

Dentro de las principales razones por las cuales las empresas utilizan aditivos para poder modificar las propiedades del concreto que aún no se encuentra endurecido, son:

- Reducción de la cantidad de agua en la mezcla
- Incrementar la trabajabilidad sin modificar la cantidad de agua
- Aceleración o retardo del tiempo de fraguado, que es la condición por la cual se emplean aditivos en los productos de Concretos Moldeados S.A.C.
- Modificación de la velocidad y/o magnitud de exudación
- Reducción o prevención de expansiones no deseadas
- Mejora en la facilidad de colocación de mezclas.

Dentro de las principales razones por las cuales las empresas utilizan aditivos para poder modificar las propiedades del concreto endurecido, son:

- Retraso en la magnitud de endurecimiento inicial
- Aceleración en la velocidad de desarrollo de la resistencia inicial y/o final del concreto
- Incremento de la durabilidad, incluyendo la resistencia a condiciones extremas
- Disminución de la permeabilidad del concreto
- Control de expansiones
- Incremento en resistencia a la abrasión y/o impacto
- Producción de concreto con colores especiales

Consideraciones en el empleo

Estos aditivos deben regirse para las normas y especificaciones de cada obra, prestando atención además en las recomendaciones brindadas por el fabricante en los envases que los contienen.

Las normas que cubren el uso de aditivos y sus diferentes aplicaciones de uso corriente son:

- Aditivos incorporadores de aire ASTM C260 (Ingeniería y Normas ASTM,2019)
- Aditivos reductores de agua y controladores de fragua ASTM C494 (Ingeniería y Normas ASTM,2019)

Se recomienda que, para el uso de aditivos, se puedan emplear luego que se haya realizado una evaluación de sus efectos en mezclas controladas con los mismos materiales de los utilizados en la fabricación convencional, para ello es importante tener en cuenta:

La mezcla no ha sido expuesta a ningún otro material y/o aditivo fuera del procedimiento convencional.

Se especifica el tipo de cemento que se utilizará

La mezcla se realizará fuera de temperaturas a las cuales normalmente se trabaja, para poder estudiar reacciones en condiciones extremas.

Consideraciones económicas

Al evaluar el empleo de un aditivo determinado debe considerarse el efecto sobre el volumen; o modificaciones como el rendimiento, pero un factor a tomar en cuenta es también el precio de cada uno y el incremento que representará en la producción.

Es por ello que su estudio es fundamental cuando las características del concreto y resultados obtenidos se encuentren relacionados con:

- Las propiedades de los materiales empleados
- Proporciones relativas

- Temperatura y humedad relativas
- Condiciones de fraguado

Clasificación

Una clasificación no es sencilla, debido a que estos pueden dividirse en base a los efectos que producen finalmente en el concreto, o si pueden modificar solamente una o varias propiedades.

De acuerdo a la normal ASTM C494 (Ingeniería y Normas ASTM,2019), los aditivos pueden clasificarse en:

- TIPO A Reductores de agua
- TIPO B Retardadores de fragua
- TIPO C Acelerantes
- TIPO D Retardadores de fragua-retardadores de agua
- TIPO E Reductores de agua-acelerantes
- TIPO F Súper Reductores de agua
- TIPO G Súper Reductores de agua-acelerantes

CAPÍTULO V

5. EVALUACIÓN DE LA DEMANDA

En este capítulo buscaremos determinar la capacidad y cantidad de vapor de agua requerida para los equipos necesarios y destinados a cada una de las áreas de la empresa Concretos Moldeados S.A.C. Teniendo conocimiento para el diseño de esto seguiremos normas y recomendaciones como los Catálogos de equipos convencionales para instalaciones.

Este análisis se realizará de una manera cuidadosa con el fin de seleccionar la mejor alternativa de operación económica y que satisfaga las necesidades de vapor para cada una de las áreas de la empresa. Consideraremos la implantación de la línea de vapor para las siguientes áreas:

- Área para postes de concreto
- Área para adoquines de concreto

Para poder justificar que el estudio planteado a través del siguiente proyecto sea aplicado sólo a estos dos productos, se procedió a realizar un Análisis PQ con su correspondiente curva ABC para demostrar que son los productos que le generan mayor cantidad de ingresos a la empresa por lo que cualquier propuesta de mejora debe estar enfocada en ambos, a continuación, el análisis.

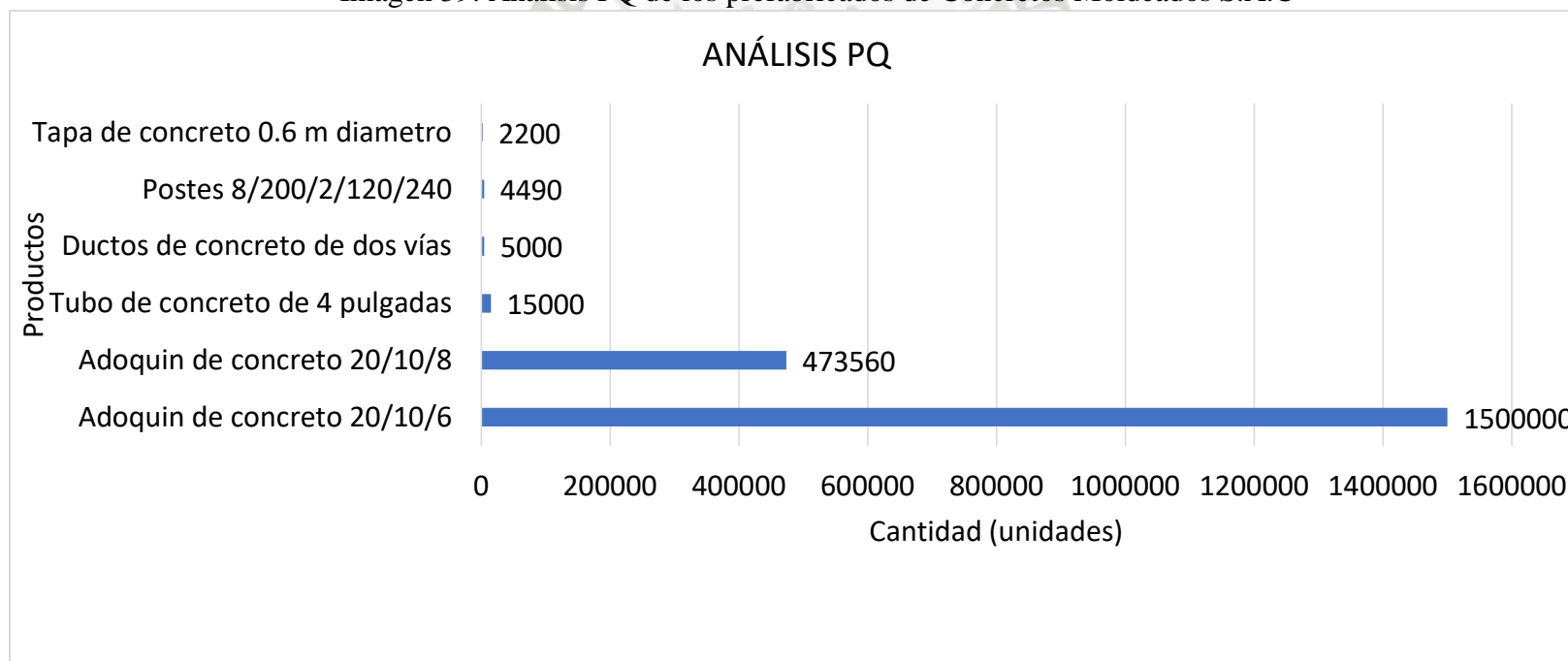
Podemos observar en la tabla 15, las cantidades promedio de producción durante el año 2018 para los diferentes productos de prefabricado de concreto producidos por Concretos Moldeados S.A.C:

Tabla 15: Cantidades por producto durante el año 2018

PRODUCTO	CANTIDAD (unidades)
Adoquín de concreto 20/10/6	1,500,000
Adoquín de concreto 20/10/8	473,560
Tubo de concreto de 4 pulgadas	15,000
Ductos de concreto de dos vías	5,000
Postes 8/200/2/120/240	4,490
Tapa de concreto 0.6 m diámetro	2,200

Fuente: Elaboración propia

Imagen 39: Análisis PQ de los prefabricados de Concretos Moldeados S.A.C



Fuente: Elaboración Propia

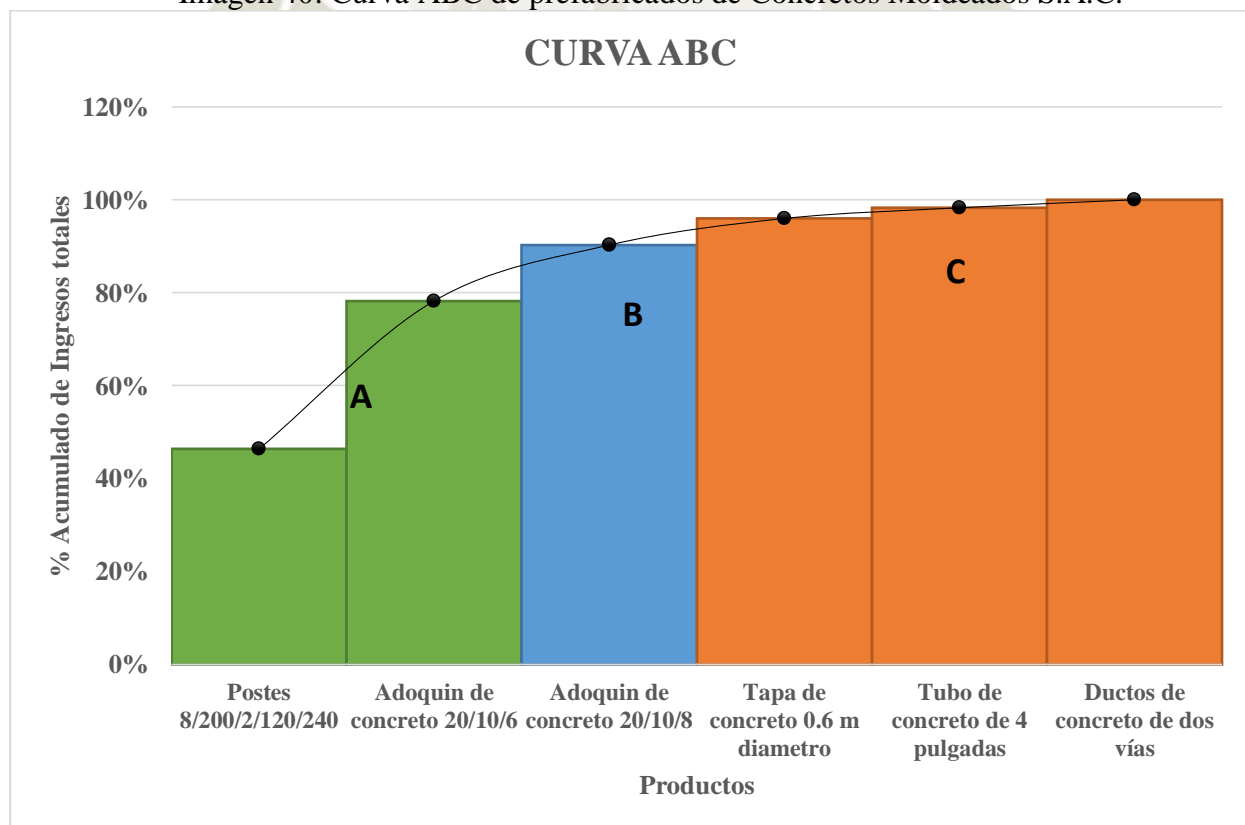
Teniendo en cuenta los datos de las tablas anteriores, adicionamos algunos campos para poder obtener los ingresos que genera cada uno de los productos, resaltando aquellos que nos generan hasta el 80% del total de ingresos percibidos por Concretos Moldeados S.A.C, esto se puede ver con mayor detalle en la tabla 16.

Tabla 16: Ingresos y % acumulado por producto

PRODUCTO	CANTIDAD	PRECIO VENTA	INGRESOS	%	% ACUMULADO	
Postes 8/200/2/120/240	4490	S/ .350.00	S/ .1,571,500.00	46.37%	46.37%	A
Adoquin de concreto 20/10/6	1500000	S/ .0.72	S/ .1,080,000.00	31.87%	78.24%	
Adoquin de concreto 20/10/8	473560	S/ .0.86	S/ .407,261.60	12.02%	90.26%	B
Tapa de concreto 0.6 m diametro	2200	S/ .88.00	S/ .193,600.00	5.71%	95.97%	C
Tubo de concreto de 4 pulgadas	15000	S/ .5.20	S/ .78,000.00	2.30%	98.27%	
Ductos de concreto de dos vías	5000	S/ .11.70	S/ .58,500.00	1.73%	100.00%	
			S/ .3,388,861.60			

Fuente: Elaboración Propia

Imagen 40: Curva ABC de prefabricados de Concretos Moldeados S.A.C.



Fuente: Elaboración Propia

5.1 DEMANDA DE POSTES

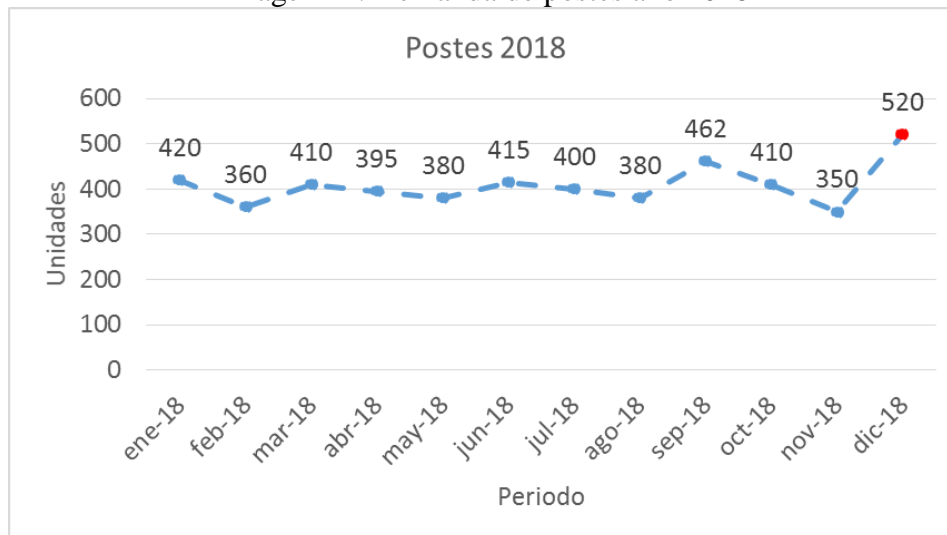
Las demandas mensuales se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 17. Demanda histórica de postes de 8m en 2018

MES	CANTIDAD (Unidades)	MES	CANTIDAD (Unidades)
Enero 2018	420	Julio 2018	400
Febrero 2018	360	Agosto 2018	380
Marzo 2018	410	Setiembre 2018	462
Abril 2018	395	Octubre 2018	410
Mayo 2018	380	Noviembre 2018	350
Junio 2018	415	Diciembre 2018	520

Fuente: Elaboración propia

Imagen 41: Demanda de postes año 2018



Fuente: Elaboración propia

Dentro del área de postes se cuenta con dos líneas de postes, que se encuentran diferenciadas básicamente por el tamaño de los postes que se elaboran:

Línea 1: Postes hasta 8m

Línea 2: postes hasta 18m

En el anexo 4 podemos observar con mayor detalle todas las características de un poste de 8m, dado que es el más comercial.

Según información brindada por Concretos Moldeados S.A.C, se ha determinado que un poste de concreto en promedio contiene 0.20 m^3 de concreto. Por lo que se puede establecer las siguientes proporciones de consumo de concreto para los postes de concreto:

Foto 11: Planta de Postes



Fuente: Concretos Moldeados S.A.C

Para la realización del proceso de fraguado, debido a que no se cuenta con un sistema de distribución de vapor adecuado, se utilizan plásticas que recubren a los productos para brindarles un tipo de membrana y que se pueda llegar a resultados óptimos en un menor tiempo.

Foto 12: Zona de Centrifugado de Postes



Fuente: Concretos Moldeados S.A.C

Foto 13: Pruebas de esfuerzo y deformación de postes



Fuente: Concretos Moldeados S.A.C



5.2 DEMANDA DE ADOQUINES

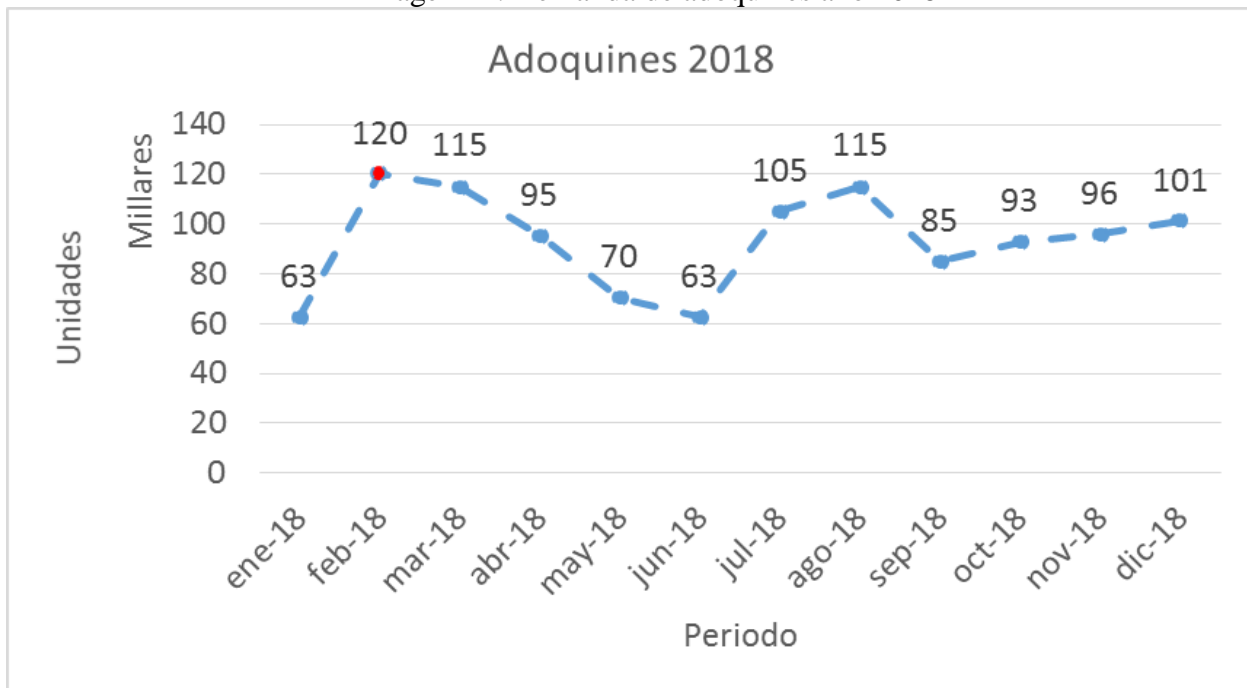
Las demandas mensuales se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 18. Demanda histórica de postes año 2018

MES	CANTIDAD (Unidades)	MES	CANTIDAD (Unidades)
Enero 2018	62,500	Julio 2018	105,000
Febrero 2018	120,000	Agosto 2018	115,000
Marzo 2018	115,000	Setiembre 2018	85,000
Abril 2018	95,300	Octubre 2018	92,800
Mayo 2018	70,300	Noviembre 2018	96,000
Junio 2018	62,500	Diciembre 2018	101,000

Fuente: Elaboración Propia

Imagen 42: Demanda de adoquines año 2018



Fuente. Elaboración propia

Dentro del área de adoquines se cuenta con una sola línea de fabricación instalada, que fabrica adoquines con la medida estándar de: 20cmx10cmx6cm; todo esto a través de una máquina automática de producción. Sin embargo, la empresa ya ha adquirido una segunda máquina, para poder instalar una nueva línea de adoquines, por lo que este proyecto al estar considerando la máxima capacidad de planta, tomará en cuenta la presencia de 02 líneas de adoquines.

Foto 14:Faja transportadora de concreto para adoquines



Fuente. Elaboración propia

No se dispone de un sistema de vapor para la zona de adoquines, es por ello que se han construido cuartos o “nichos” de fraguado, donde se introducen los adoquines para que la reacción química del concreto tenga lugar en un ambiente mucho más concentrado.

Al momento de diseñar el sistema de distribución estas habitaciones serán de gran ayuda ya que simplemente se deberá introducir vapor a ellos, para que se pueda mejorar en gran medida el proceso de fraguado.

Foto 15: Cuartos de curado de Adoquines



Fuente: Concretos Moldeados S.A.C

5.3 REQUERIMIENTOS DE VAPOR

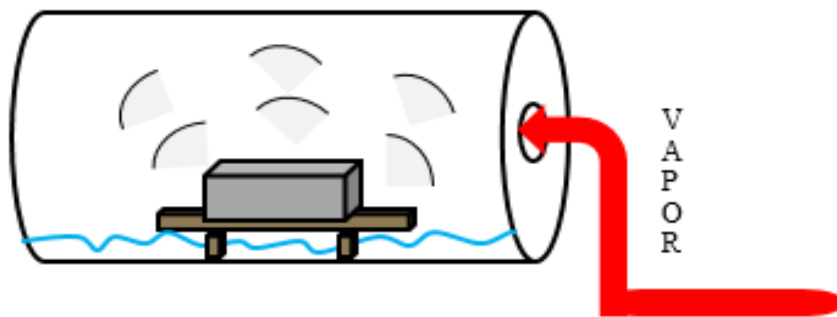
Debido a que actualmente sólo se cuenta con vapor para el área de Postes, se pudo obtener el dato del consumo de vapor para estos prefabricados de concreto. Mientras que, para los Adoquines al no contar con ningún dato de consumo de vapor en coordinación con los Directivos de la empresa, se realizó una pequeña Simulación de Fraguado para estos productos. A continuación, podremos observar el proceso detallado:

No se podía llevar en mangueras el vapor producido por el caldero en la zona de Postes hasta el área de Adoquines porque la distancia era muy grande y probablemente la cantidad de vapor que llegaría iba a ser mínima. Además, no se contaba con la toma de vapor y manguera de medidas adecuadas para poder transportar este elemento.

Es por ello que se decidió utilizar en primera instancia un cilindro donde se introdujo un adoquín de concreto y a través de un orificio en la tapa se introdujo vapor para observar su consumo y

comportamiento en cuanto a desarrollo de propiedades mecánicas, lo que se puede observar a través de la siguiente imagen.

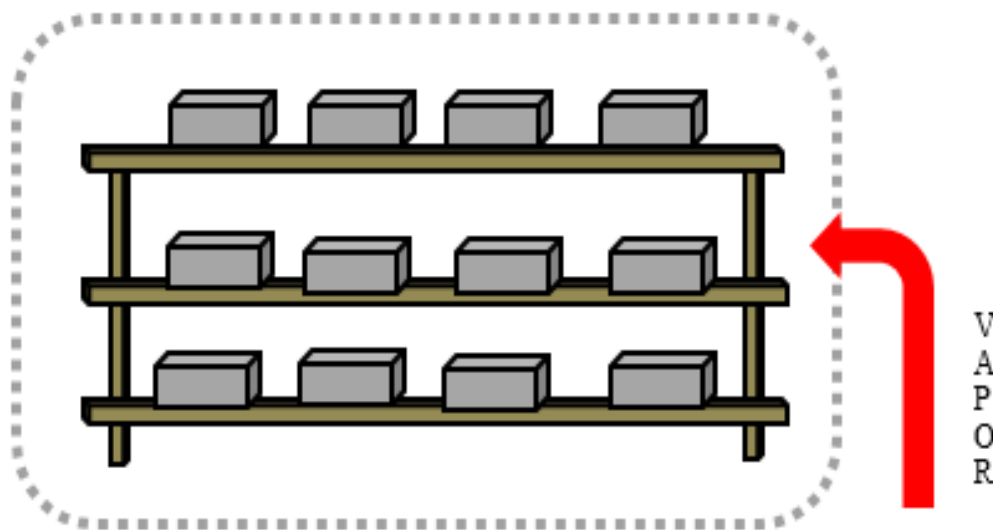
Imagen 43: Determinación de consumo de vapor en adoquines



Fuente: Elaboración propia

En una segunda parte, se pusieron algunos pallets llenos de adoquines, que tenía alrededor de 1m³ de concreto, y de igual manera a través de mangueras se procede con el suministro de vapor durante un periodo de tiempo para poder determinar su consumo.

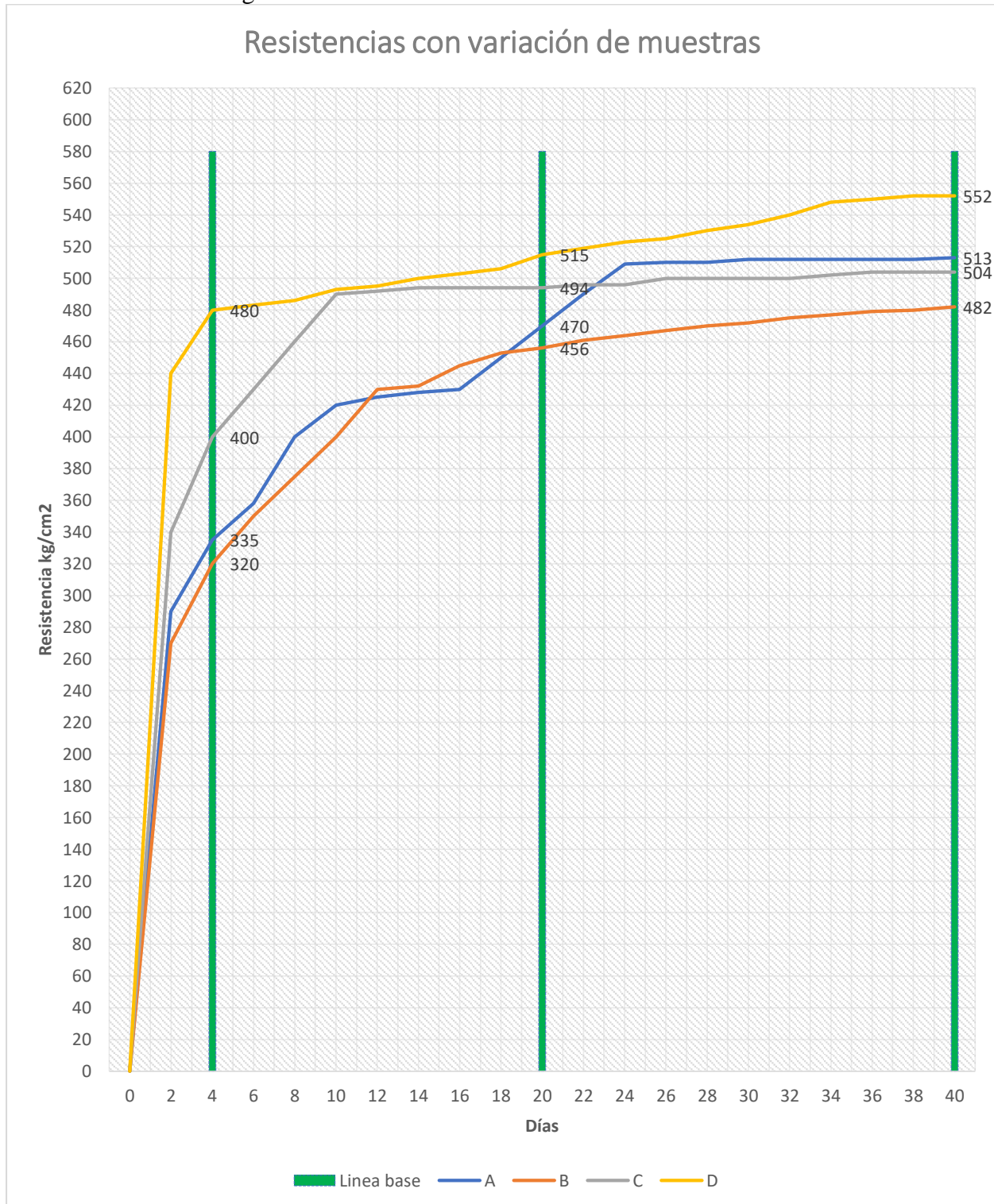
Imagen 44: Prueba de vapor para fraguado de adoquines



Fuente: Elaboración propia

Se obtuvieron los siguientes resultados, plasmados a través de los siguientes datos:

Imagen 45: Curvas de resistencia en base a diferentes curados



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 19: Características de muestras para pruebas de fraguado de adoquines

Muestra	Fecha de vaciado	Condición
A	Fecha de vaciado: 12 de Mayo del 2019	Vapor 2 horas constante
B	Fecha de vaciado: 12 de Mayo del 2019	Sin vapor
C	Fecha de vaciado: 12 de Mayo del 2019	Incremento en cantidad de aditivo del 100%
D	Fecha de vaciado: 12 de Mayo del 2019	Vapor constante por 8 horas

Fuente: Elaboración propia

Estos datos se pueden comprobar a través de la imagen 46, donde se encuentra el certificado emitido por el Laboratorio de Suelos y Concretos de la Universidad Católica Santa María.

Imagen 46: Resultados de pruebas laboratorio para adoquines



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

	CONCRETO. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN ADOQUINES Y BLOQUES DE CONCRETO PARA PAVIMENTOS	NTP 399.611 y 399.604
SOLICITANTE	: CONCRETOS MOLDEADOS S.A.C.	N° DE EXPEDIENTE:
NOMBRE DEL PROYECTO	: CONTROL DE CALIDAD	793-LC-19
UBICACIÓN DEL PROYECTO	: ANEXO SANTA ANA s/N MOLLEBAYA	RESISTENCIA DE DISEÑO
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS	: 31 mayo , 2019	f 'c = 420 kgf/cm²
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO	: 31 mayo , 2019	
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME	: 31 mayo , 2019	
CONDICIÓN DEL MUESTREO	: Por el Cliente	
PÁGINA	: 1 de 1	

ITEM	PROBETA		FECHA		EDAD (días)	AREA (cm ²)	CARGA (kgf)	ESFUERZO DE ROTURA (f 'c)	
	ELEMENTO	CODIGO	VACIADO	ROTURA				(MPa)	(kgf/cm ²)
1	ADOQUIN DE CONCRETO DE 0.20x0.10x08	S/C	8/05/2019	31/05/2019	23	198.7	113782	56.8	578.5
2	ADOQUIN DE CONCRETO DE 0.20x0.10x08	S/C	9/05/2019	31/05/2019	22	198.1	126034	62.9	640.9

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Ing. JUAN MANUEL CHOQUE CALDERÓN
LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
EPIC - FAJCA - CAMPUS PARQUE INDUSTRIAL

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

DR. Ing. ALEJANDRO VÍCTOR HIDALGO VALDIVIA
COORDINADOR DE LOS LABORATORIOS DE
INGENIERÍA CIVIL

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la imagen 46, se obtuvieron resistencias de alrededor de 580 y 650 kgf/cm², las cuales se encuentran muy por encima de los estándares sugeridos por las NTP.

A continuación, podemos observar los consumos que se determinaron para cada uno de los productos:

Tabla 20: Consumo diario de metros cúbicos de concreto

	PRODUCTO	
	POSTES	ADOQUINES
PRODUCCION DIARIA (unid)	25	12500
m³ DE CONCRETO	0.2	0.0016
TOTAL m³ DIARIOS	5	20

*Se debe tener en cuenta que 1 m³ de concreto = 2300 kg

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 21: Consumo de vapor bajo diferentes condiciones

Producto	Condición	Presión	m ³ de concreto	Consumo de vapor (lb/h)	Consumo de vapor (kg/h)
POSTE	BAJO PLASTICO	5.5 bar	1	44	20
ADOQUIN	SALA DE CURADO	5.5 bar	1	33	15

Fuente: Elaboración Propia

Estos datos que nos ha brindado la empresa puede ser comprobados a través de los valores brindados por una empresa especialista en vapor, y líder a nivel mundial en la fabricación de calderas industriales llamada ARALSAN a través de sus tablas de cálculo de Consumo de Vapor.

Anexo 5.

CAPÍTULO VI

6. INGENIERÍA DEL PROYECTO

Para poder tener una mejor idea de todo el proceso productivo de los productos que son objeto de estudio dentro del presente proyecto, vamos a observar los diagramas de análisis del proceso tanto para postes como para adoquines.

6.1 DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESOS PRODUCTIVOS

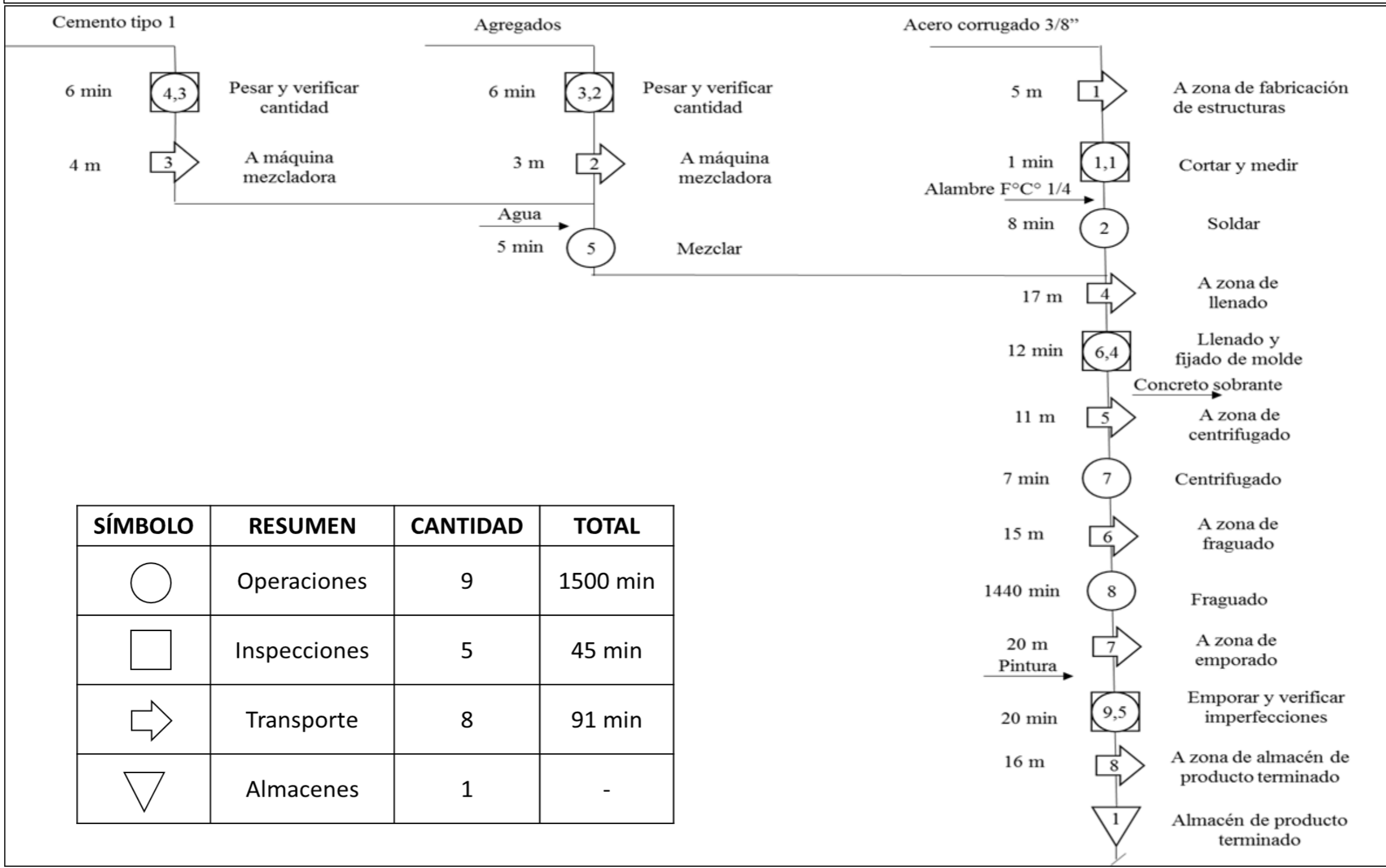
Primero observaremos en la imagen 48, el diagrama de Postes donde se puede apreciar que ingresan gran cantidad de elementos, aparte de la mezcla de concreto presente en todos sus productos, el poste contiene una armadura de acero corrugado el cual le brinda un tipo de “columna vertebral” en su interior, esta armadura debe ser colocada de manera precisa al momento de llevar a cabo ciertos procesos puesto que cualquier desviación en su interior provocará que se empiece a perder resistencia desde el momento de la fabricación.

Dentro de los procesos productivos evaluaremos la presencia del vapor para poder determinar los principales cambios que tendrían lugar si se incluye este elemento dentro del proceso de fraguado de los prefabricados de concreto.

Imagen 47: Diagrama de análisis de proceso de la fabricación de postes sin vapor

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO

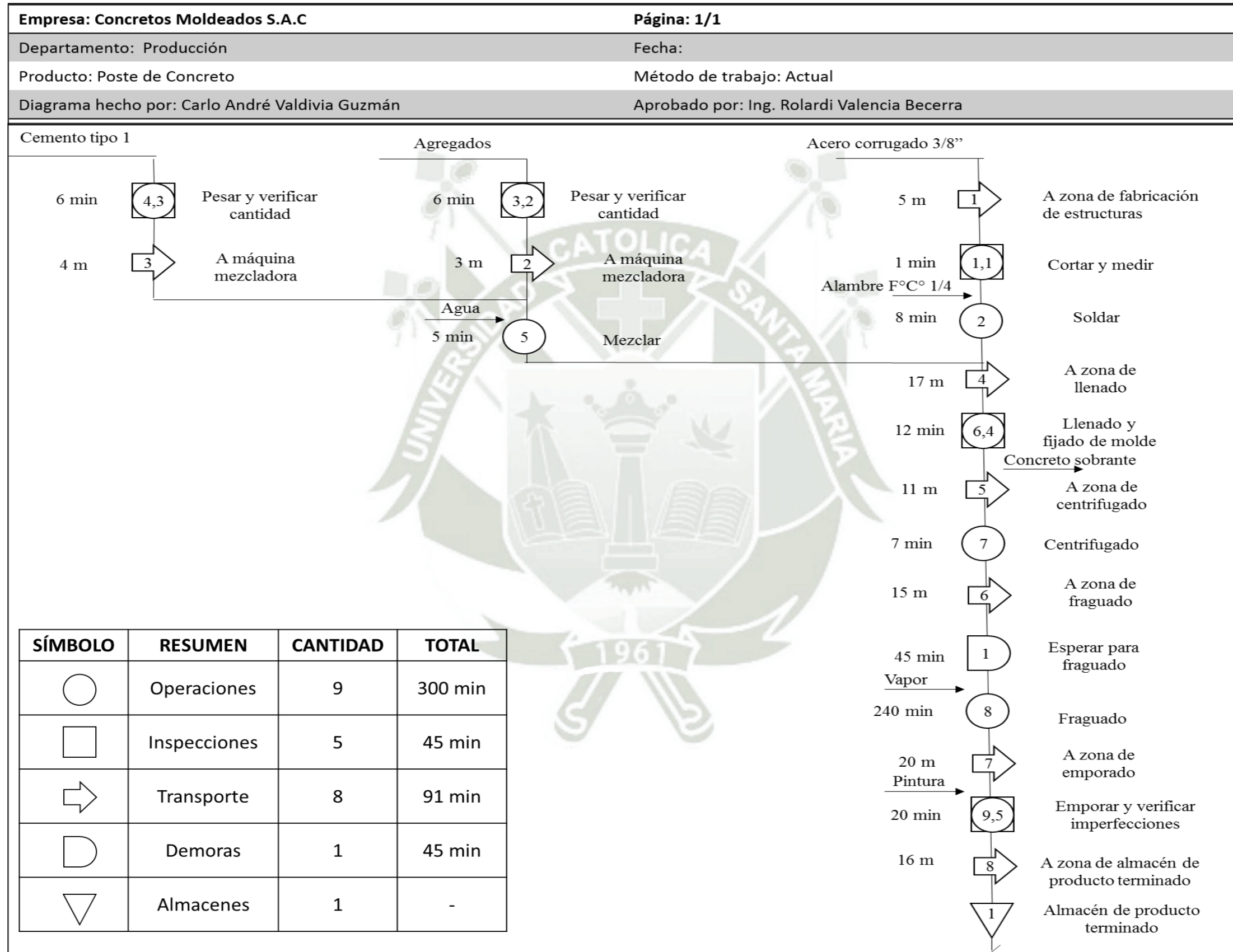
Empresa: Concretos Moldeados S.A.C	Página: 1/1
Departamento: Producción	Fecha:
Producto: Poste de Concreto	Método de trabajo: Actual
Diagrama hecho por: Carlo André Valdivia Guzmán	Aprobado por: Ing. Rolardi Valencia Becerra



Fuente: Elaboración Propia

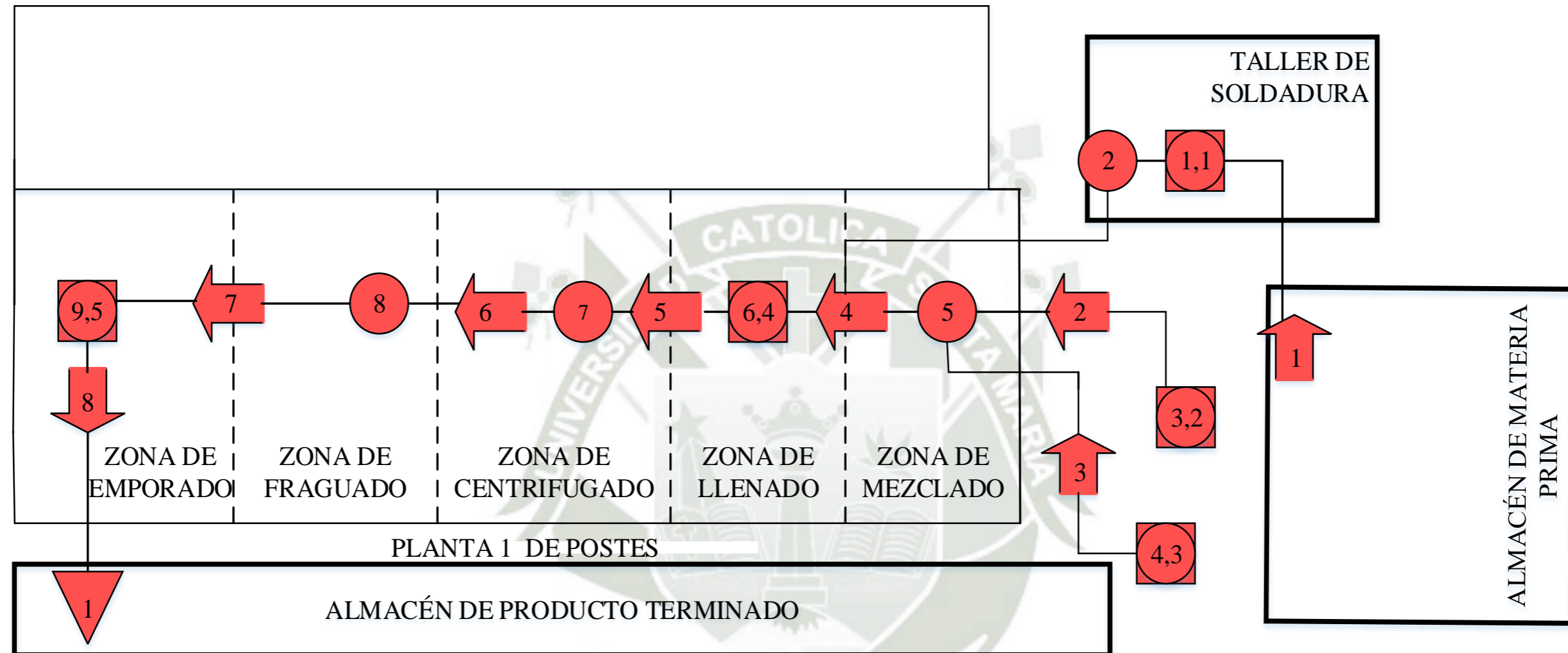
Imagen 48: Diagrama de análisis de proceso de la fabricación de postes con vapor

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO



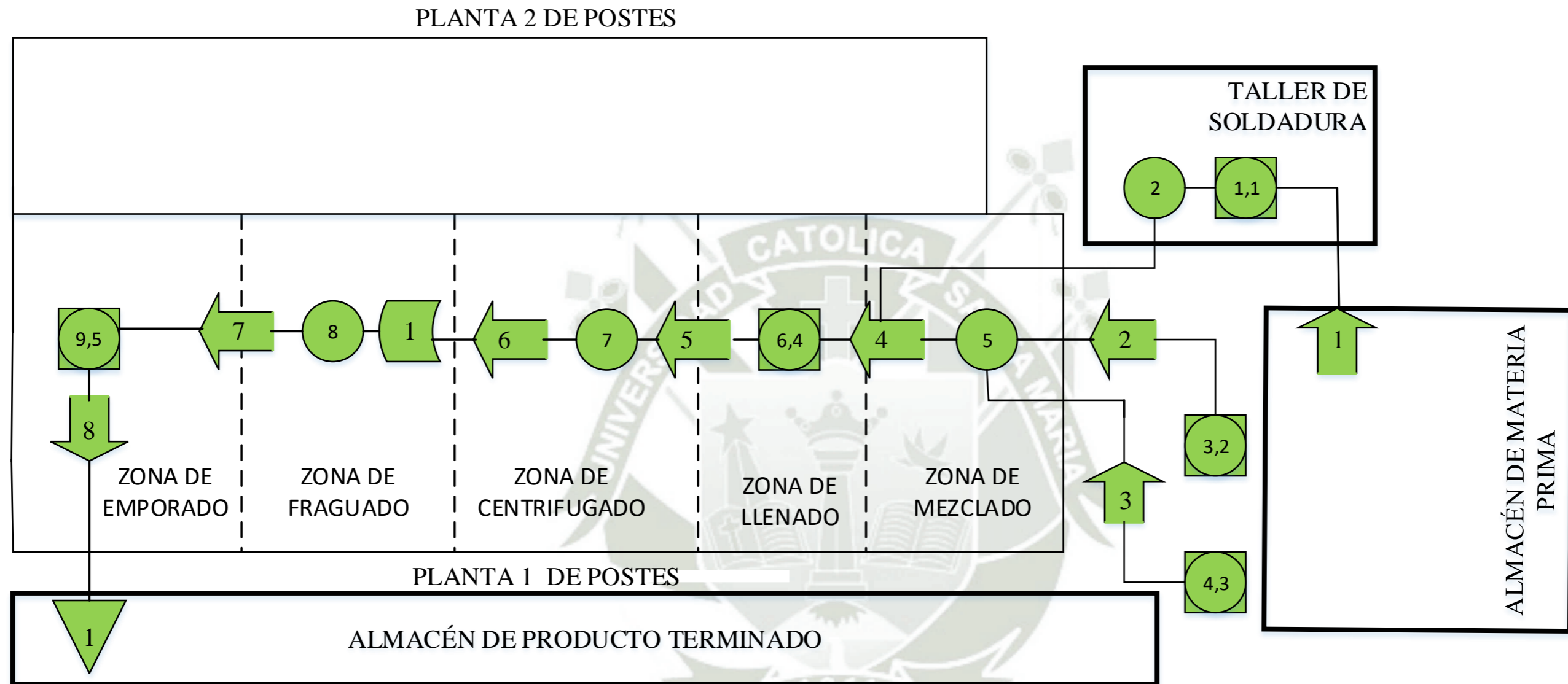
Fuente: Elaboración Propia

Imagen 49: Diagrama de Reconido para producción de Postes sin vapor



Fuente: Elaboración Propia

Imagen 50: Diagrama de Recorrido para producción de Postes con vapor



Fuente: Elaboración propia

Comentario:

Como podemos observar a través de los diagramas presentados líneas arriba, el proceso de fabricación no sufre modificaciones en cuanto a la secuencia y pasos de fabricación desde la entrada de la materia prima hasta la obtención de concreto moldeado en forma de adoquín o postes, sin embargo, en cuanto a tiempos si podemos ver una gran reducción dentro de todo el ciclo productivo de ambos productos.

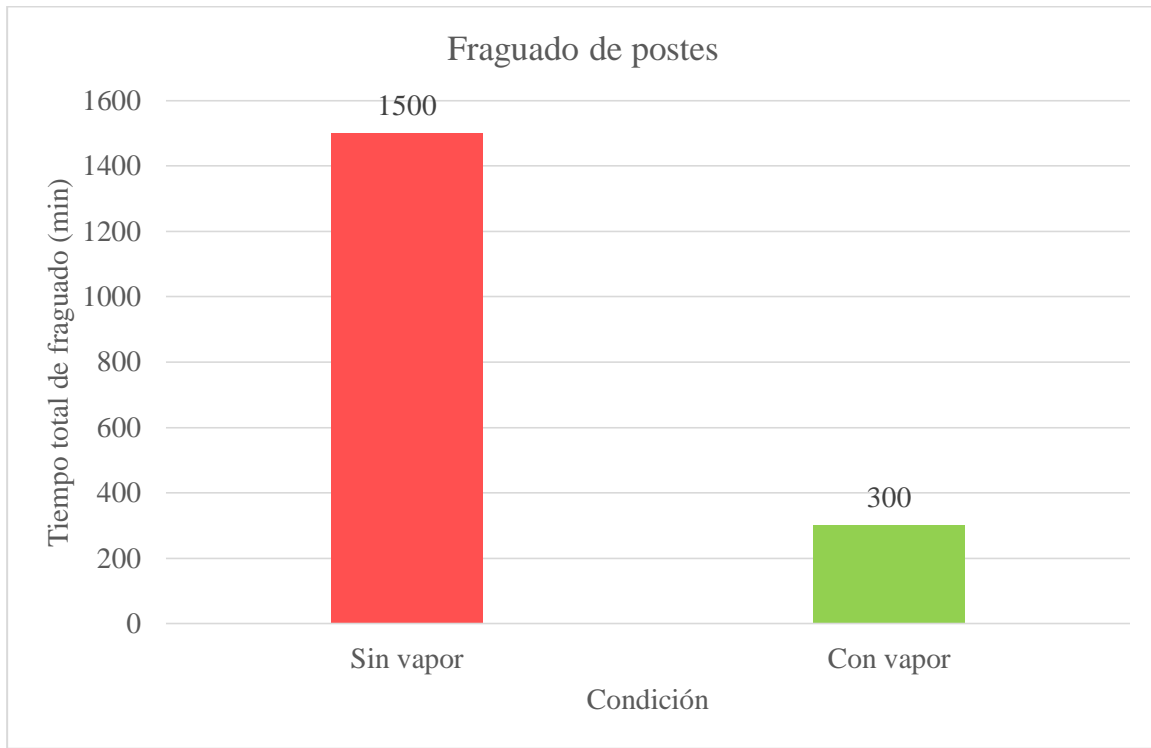
Para ambos casos se incluye una demora antes del proceso de fraguado, que tiene una duración de 45 minutos, esto se debe a que en caso el vapor sea introduzca de forma muy rápida y no gradual, provocaría que la reacción del cemento con el agua y agregados sea muy explosiva, lo que conlleva a que el producto pueda incluso tener fracturas interiores o deformaciones que generan debilidad en algunas zonas del producto, por lo que en vez de brindarle condiciones para desarrollar todo su potencial, lograríamos disminuir su resistencia final. Es por ello que el ingreso de vapor se realiza de forma gradual y controlada. A continuación, podemos observar las diferencias en cuanto al tiempo total de las operaciones comparando la presencia o ausencia de vapor para postes.

Tabla 22: Beneficios del fraguado con vapor en tiempo adoquines

Producto	Condición	Tiempo total (min)	Diferencia (min)	Variación %
Postes	Sin vapor	1500	1200	80%
	Con vapor	300		

Fuente: Elaboración propia

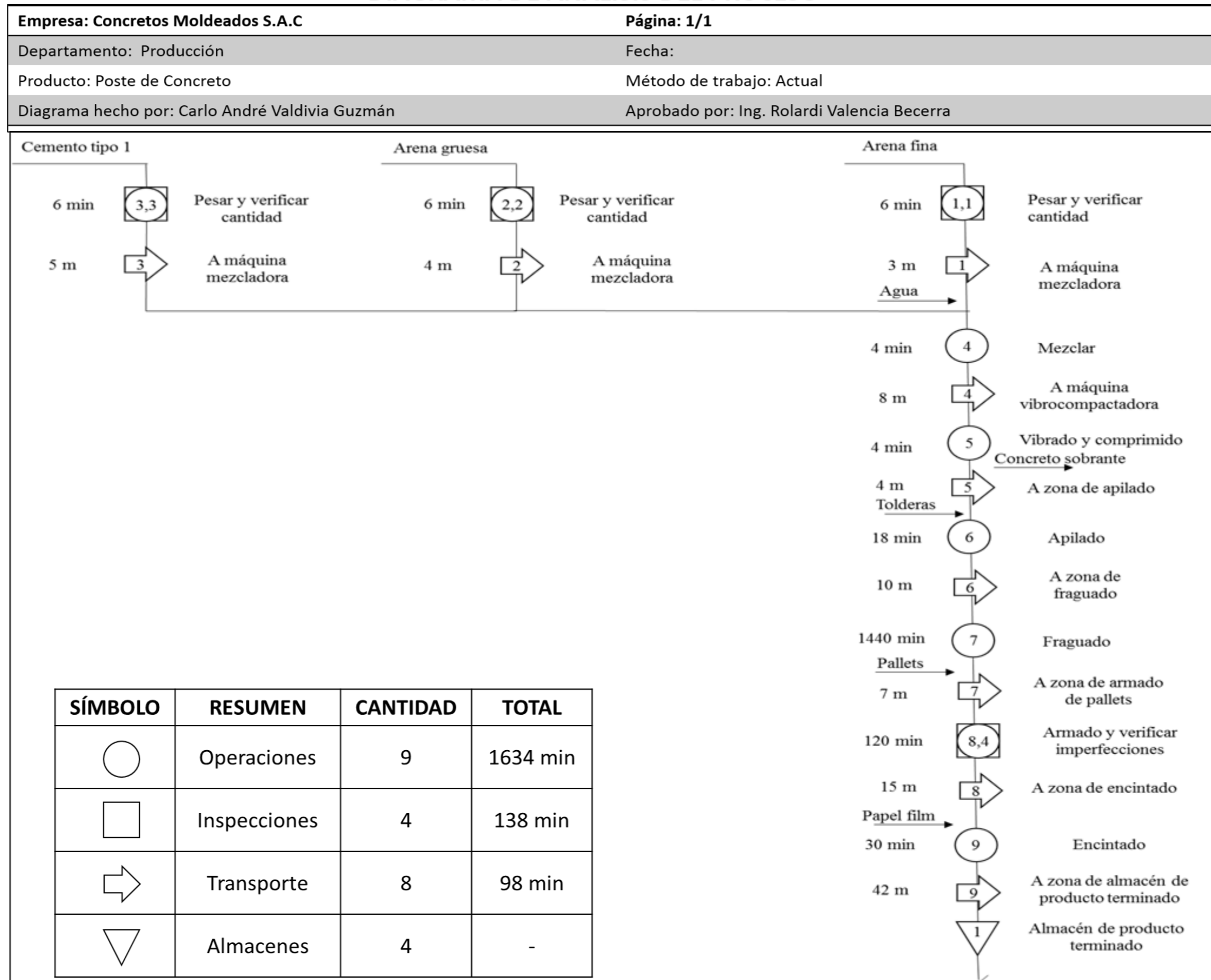
Imagen 51: Beneficios del fraguado con vapor en tiempo postes



Fuente: Elaboración propia

Imagen 52: Diagrama de Análisis de Proceso Adoquines sin vapor

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO

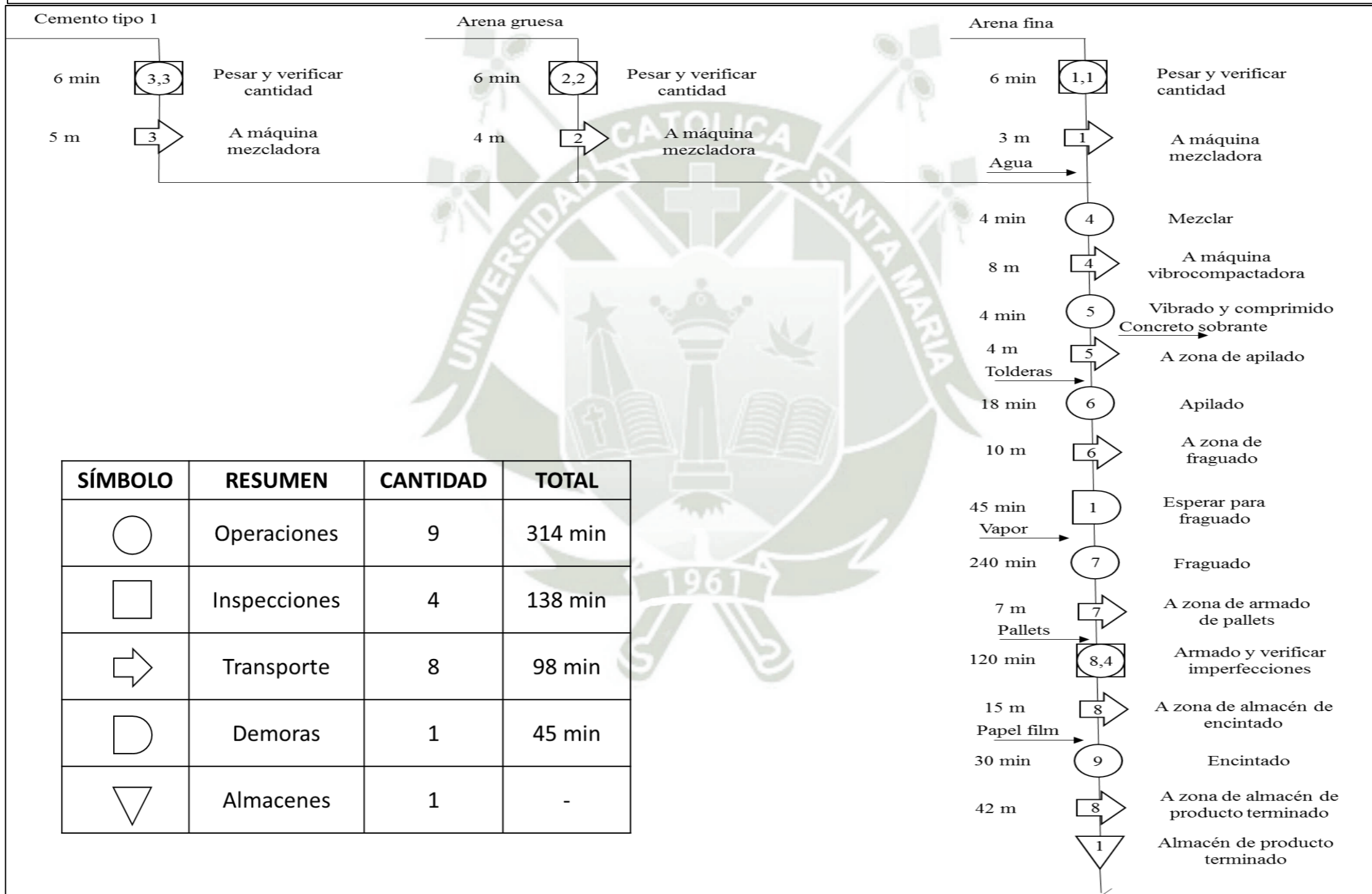


Fuente: Elaboración propia

Imagen 53: Diagrama de Análisis de Proceso Adoquines con vapor

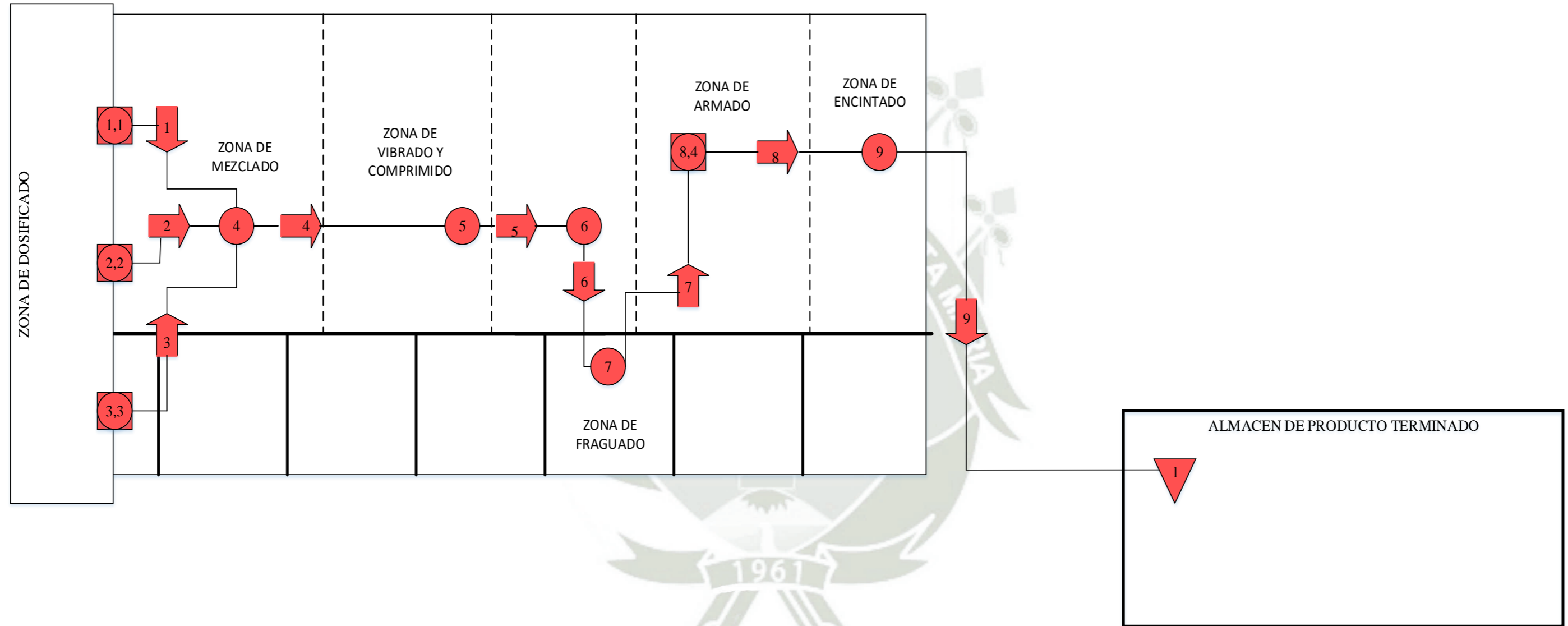
DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO

Empresa: Concretos Moldeados S.A.C	Página: 1/1
Departamento: Producción	Fecha:
Producto: Poste de Concreto	Método de trabajo: Propuesto
Diagrama hecho por: Carlo André Valdivia Guzmán	Aprobado por: Ing. Rolardi Valencia Becerra



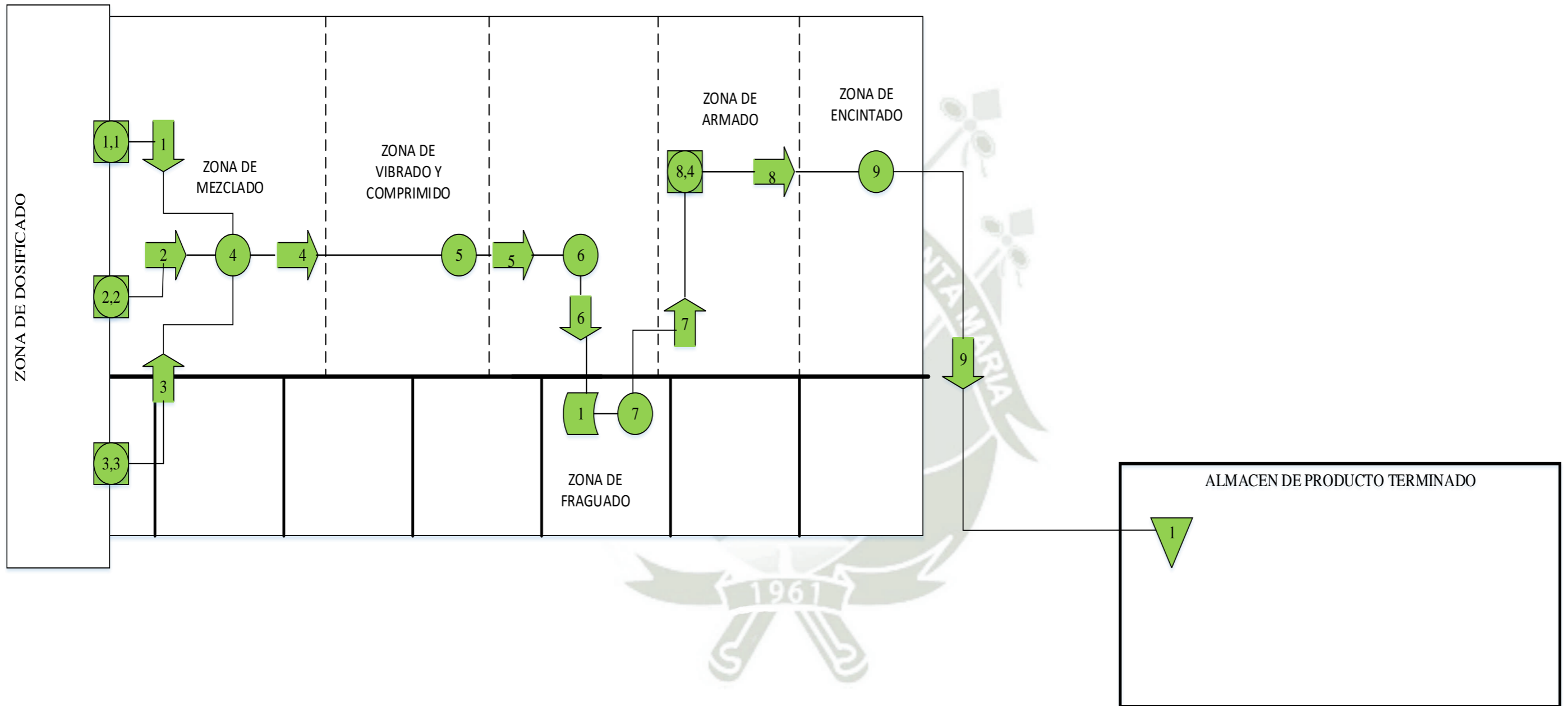
Fuente: Elaboración Propia

Imagen 54: Diagrama de Recorrido para producción de Adoquines sin vapor



Fuente: Elaboración propia

Imagen 55: Diagrama de Recorrido para producción de Adoquines sin vapor



Fuente: Elaboración propia

Comentarios:

Como podemos observar a través de los diagramas presentados líneas arriba, el proceso de fabricación no sufre modificaciones en cuanto a la secuencia y pasos de fabricación desde la entrada de la materia prima hasta la obtención de concreto moldeado en forma de adoquín, sin embargo, en cuanto a tiempos si podemos ver una gran reducción dentro de todo el ciclo productivo del producto.

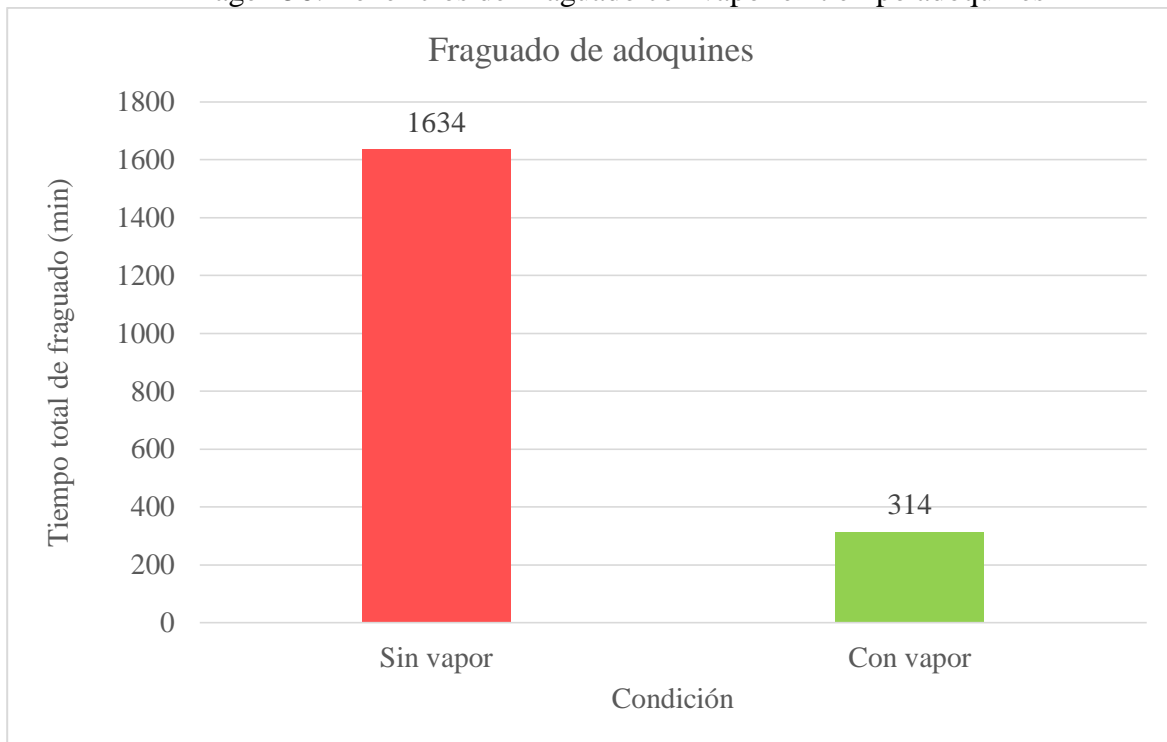
Se incluye una demora antes del proceso de fraguado, que tiene una duración de 45 minutos, esto se debe a que en caso el vapor sea introduzca de forma muy rápida y no gradual, provocaría que la reacción del cemento con el agua y agregados sea muy explosiva, lo que conlleva a que el producto pueda incluso tener fracturas interiores o deformaciones que generan debilidad en algunas zonas del producto, por lo que en vez de brindarle condiciones para desarrollar todo su potencial, lograríamos disminuir su resistencia final. Es por ello que el ingreso de vapor se realiza de forma gradual y controlada. A continuación, podemos observar las diferencias en cuanto al tiempo total de las operaciones comparando la presencia o ausencia de vapor para adoquines.

Tabla 23: Beneficios del fraguado con vapor en tiempo adoquines

Producto	Condición	Tiempo total (min)	Diferencia (min)	Variación %
Adoquines	Sin vapor	1634	1320	81%
	Con vapor	314		

Fuente: Elaboración propia

Imagen 56: Beneficios del fraguado con vapor en tiempo adoquines



Fuente: Elaboración propia

6.2 ANÁLISIS DE BALANCE DE MATERIA DE LOS PROCESOS

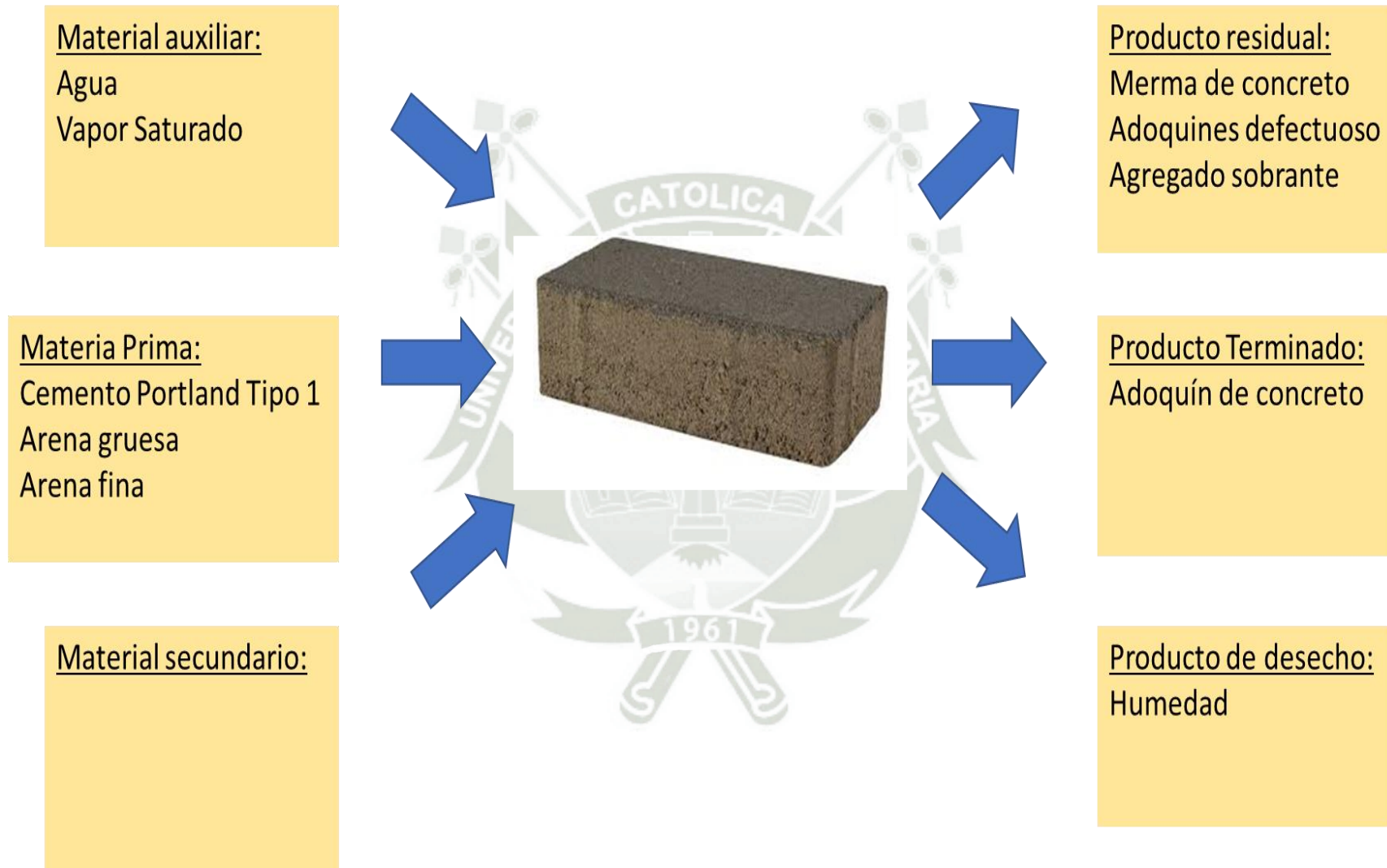
Ahora analizaremos los materiales que ingresan en la producción de ambos productos, para conocer más a detalle todo el proceso productivo de postes y adoquines, para posteriormente realizar la evaluación a través de la matriz general, el layout de cada uno de los procesos, diagramas de bloques y flujo así también como relación de máquinas y equipos presentes en ambos procesos productivos, a través de las imágenes presentadas a continuación:

Imagen 57: Materiales que ingresan y salen del proceso de adoquines sin vapor



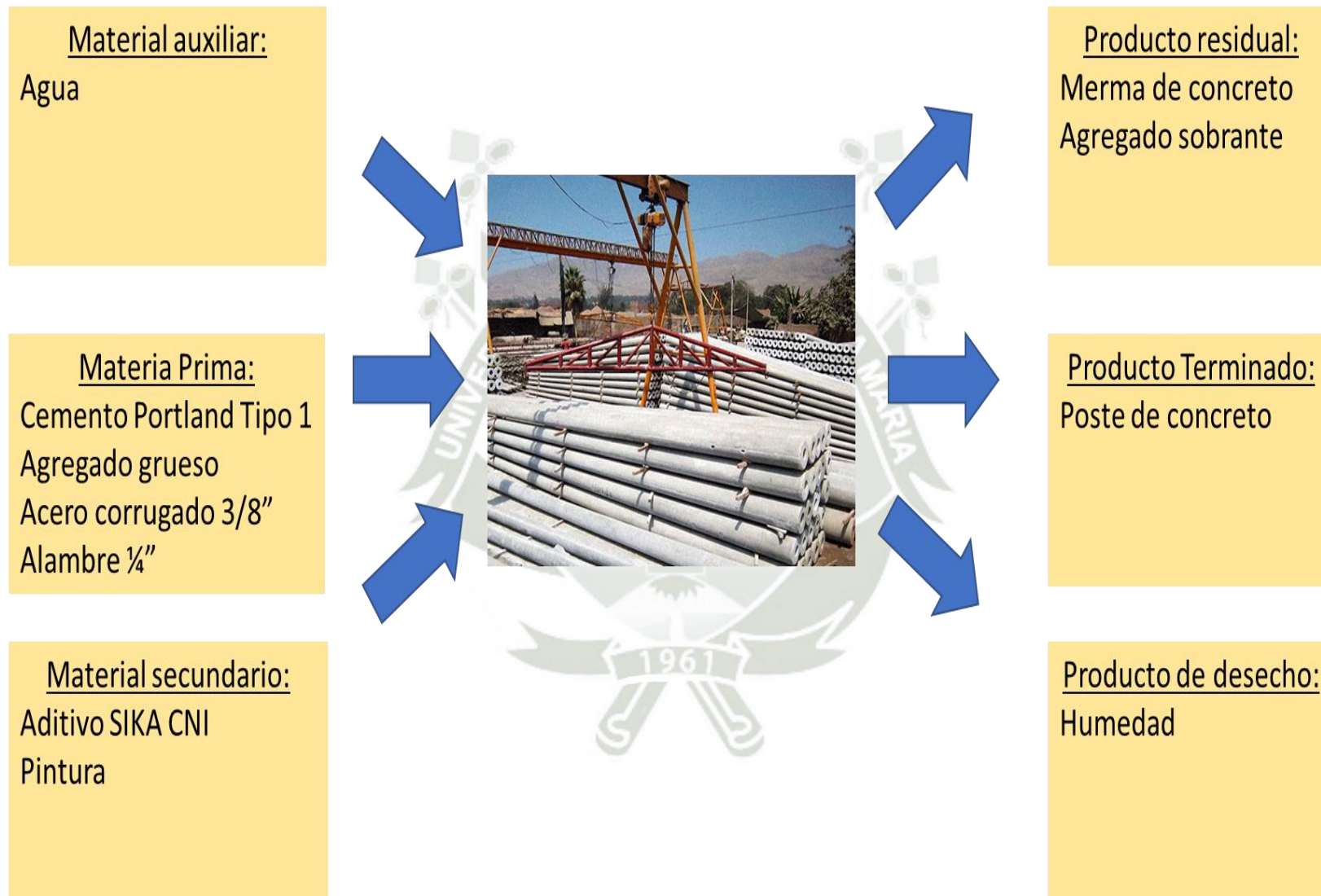
Fuente: Elaboración propia

Imagen 58: Materiales que ingresan y salen del proceso adoquines con vapor



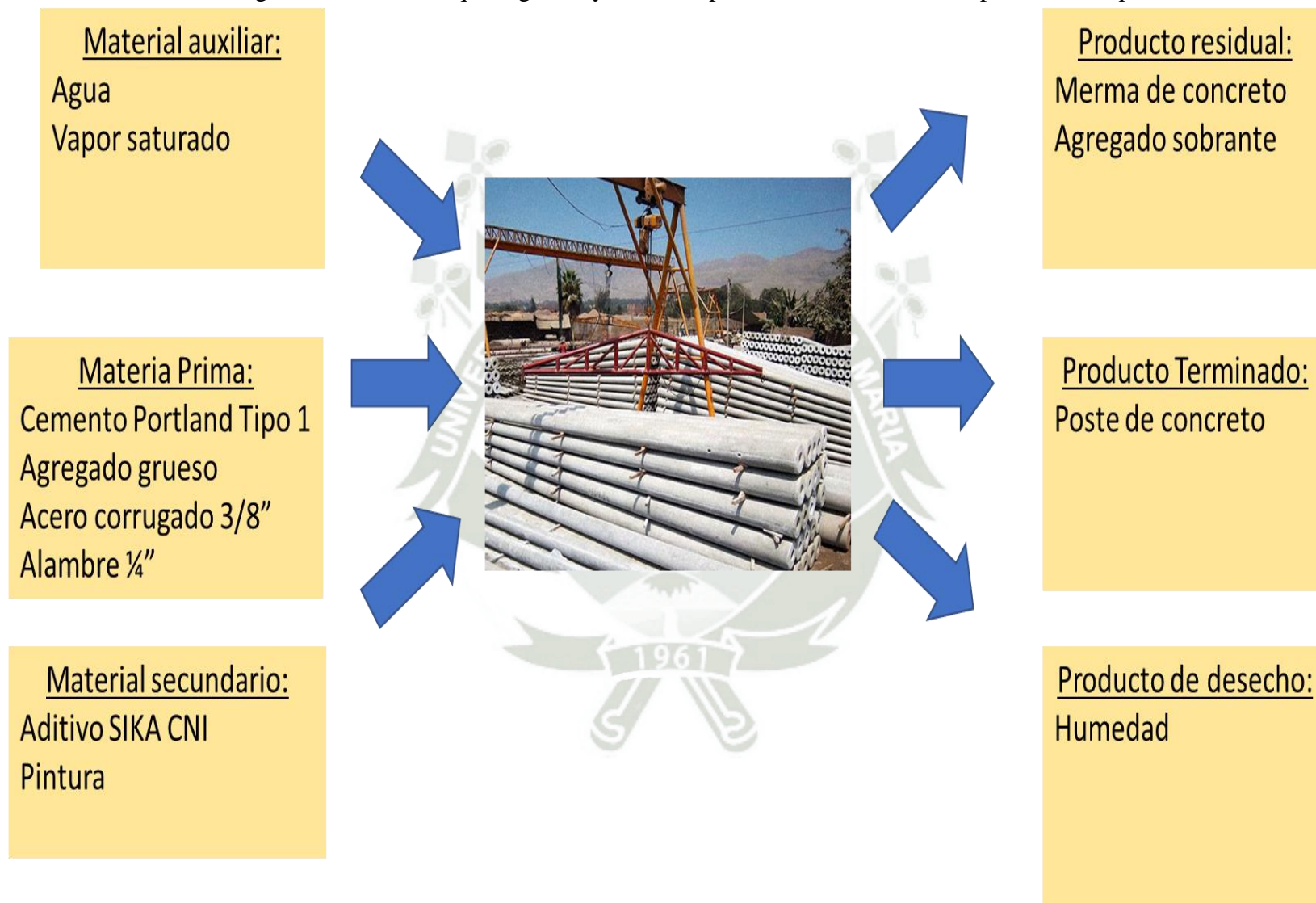
Fuente: Elaboración propia

Imagen 59: Materiales que ingresan y salen del proceso de fabricación de postes sin vapor



Fuente: Elaboración propia

Imagen 60: Materiales que ingresan y salen del proceso de fabricación de postes con vapor



Fuente: Elaboración propia

Tabla 24: Matriz General de Producción de Postes sin vapor

ITEM	PROCESO	MERMA (kg/hr)	PARCIAL 1 (kg/hr)	AUMENTO (kg/hr)	PARCIAL 2 (kg/hr)	TOTAL (kg/hr)
1	RECEPCIÓN	0.7	265	-	-	265
2	MEZCLADO	-	-	1160	1425	1425
3	LLENADO	-	-	125	1550	1550
4	CENTRIFUGADO	-	1550	-	-	1550
5	ESTABILIZADO	-	1550	-	-	1550
6	FRAGUADO	-	1550	-	-	1550
7	EMPORADO	-	-	2.5	1552.5	1552.5

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 25: Matriz General de Producción de Postes con vapor

ITEM	PROCESO	MERMA (kg/hr)	PARCIAL 1 (kg/hr)	AUMENTO (kg/hr)	PARCIAL 2 (kg/hr)	TOTAL (kg/hr)
1	RECEPCIÓN	0.7	265	-	-	265
2	MEZCLADO	-	-	1160	1425	1425
3	LLENADO	-	-	125	1550	1550
4	CENTRIFUGADO	-	1550	-	-	1550
5	ESTABILIZADO	-	1550	-	-	1550
6	FRAGUADO	-	-	100	1650	1650
7	EMPORADO	-	-	2.5	1652.5	1652.5

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 26: Matriz General de Producción de Aduques sin vapor

ITEM	PROCESO	MERMA (kg/hr)	PARCIAL 1 (kg/hr)	AUMENTO (kg/hr)	PARCIAL 2 (kg/hr)	TOTAL (kg/hr)
1	RECEPCIÓN	0.7	1065	-	-	1065
2	MEZCLADO	-	-	4744	5809	5809
3	VIBRADO Y COMPRIMIDO	5	5804	-	-	5804
4	APILADO	-	5804	-	-	5804
5	FRAGUADO	-	5804	-	-	5804
6	ARMADO	37.5	5766.5	-	-	5766.5
7	ENCINTADO	-	5766.5	-	-	5766.5

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 27: Matriz General de Producción de Adoquines con vapor

ITEM	PROCESO	MERMA (kg/hr)	PARCIAL 1 (kg/hr)	AUMENTO (kg/hr)	PARCIAL 2 (kg/hr)	TOTAL (kg/hr)
1	RECEPCIÓN	0.7	1065	-	-	1065
2	MEZCLADO	-	-	4744	5809	5809
3	VIBRADO Y COMPRIMIDO	5	5804	-	-	5804
4	APILADO	-	5804	-	-	5804
5	FRAGUADO	-	-	300	6104	6104
6	ARMADO	37.5	6066.5	-	-	6066.5
7	ENCINTADO	-	6066.5	-	-	6066.5

Fuente: Elaboración Propia

Comentarios:

Podemos observar que, ante la presencia del vapor, como lo sugiere el nombre se incluye un componente más dentro del proceso productivo tanto de adoquines como de postes, posteriormente vamos a poder observar con mayor detalle este consumo para cada uno de los productos que se han seleccionado para el proyecto.

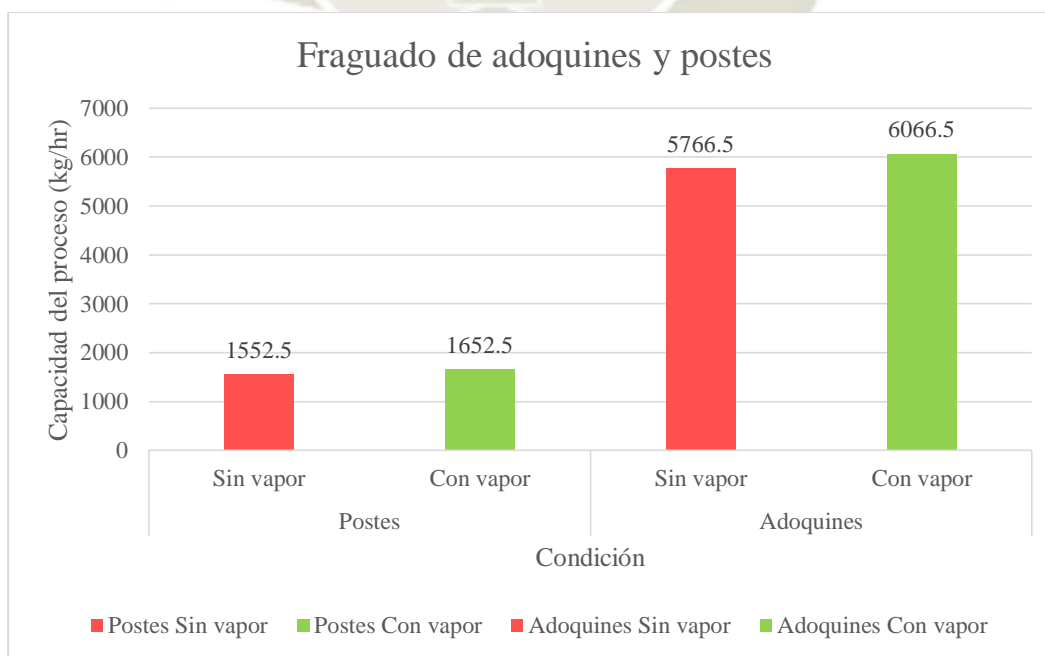
A continuación, podemos ver con mayor detalle, el total de vapor que se incluye en ambos procesos, así como su influencia en el crecimiento total de la capacidad del proceso.

Tabla 28: Diferencias de capacidad del proceso con presencia de vapor

Producto	Condición	Total (kg/hr)	Diferencia (kg/hr)	Variación %
Postes	Sin vapor	1552.5	100	6%
	Con vapor	1652.5		
Adoquines	Sin vapor	5766.5	300	5%
	Con vapor	6066.5		

Fuente: Elaboración propia

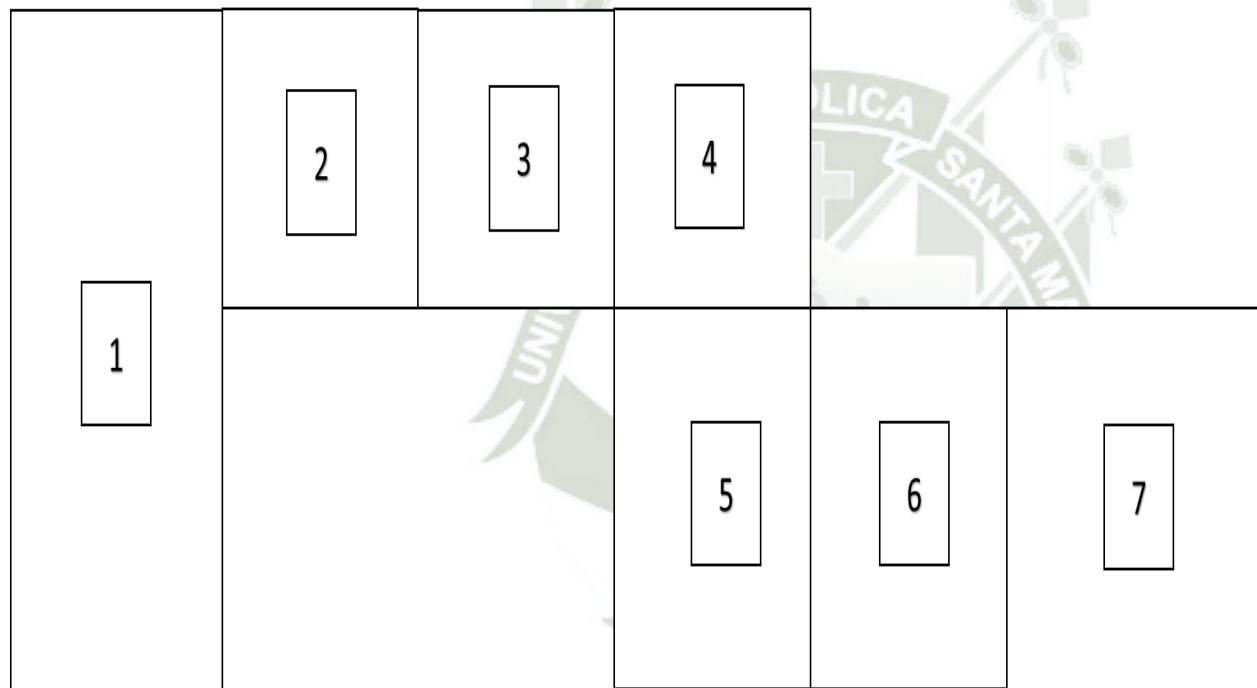
Imagen 61: Diferencias de capacidad del proceso con presencia de vapor



Fuente: Elaboración propia

Imagen 62: Layout de Producción de Postes

PLANO LAYOUT



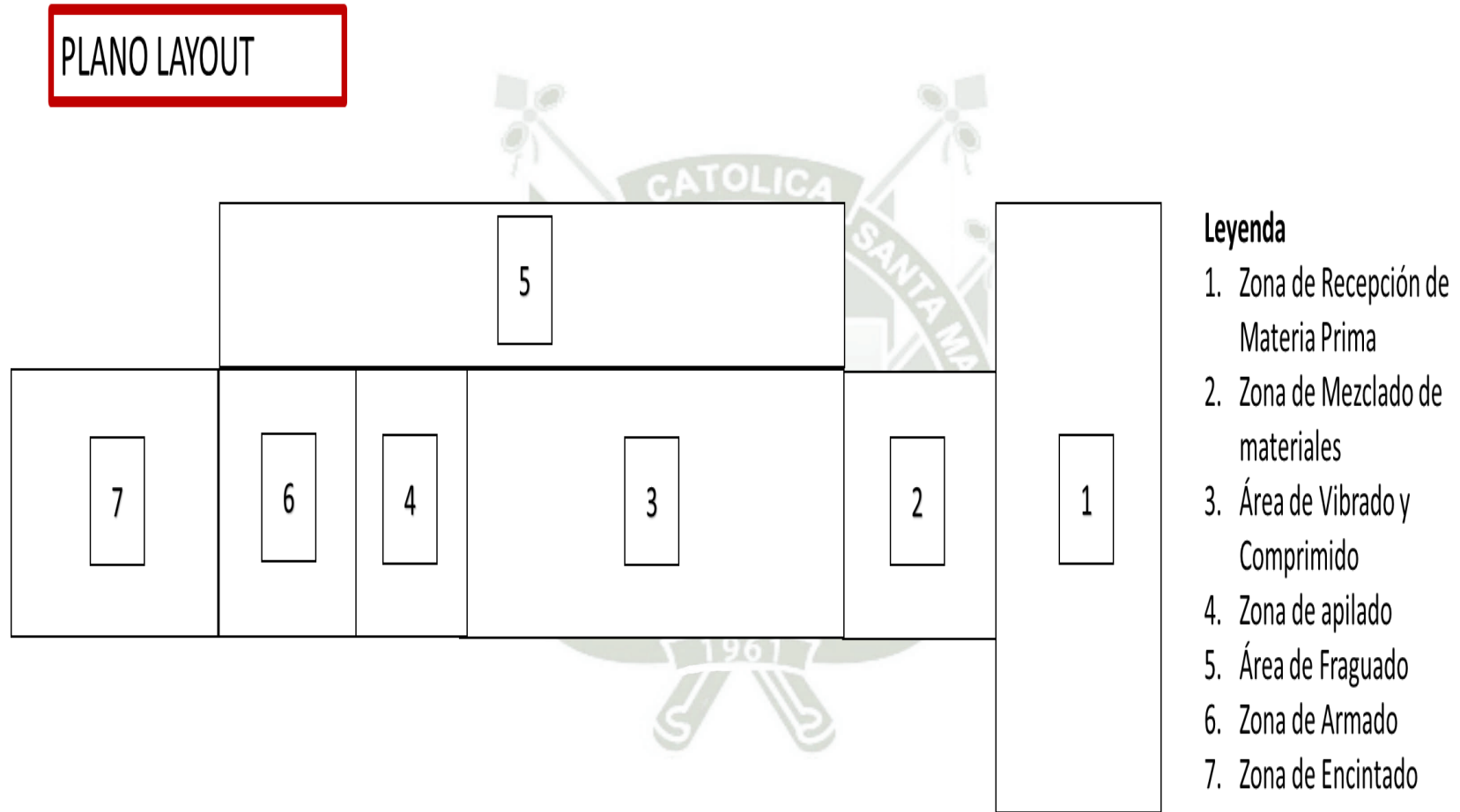
Leyenda

1. Zona de Recepción de Materia Prima
2. Zona de Mezclado de materiales
3. Zona de llenado de moldes
4. Zona de centrifugado de postes
5. Zona de estabilización
6. Área de Fraguado
7. Zona de Emporado

* La secuencia del proceso esta de acuerdo a la numeración

Fuente: Elaboración Propia

Imagen 63: Layout de Producción de Adoquines



* La secuencia del proceso esta de acuerdo a la numeración

Fuente: Elaboración Propia

Imagen 64: Proceso de Elaboración de Postes



Fuente: Elaboración propia

Imagen 65: Proceso de elaboración de adoquines



RECEPCIÓN



MEZCLADO



VIBRADO Y
COMPRIMIDO

ADOQUÍN DE CONCRETO

Proceso de Elaboración



APILADO



ENCINTADO



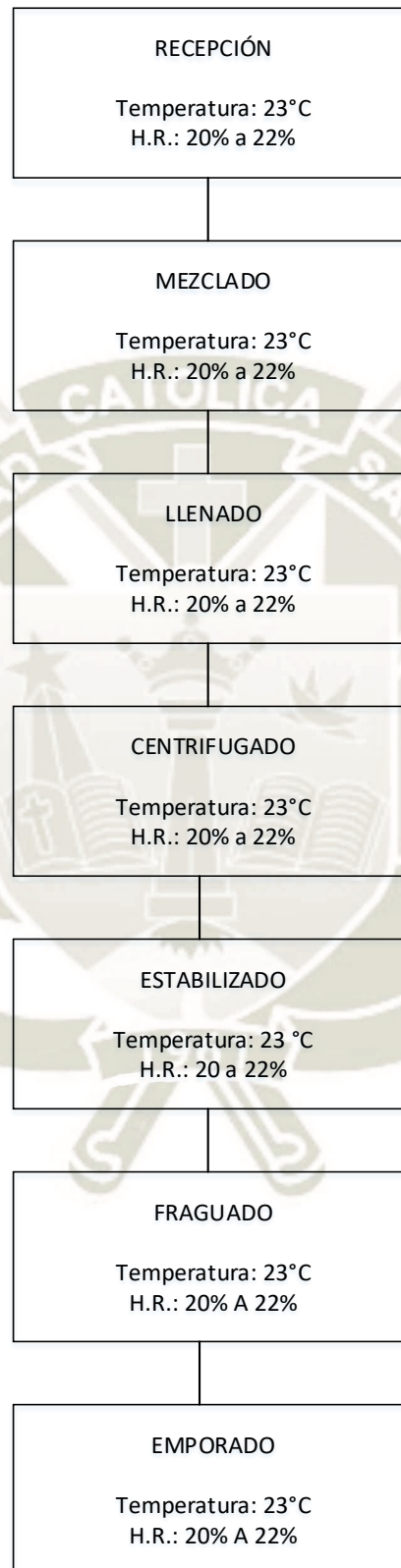
ARMADO



FRAGUADO

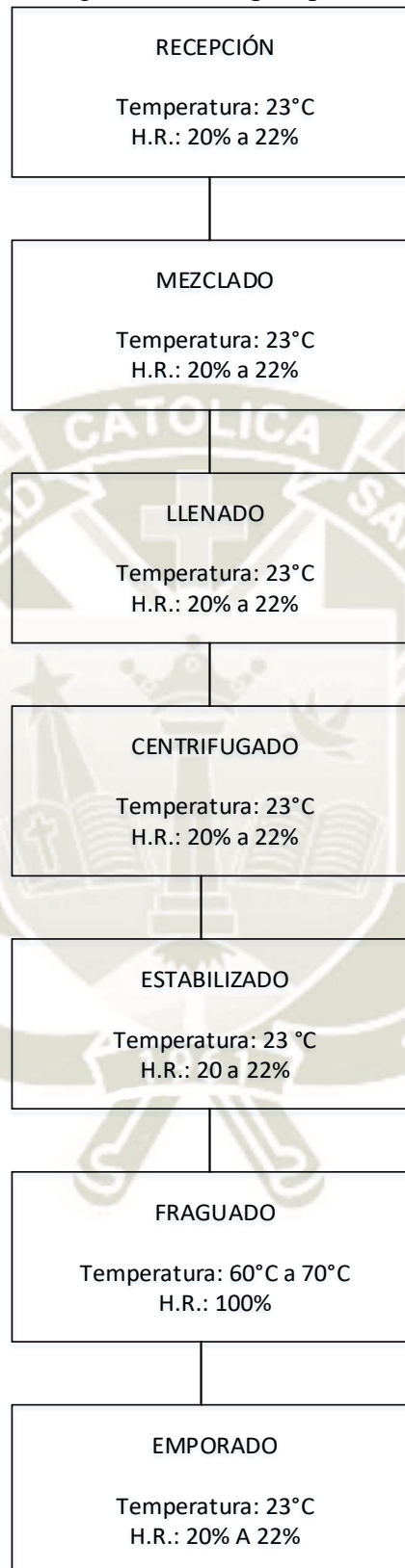
Fuente: Elaboración propia

Imagen 66: Diagrama de Bloques para Postes sin vapor



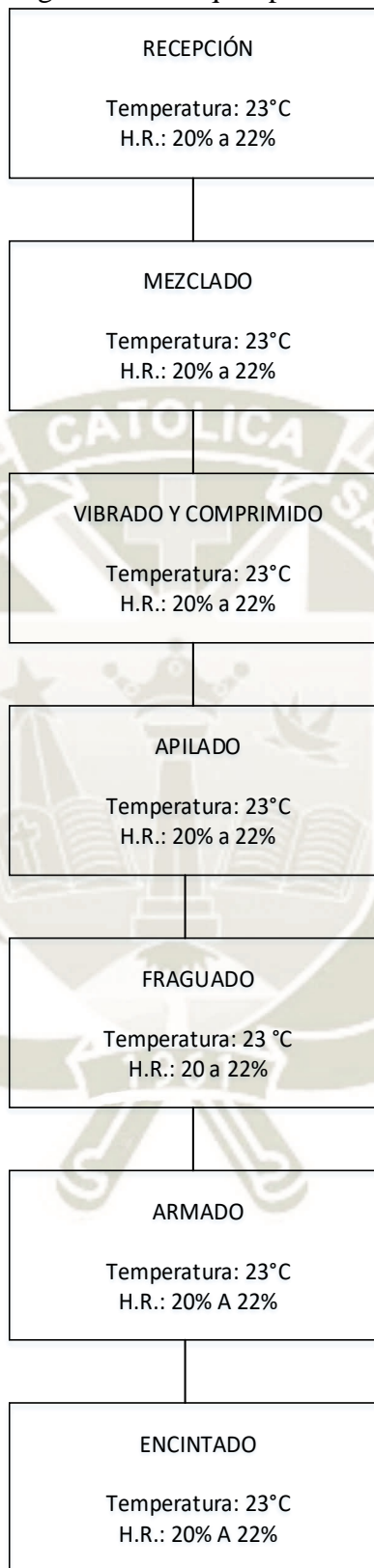
Fuente: Elaboración propia

Imagen 67: Diagrama de Bloques para Postes con vapor



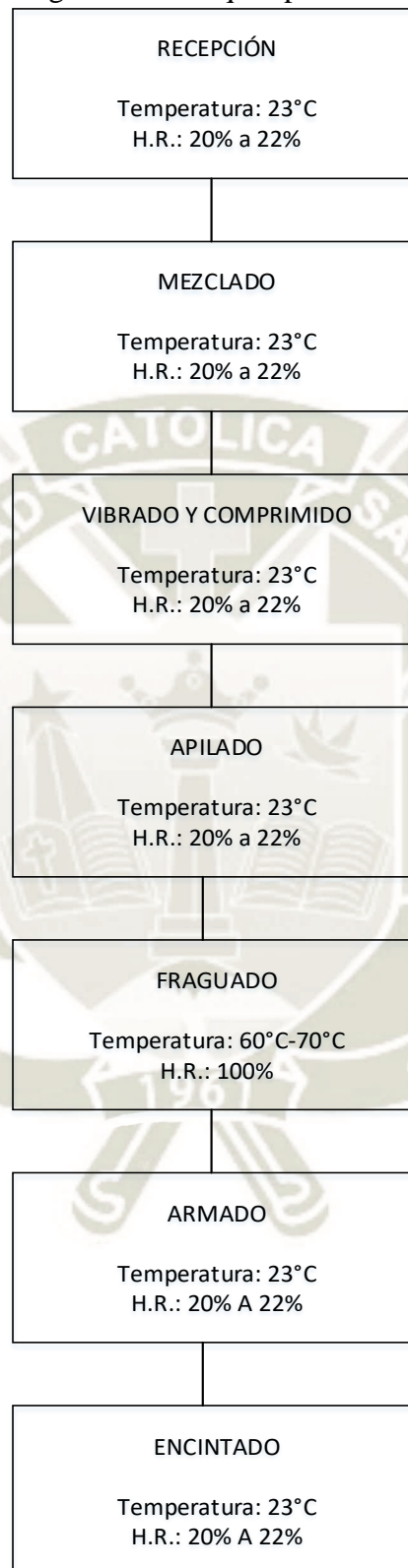
Fuente: Elaboración propia

Imagen 68: Diagrama de Bloques para Adoquines sin vapor



Fuente: Elaboración propia

Imagen 69: Diagrama de Bloques para Adoquines con vapor



Fuente: Elaboración propia

Comentarios:

Como se puede observar en ambos procesos, con la presencia o ausencia de vapor, la mayoría de los procesos no sufren modificaciones en lo relacionado con la Temperatura ni la Humedad Relativa que manejan y que son condiciones donde Concreto Moldeados S.A.C, por lo general desempeña sus procesos productivos.

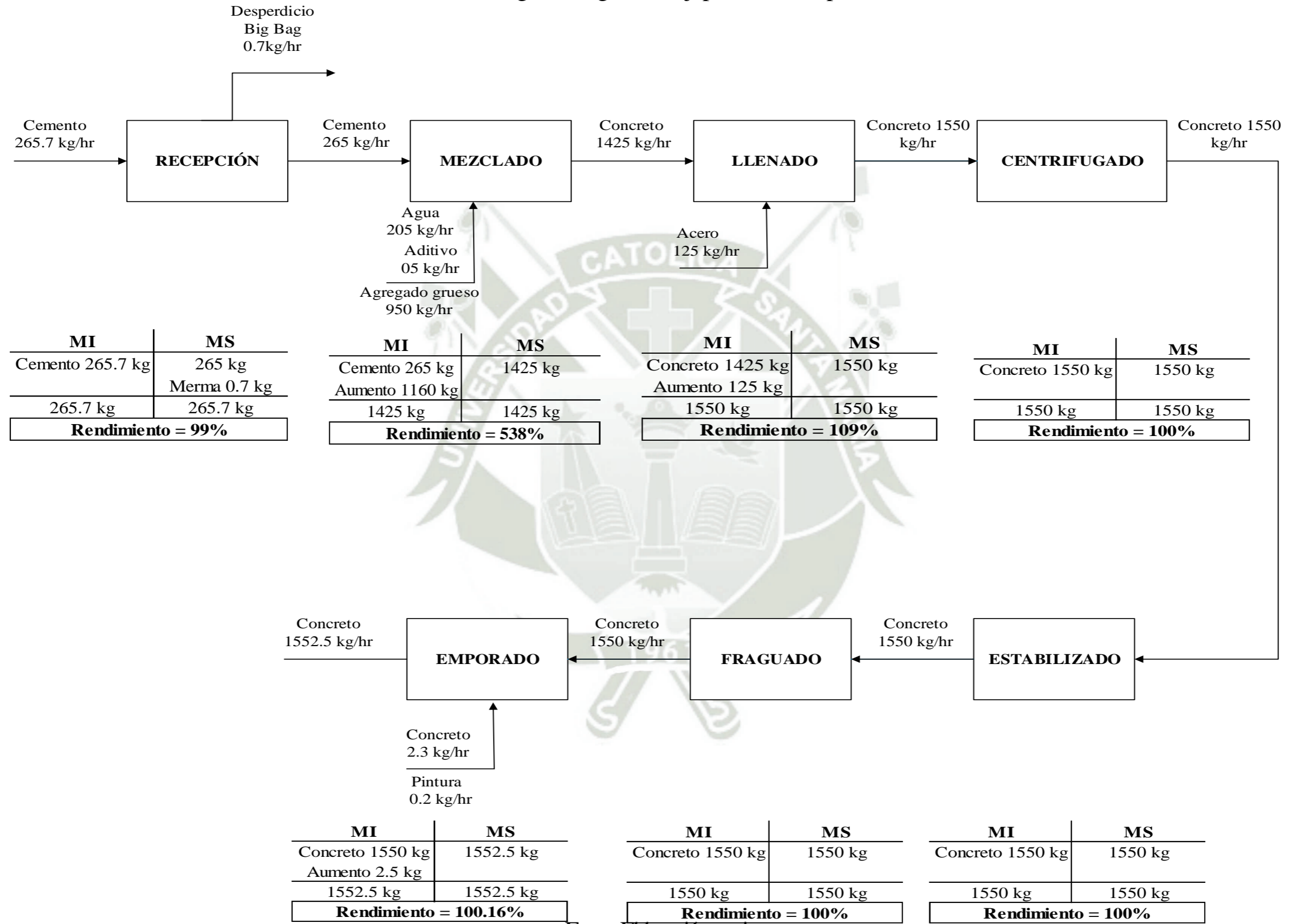
En el único proceso donde se puede evidencia un radical cambio es en el proceso de Fraguado, donde pasamos de encontrar un proceso expuestos totalmente a las condiciones ambientales, a tener un insumo que transformará las condiciones de este; como es el vapor; es por ello que resaltan los siguientes cambios:

Imagen 70: Diagrama de Bloques con influencia de vapor

FRAGUADO		
Condición	H.R.	T°
SIN VAPOR	20%-22%	23°C
CON VAPOR	100%	60°C-70°C
Diferencia	78%-80%	37°C-47°C

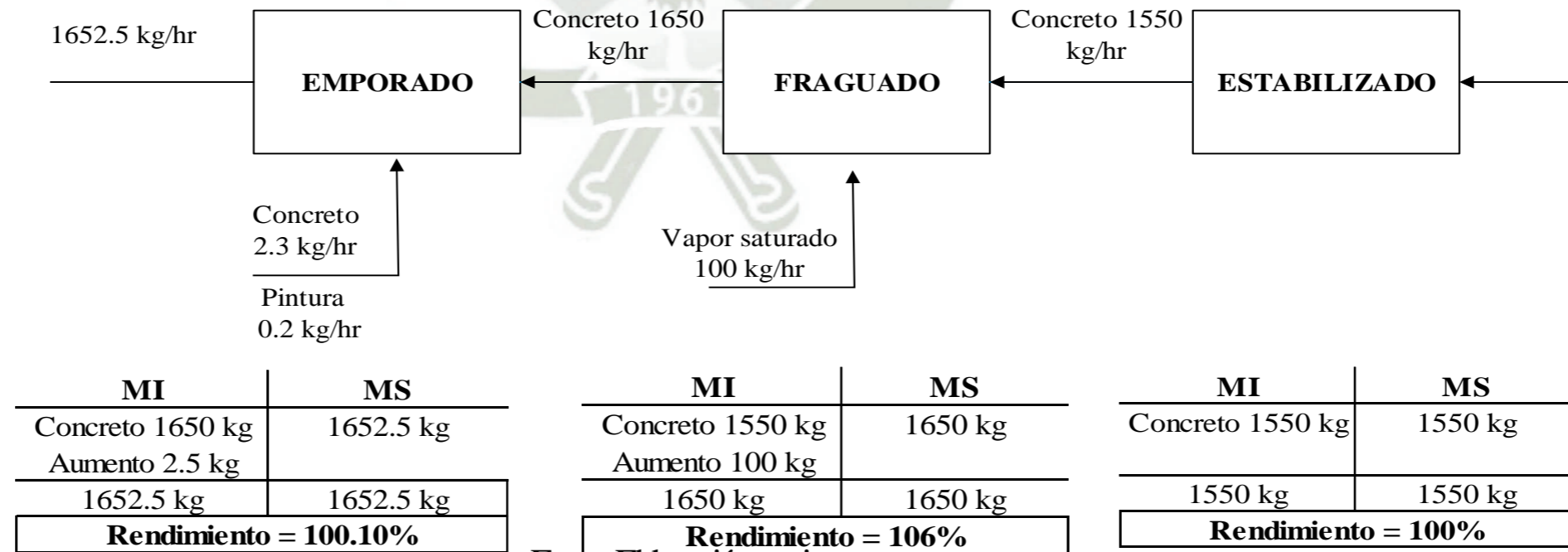
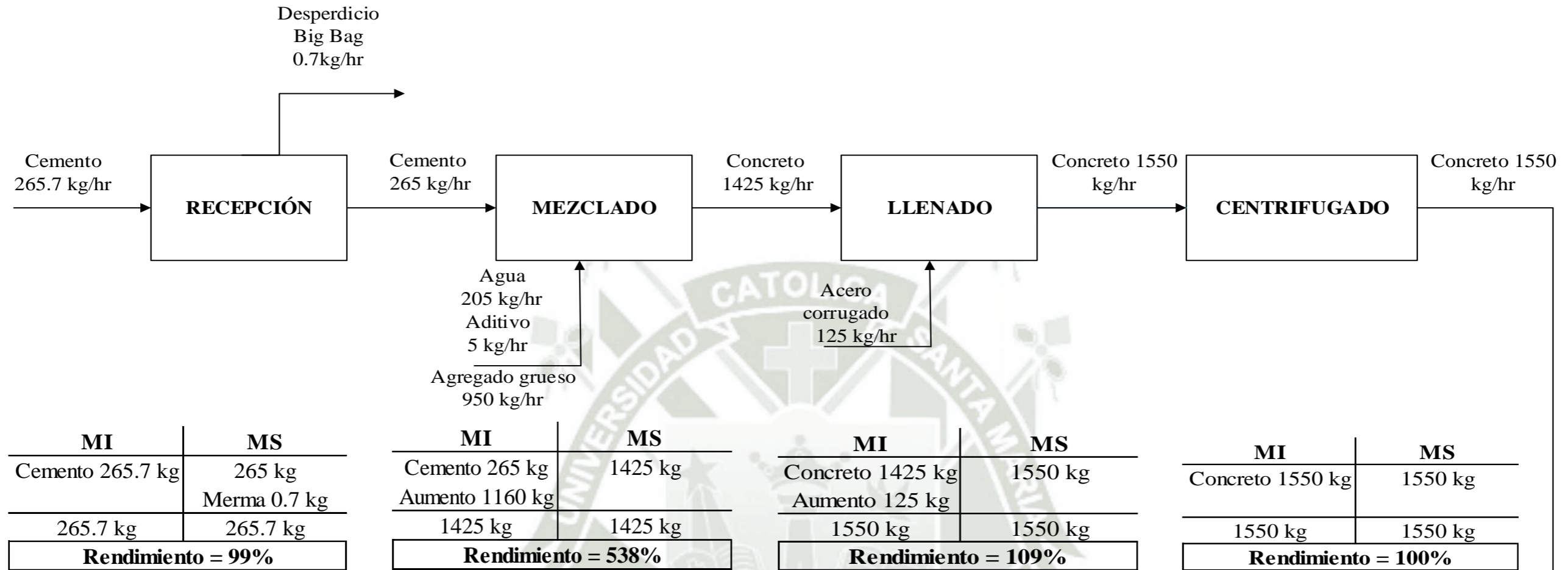
Fuente: Elaboración propia

Imagen 71: Diagrama de flujo para Postes sin vapor



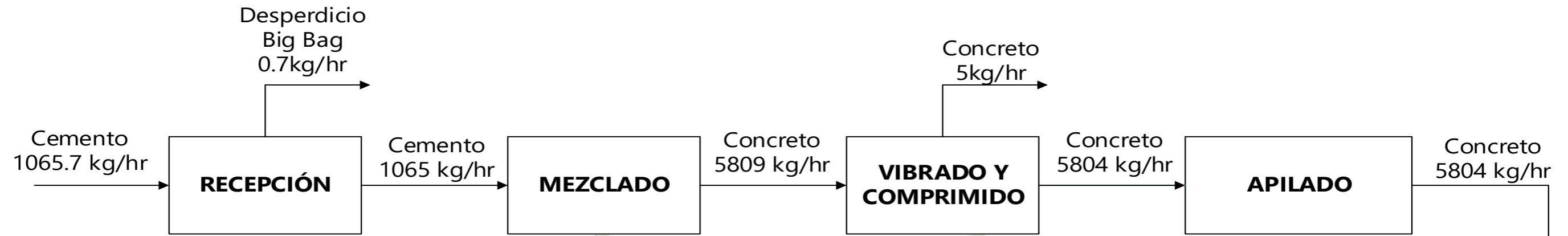
Fuente: Elaboración propia

Imagen 72: Diagrama de flujo para Postes con vapor



Fuente: Elaboración propia

Imagen 73: Diagrama de flujo para Adoquines sin vapor

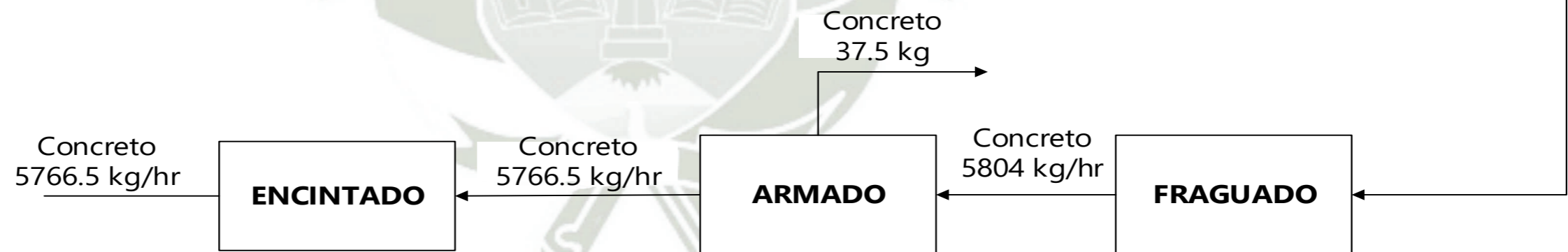


MI	MS
Cemento 1065.7 kg	1065 kg Merma 0.7 kg
1065.7 kg	1065.7 kg
Rendimiento = 99%	

MI	MS
Cemento 1065 kg Aumento 4744 kg	5809 kg
5809 kg	5809 kg
Rendimiento = 545%	

MI	MS
Concreto 5809 kg	5804 kg Merma 5 kg
5809 kg	5809 kg
Rendimiento = 99%	

MI	MS
Concreto 5804 kg	5804 kg
5804 kg	5804 kg
Rendimiento = 100%	



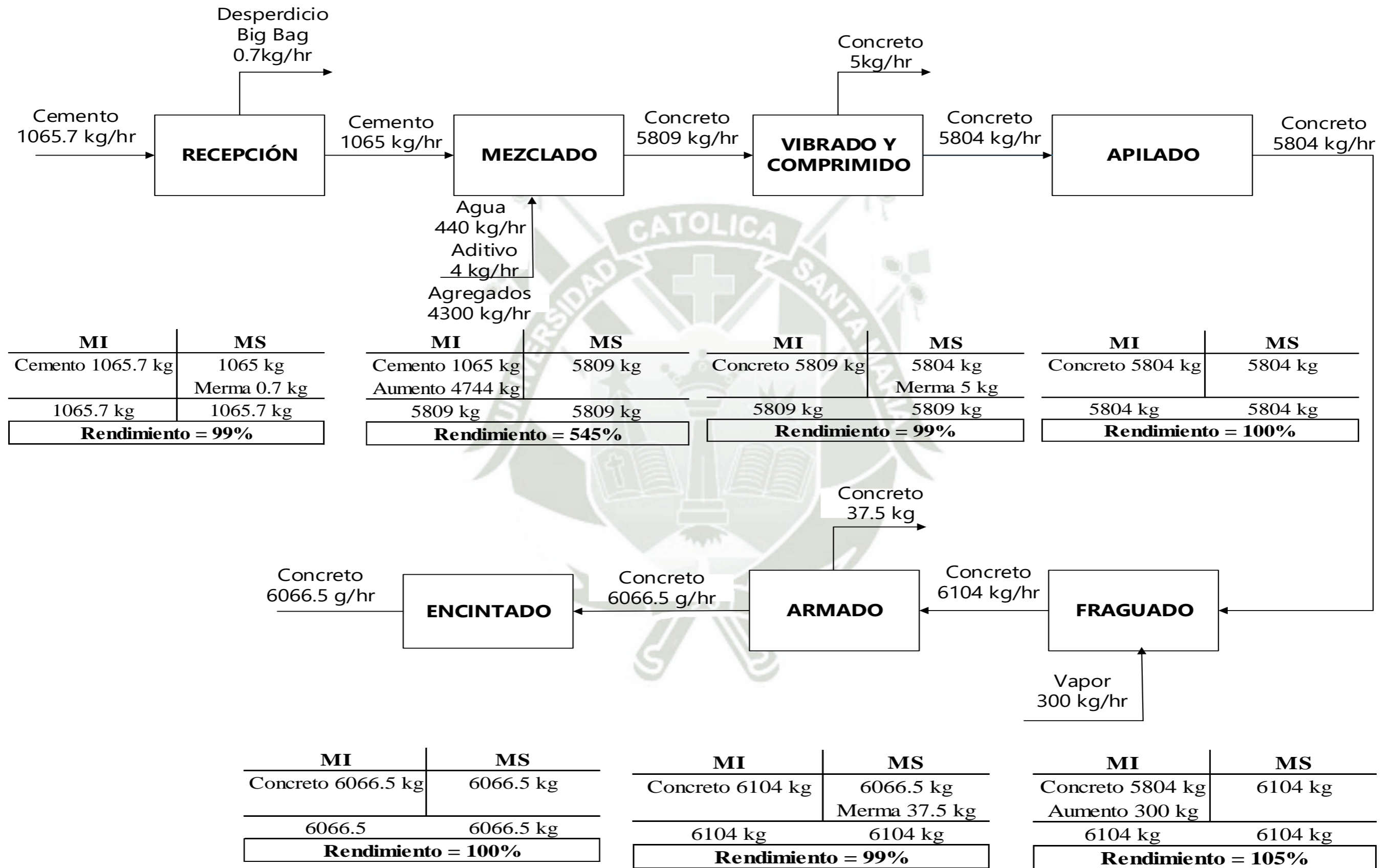
MI	MS
Concreto 5766.5 kg	5766.5 kg
5766.5 kg	5766.5 kg
Rendimiento = 100%	

MI	MS
Concreto 5804 kg	5766.5 kg Merma 37.5 kg
5804 kg	5804 kg
Rendimiento = 99%	

MI	MS
Concreto 5804 kg	5804 kg
5804 kg	5804 kg
Rendimiento = 100%	

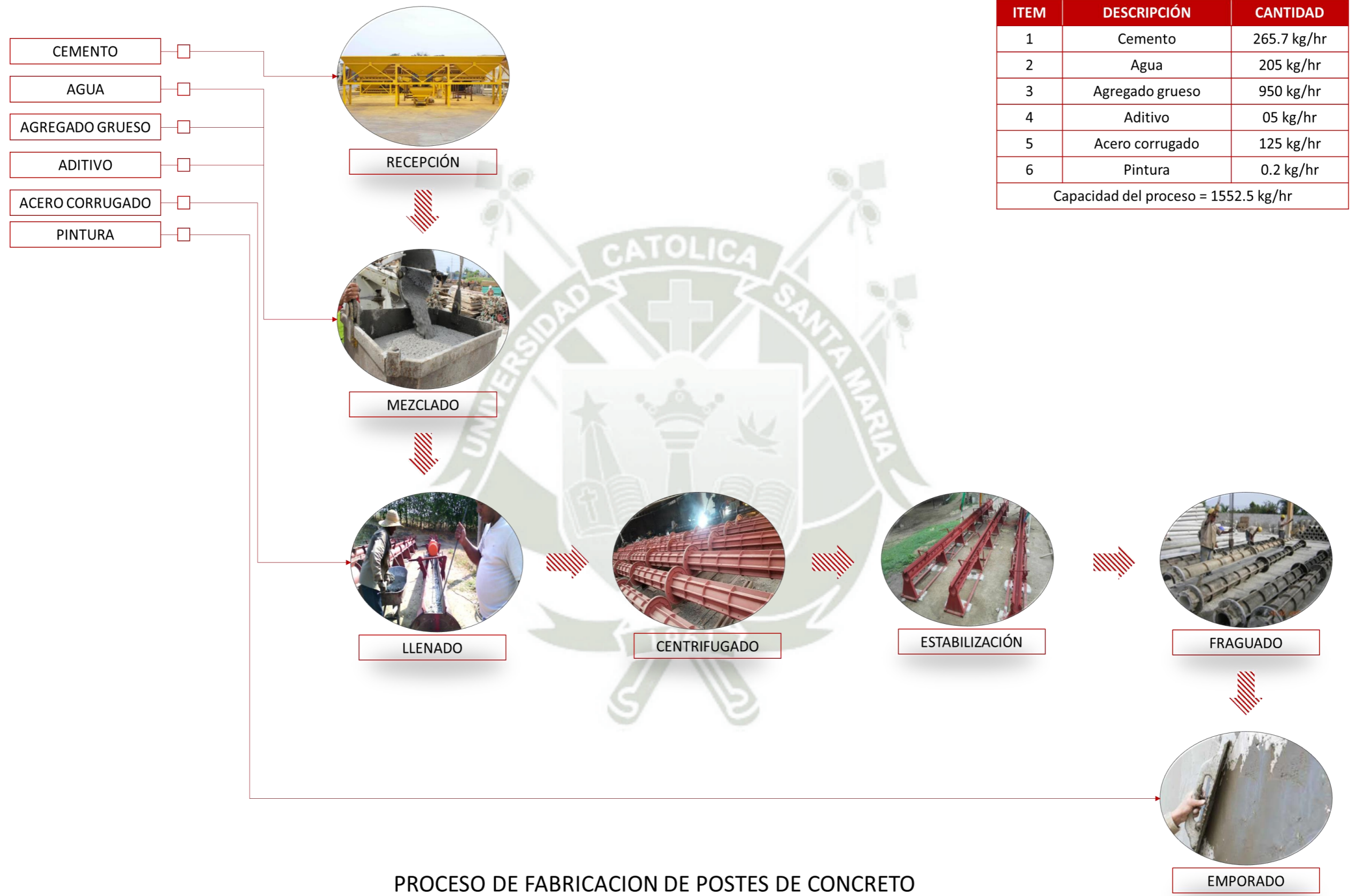
Fuente: Elaboración propia

Imagen 74: Diagrama de flujo para Adoquines con vapor



Fuente: Elaboración propia

Imagen 75: Esquema Horizontal de Postes sin vapor



PROCESO DE FABRICACION DE POSTES DE CONCRETO
CAPACIDAD DEL PROCESO: 1552.5 kg/hr

Fuente: Elaboración propia

Imagen 76: Esquema Horizontal de Postes con vapor



PROCESO DE FABRICACION DE POSTES DE CONCRETO
CAPACIDAD DEL PROCESO: 1652.5 kg/hr

Fuente: Elaboración propia

Imagen 77: Esquema Horizontal de Adoquines sin vapor



PROCESO DE FABRICACION DE ADOQUINES DE CONCRETO
CAPACIDAD DEL PROCESO: 5766.5 kg/hr

Fuente: Elaboración propia

Imagen 78: Esquema Horizontal de Adoquines con vapor



Fuente: Elaboración propia

RELACIÓN DE MÁQUINAS Y EQUIPOS

- CENTRIFUGADORA CON VARIADOR DE FRECUENCIA

Esta máquina consta de una fundación o cimentación, ruedas, pedestal de eje, motor, cabina de distribución y eje de transmisión. Cuando se fabrica, el molde de postes procede a ser llenado en primera instancia con todo la estructura de acero corrugado y la cantidad adecuada de concreto, luego el molde se instala en la máquina centrífuga que gira durante un tiempo determinado. Gracias a la acción de la fuerza centrífuga, el concreto se adhiere al acero de manera firme y el producto adquiere gran resistencia.

Capacidad de producción: 5-6 piezas por hora

Potencia del motor: 40KW, frecuencia variable

Longitud máxima de poste: 18 m

Velocidad eje principal: 60-600 rpm

Imagen 79: Centrifugadora con variador de frecuencia



Fuente: Elaboración propia

- **GRÚA PÓRTICO**

En Concretos Moldeados S.A.C, se utiliza el pórtico para poder levantar y transportar los postes de concreto a través de los diferentes procesos productivos. Debido al gran peso y dimensiones de estos prefabricados implica que se deba tener una máquina de gran capacidad.

Capacidad de elevación:

Temperatura de trabajo: 25-40 °C

Longitud de máquina: 9.5 metros

Altura de máquina: 4.5 metros

Imagen 80: Grúa pórtico



Fuente: Elaboración propia

- **CALDERO**

Se utiliza actualmente en la línea de postes, a través del proyecto se propone diseñar el sistema también para adoquines. Es empleado para poder producir vapor que es utilizado durante el proceso de fraguado, actualmente es indispensable contar con esta máquina en el sector relacionado con la producción de prefabricados ya que como se ha demostrado a

través de diversos estudios, el fraguado con vapor brinda una serie de beneficios a los productos.

Tipo: Caldera Piro tubular

Potencia: 40 BHP

Dimensiones:

Imagen 81: Caldera piro tubular



Fuente: Elaboración propia

- **MEZCLADORA PLANETARIA**

Utilizada para poder producir la mezcla homogénea de concreto, debido a la acción del conjunto compuesto por brazos satélites. Estos brazos giran sobre su propio eje de manera simultánea y debido al efecto centrífugo mueven la mezcla entera evitando las denominadas “zonas muertas”. Posee forros interiores de acero de 400 HB, para tener un desgaste mínimo y una compuerta de accionamiento hidráulico para la descarga del contenido en su interior.

Diámetro: 1.60 metros

Brazos mezcla: 3 brazos

Potencia: 15 HP

Imagen 82: Mezcladora planetaria



Fuente: Elaboración propia

Relación de Máquinas y Equipos para Fabricación de Adoquines

- **DOSIFICADORA DE CONCRETO**

Dosificadora de concreto PLD 1600, es una máquina de dosificación automática, que cumple con la función de dosificar 3 tipos de materia presentes en la fabricación de adoquines (cemento, arena fina y arena gruesa); cuenta con un sistema de carga pesaje y un sistema de control electrónico, donde previamente se establecen los parámetros que la empresa ha determinado como óptimos para su mezcla.

Tiene una distribución en forma separada de cada tolva, así como una tapa contra polvos en la parte superior evitando derrames de materiales.

Modelo: PLD1600

Volumen de tolva de pesaje: 1600 L

Capacidad de tolva de depósito: 15 m³

Tipos de agregados dosificables: 2-3

Dimensiones externas(mm): 9500x2000x3600

Imagen 83: Dosificadora de concreto



Fuente: Elaboración propia

- **MEZCLADORA PLANETARIA**

Utilizada para poder producir la mezcla homogénea de concreto, debido a la acción del conjunto compuesto por brazos satélites. Estos brazos giran sobre su propio eje de manera simultánea y debido al efecto centrífugo mueven la mezcla entera evitando las denominadas “zonas muertas”. Posee forros interiores de acero de 400 HB, para tener un desgaste mínimo y una compuerta de accionamiento hidráulico para la descarga del contenido en su interior.

Brazos mezcla: 3 brazos

Potencia: 25 HP

Imagen 84: Mezcladora planetaria de adoquines



Fuente: Elaboración propia

- **VIBRO COMPACTADORA**

MBP-6 HSC es un equipo destinado a la fabricación de bloques y adoquines de concreto, utilizando procesos de compresión y vibración simultáneos. Viene acompañado de un equipo hidráulico y eléctrico, que es responsable del accionamiento de todos los mecanismos a través de un CLP, eliminando la necesidad de operación manual.

Peso de máquina: 5.500 kg

Marca: Menegotti

Imagen 85: Vibro compactadora de concreto



Fuente: Elaboración propia

- **TRANSPALLET**

También conocida como “estoca” o transpaleta manual de perfil bajo, debido a su diseño permite usarla para poder maniobrar pallets bajos, construida con una chapa de acero plegada que la da gran robustez, está equipada con un timón en goma y rodillos, el funcionamiento del sistema de elevación se realiza mediante una bomba hidráulica de simple efecto equipada con una válvula de sobrecarga.

Capacidad de carga: 1500 kg

Temperaturas de trabajo: -20°C a 40°C

Altura de elevación máxima: 165 mm

Material: Acero

Marca: Rexion

Imagen 86: Transpallet para adoquines



Fuente: Elaboración propia

- **MONTACARGA**

Máquina hidráulica universalmente utilizada para colocar y trasladar productos de diferentes tamaños. Los bordes están adecuados a la geometría del giro gran altura de levantamiento que le permite tomar adoquines desde arrumes de dos cubos. Gran

estabilidad, aún en giros cerrados, tiene una localización ergonómica del asiento, el volante, palancas y pedales, tiene un tanque de combustible de 20 litros.

Capacidad de elevación: 4.8 mts

Capacidad de carga: 2.5 TN

Motor: Nissan K25, 4 cilindros

Potencia: 51 HP a 2400 rpm

Imagen 87: Montacargas para adoquines



Fuente: Elaboración propia

6.3 ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

Adicional al estudio de todo el balance de materia y energía presentes en el sistema, para que el proyecto pueda ser evaluado de una manera mucho más eficiente se ha procedido a realizar una potencial distribución de planta, tomando en cuenta dos zonas, debido a que cada una dispone de todo el material requerido para la producción en espacios totalmente aislados:

- Planta de Postes
- Planta de Adoquines

A continuación, procederemos a aplicar el método SLP para poder encontrar la distribución ideal de cada planta, empezando por la de postes:

ÁREA DE POSTES

Paso 1: Graficar las relaciones

Tomando en cuenta cada una de las actividades que se llevan a cabo para la elaboración de postes, a continuación, se detallan las razones existentes en la relación de una sección con otra, para realizar el proceso de producción.

Tabla 29: Razones de proximidad para el Área de postes

Número	Razón
1	Por el seguimiento del proceso
2	Necesario por el uso del mismo tipo de equipo
3	Por evitar fatiga del operario
4	Para un mejor manejo de inventarios
5	Por facilidad de manipulación del producto
6	Cercanía al proceso principal

Fuente: Elaboración propia

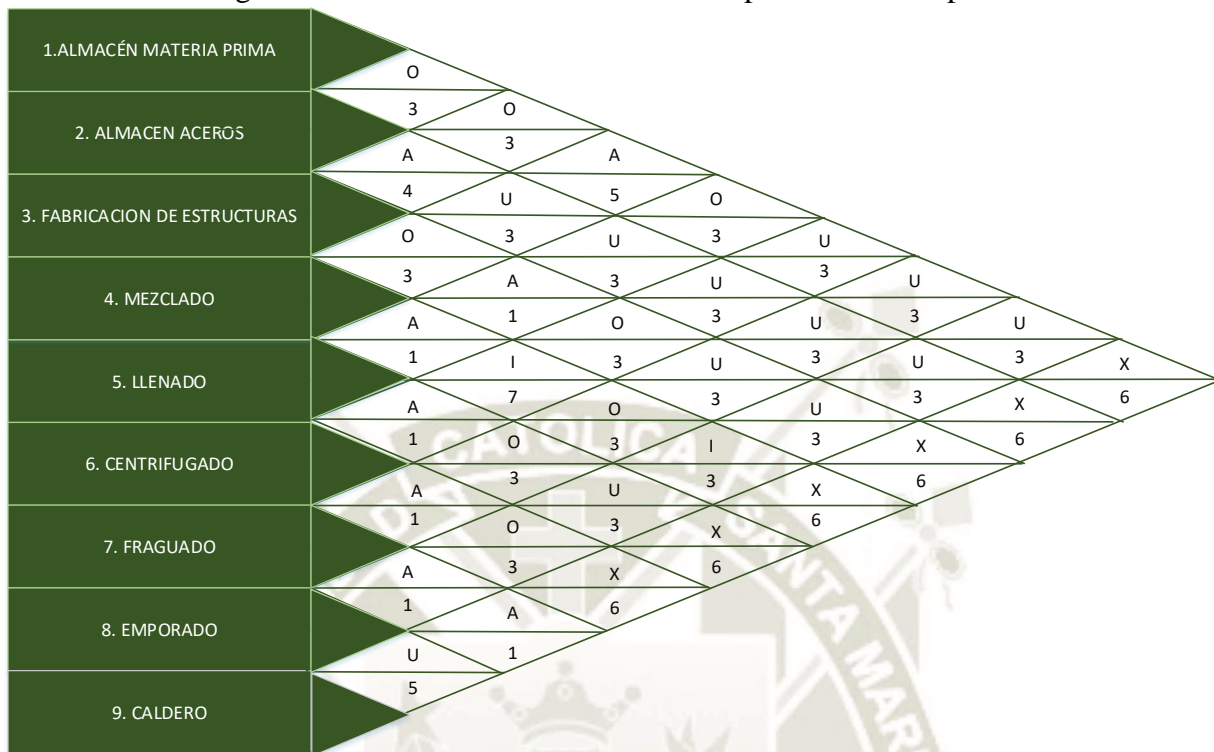
Valores de proximidad

Tabla 30: Descripción de valores de proximidad

Código	Proximidad	Color	Nro. de Líneas
A	Absolutamente	Rojo	4 rectas
E	Especialmente Importante	Amarillo	3 rectas
I	Importante	Verde	2 rectas
O	Normal	Azul	1 recta
U	Sin Importancia	--	---
X	No deseable	Plomo	1 zigzag
XX	Altamente no deseable	Negro	2 zigzag

Fuente: Elaboración propia

Imagen 88: Tabla relacional de actividades para el Área de postes



Fuente: Elaboración propia

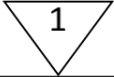
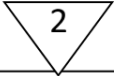







Tabla 31: Valores de proximidad para el Área de postes

A	(1,4) (2,3) (3,5) (4,5) (6,7) (7,8) (7,9)
E	-
I	(4,6) (4,8)
O	(1,2) (1,3) (1,5) (3,4) (3,6) (4,7) (5,7) (6,8)
U	(1,6) (1,7) (1,8) (2,4) (2,5) (2,6) (2,7) (2,8) (3,4) (3,7) (3,8) (4,8) (5,8) (8,9)
X	(1,9) (2,9) (3,9) (4,9) (5,9) (6,9)

Fuente: Elaboración propia

Paso 2: Requerimientos del Espacio

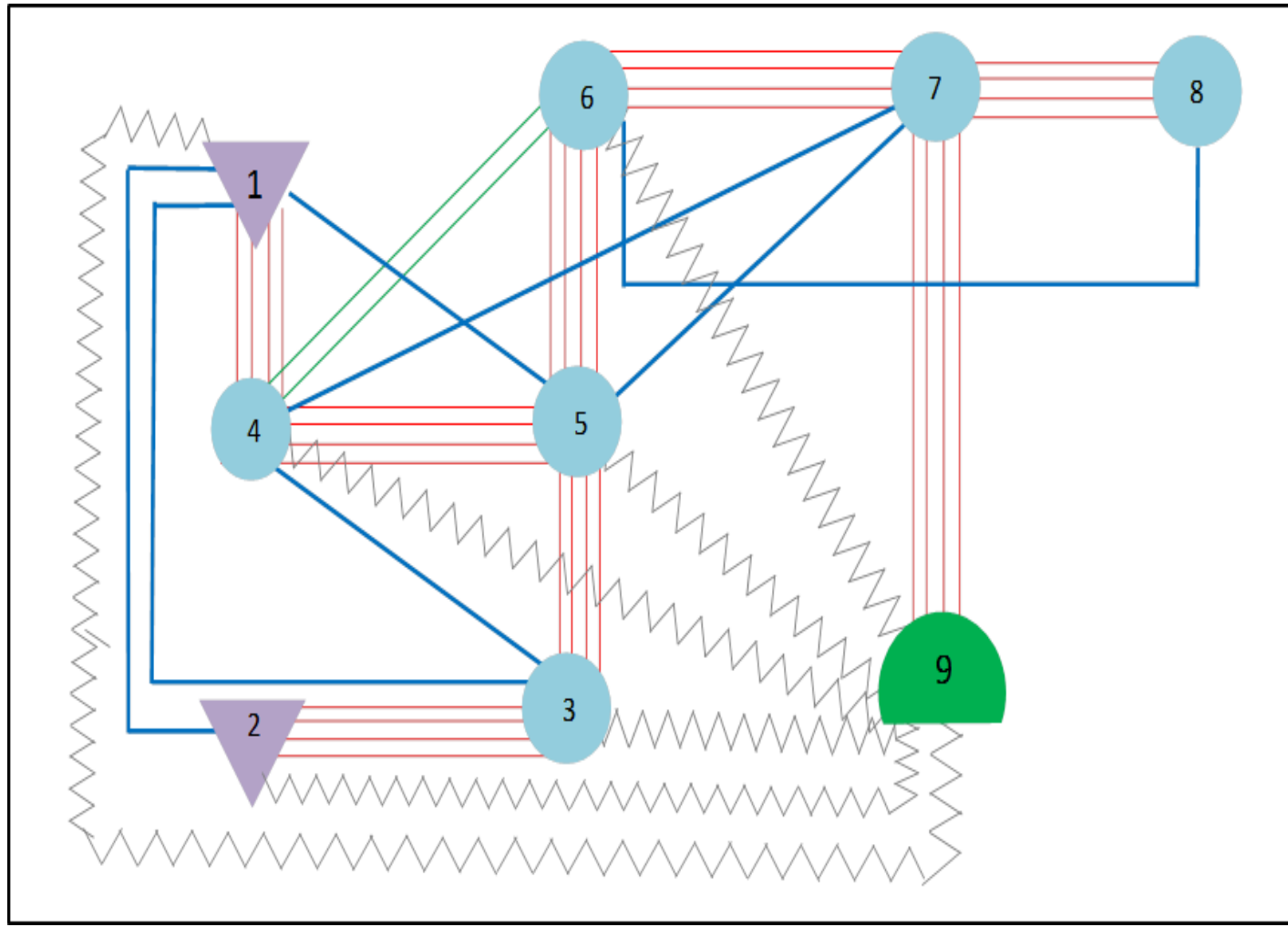
Imagen 89: Área requerida por actividad para el Área de postes

SIMBOLOS	ACTIVIDADES	ÁREAS (m2)
	Almacén de Materia Prima	207
	Almacén Aceros	17.25
	Fabricación de Estructuras	496.8
	Mezclado	103.5
	Llenado	552
	Centrifugado	89.7
	Fraguado	193.2
	Emporado	209.3
	Caldero	36.8

Fuente: Elaboración propia

Paso 3: Diagrama Relacional de Actividades

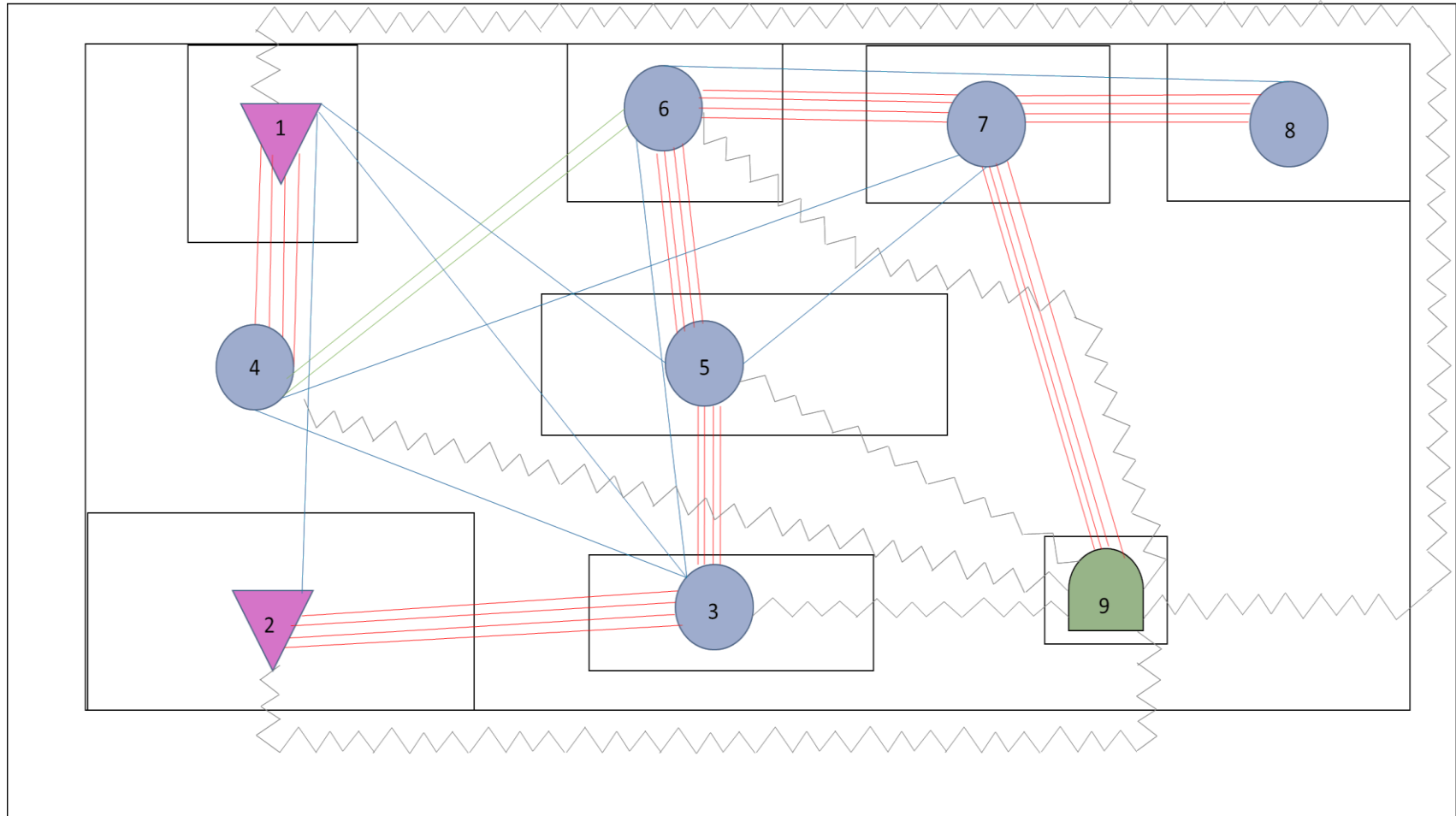
Imagen 90: Diagrama relacional de actividades para el Área de postes



Fuente: Elaboración propia

Paso 4: Diagrama Relacional de Espacios

Imagen 91: Diagrama relacional de espacios para el Área de postes



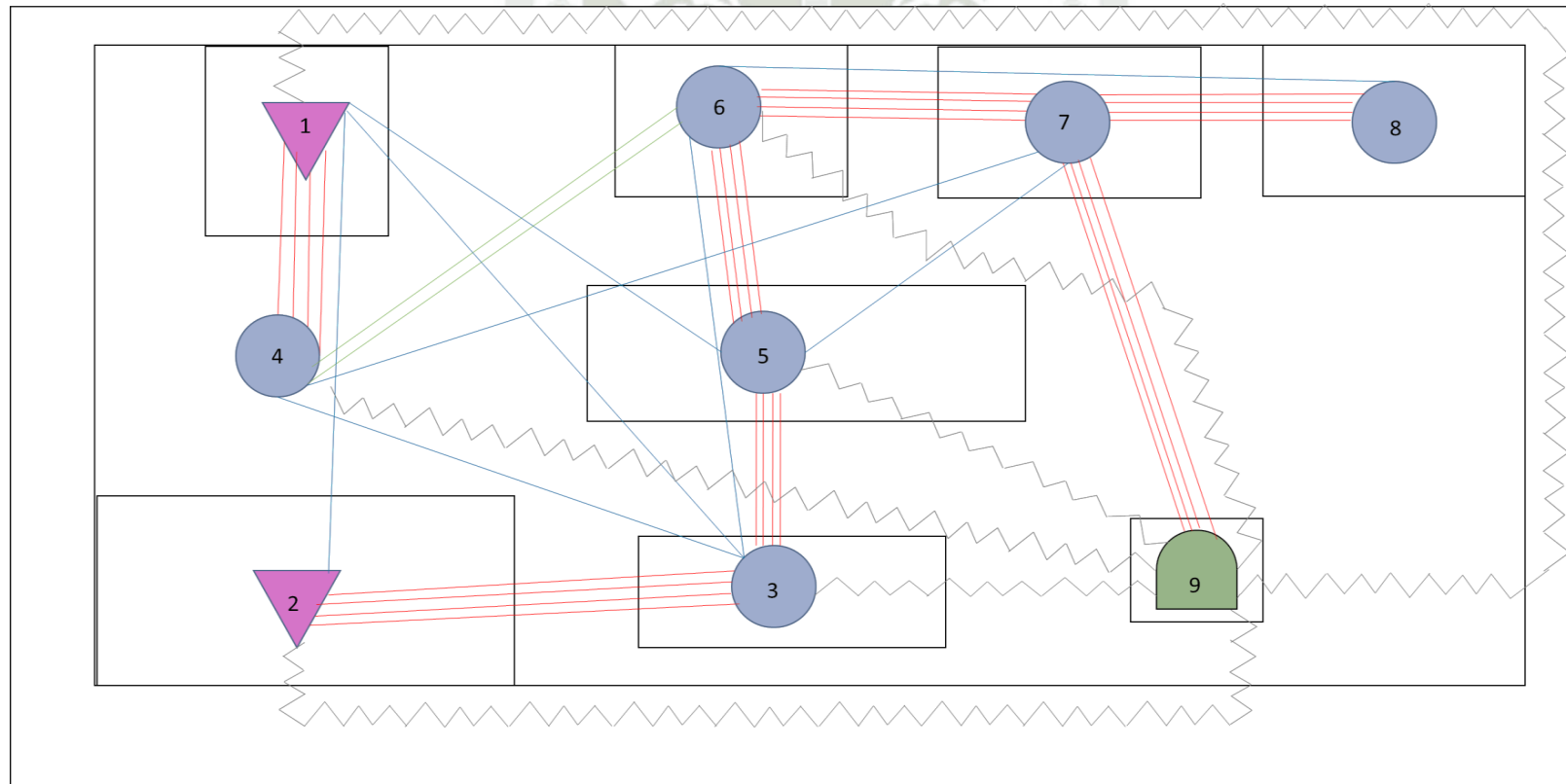
Fuente: Elaboración propia

Paso 5: Análisis necesario para la disposición práctica

Se plantearon 3 propuestas de solución para una disposición óptima del área de producción.

Propuesta 1:

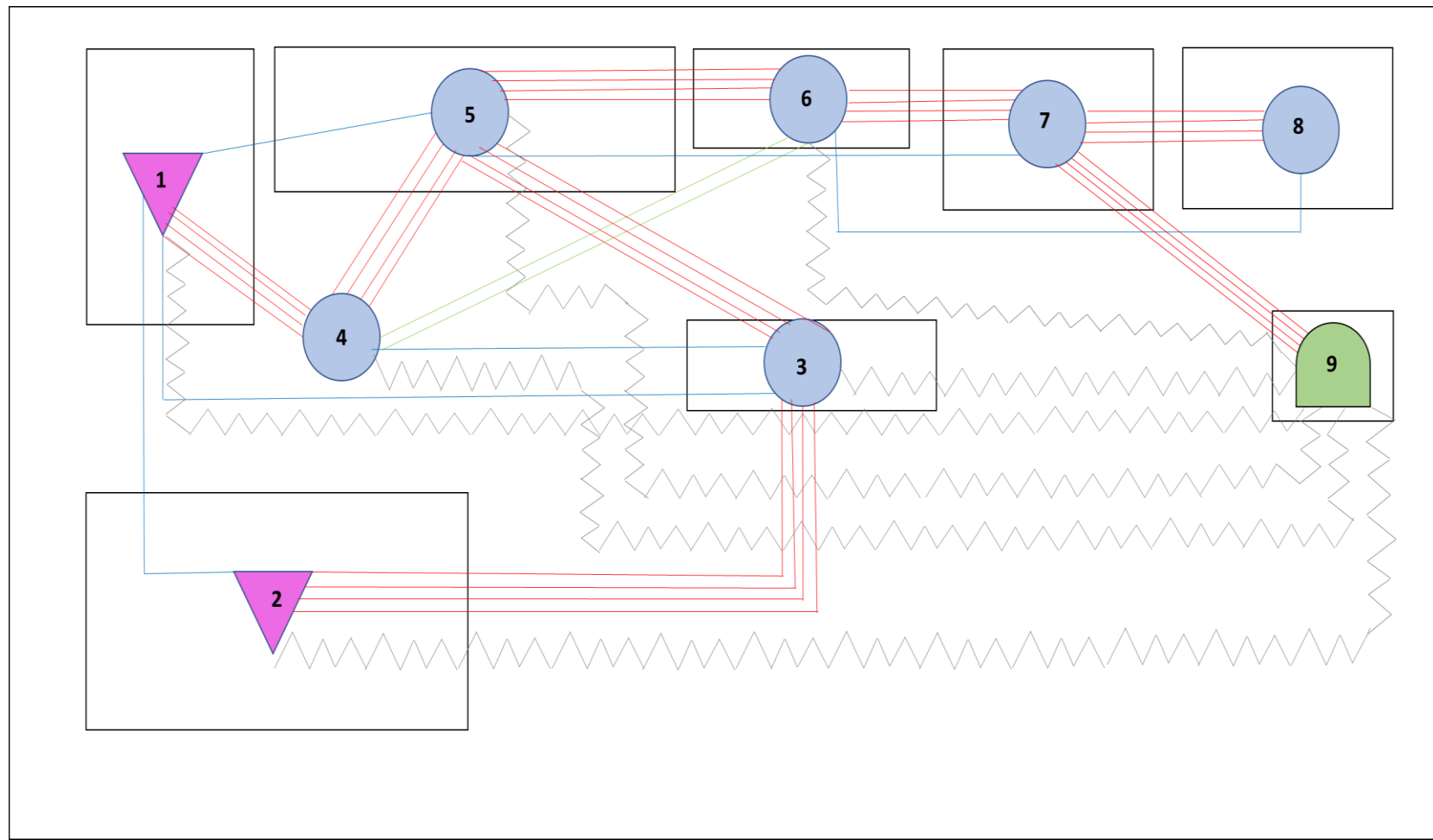
Imagen 92: Alternativa 1 para la nueva disposición del área de postes



Fuente: Elaboración propia

Propuesta 2:

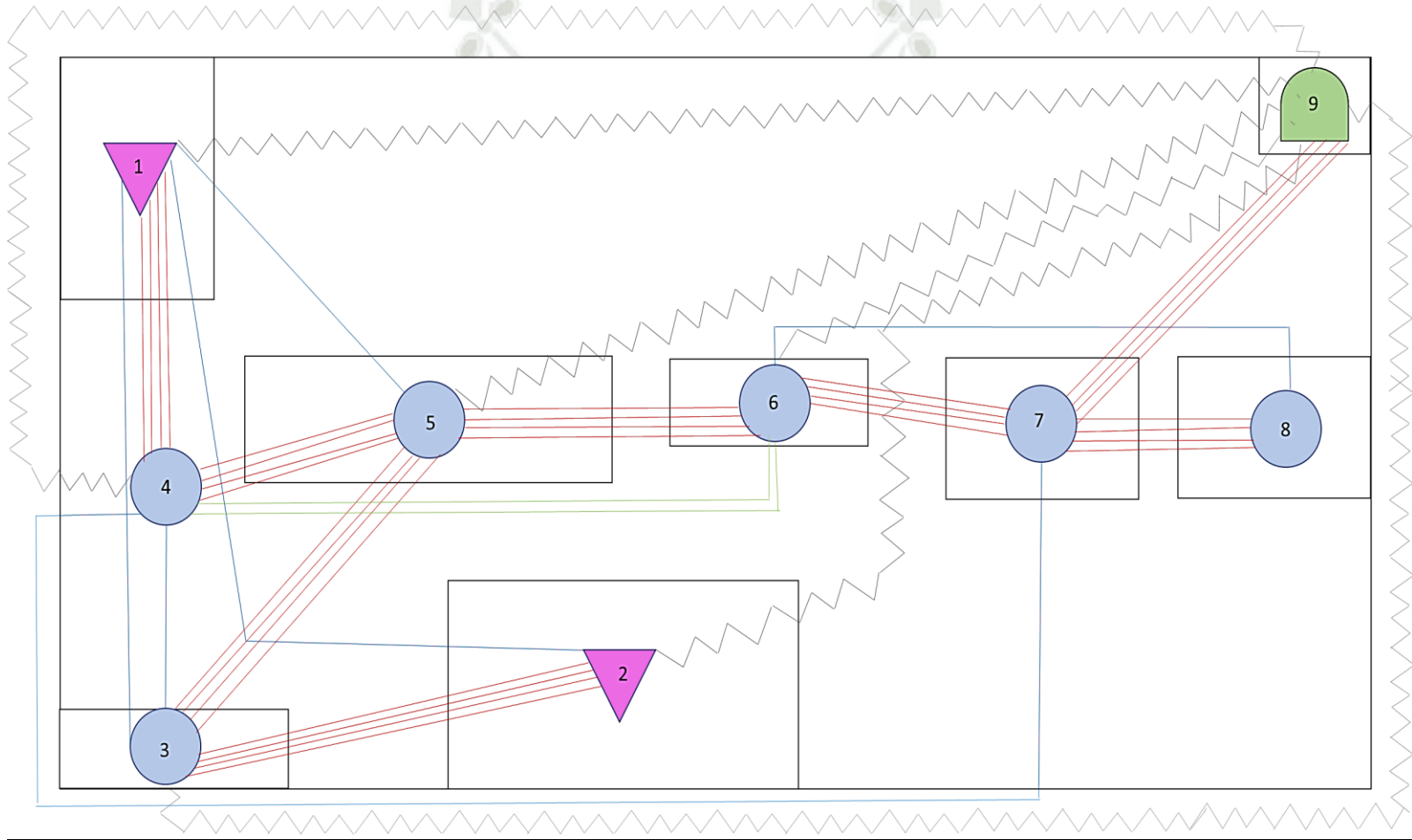
Imagen 93: Alternativa 2 para la nueva disposición del área de postes



Fuente: Elaboración propia

Propuesta 3:

Imagen 94: Alternativa 3 para la nueva disposición del área de postes



Fuente: Elaboración propia

A continuación, mostramos la tabla de ponderación con sus respectivos factores determinantes:

Tabla 32: Evaluación de alternativas para distribuciones de planta

Factor Puntos de Vista		Peso (%)	Alternativas			Comentarios
			1	2	3	
1	Mayor aprovechamiento del area	15	I 30	E 45	A 60	Se analizo el area ocupada y los espacios disponibles
2	Mayor agrupación de áreas comunes	15	A 60	I 30	A 60	Se analizo la secuencia de los procesos de produccion
3	Minimización de recorridos	25	I 50	E 75	A 100	Se toma en cuenta las distancias recorridas entre los distintos procesos
4	Factibilidad para posibles ampliaciones	30	O 30	A 120	O 30	Se observa el espacio disponible en caso se desee realizar una ampliacion en la planta de produccion
5	facilidad para el manejo de materiales	5	I 10	E 15	A 20	Almacenes deben estar cerca al area de fabricacion para disminuir la manipulacion de estos.
6	fluidez del proceso	10	A 40	E 30	A 40	Para que no existan demoras innecesarias
		100	220	315	310	

Fuente: Elaboración propia

Después de realizar el análisis de ponderación, se llegó a la conclusión de que la **propuesta 2** es la disposición ideal para la distribución del área de producción.

ÁREA DE ADOQUINES

Paso 1: Graficar las relaciones

Tomando en cuenta cada una de las actividades que se llevan a cabo para la elaboración de postes, a continuación, se detallan las razones existentes en la relación de una sección con otra, para realizar el proceso de producción.

Tabla 33: Razones de proximidad para el Área de adoquines

Número	Razón
1	Por el seguimiento del proceso
2	Necesario por el uso del mismo tipo de equipo
3	Por evitar fatiga del operario
4	Para un mejor manejo de inventarios
5	Por facilidad de manipulación del producto
6	Cercanía al proceso principal

Fuente: Elaboración propia

Valores de proximidad

Tabla 34: Valores de proximidad para distribución de planta adoquines

Código	Proximidad	Color	Nro. de Líneas
A	Absolutamente	Rojo	4 rectas
E	Especialmente Importante	Amarillo	3 rectas
I	Importante	Verde	2 rectas
O	Normal	Azul	1 recta
U	Sin Importancia	--	---
X	No deseable	Plomo	1 zigzag
XX	Altamente no deseable	Negro	2 zigzag

Fuente: Elaboración propia

Tabla Relacional de Actividades

Imagen 95: Tabla relacional de actividades para el Área de adoquines

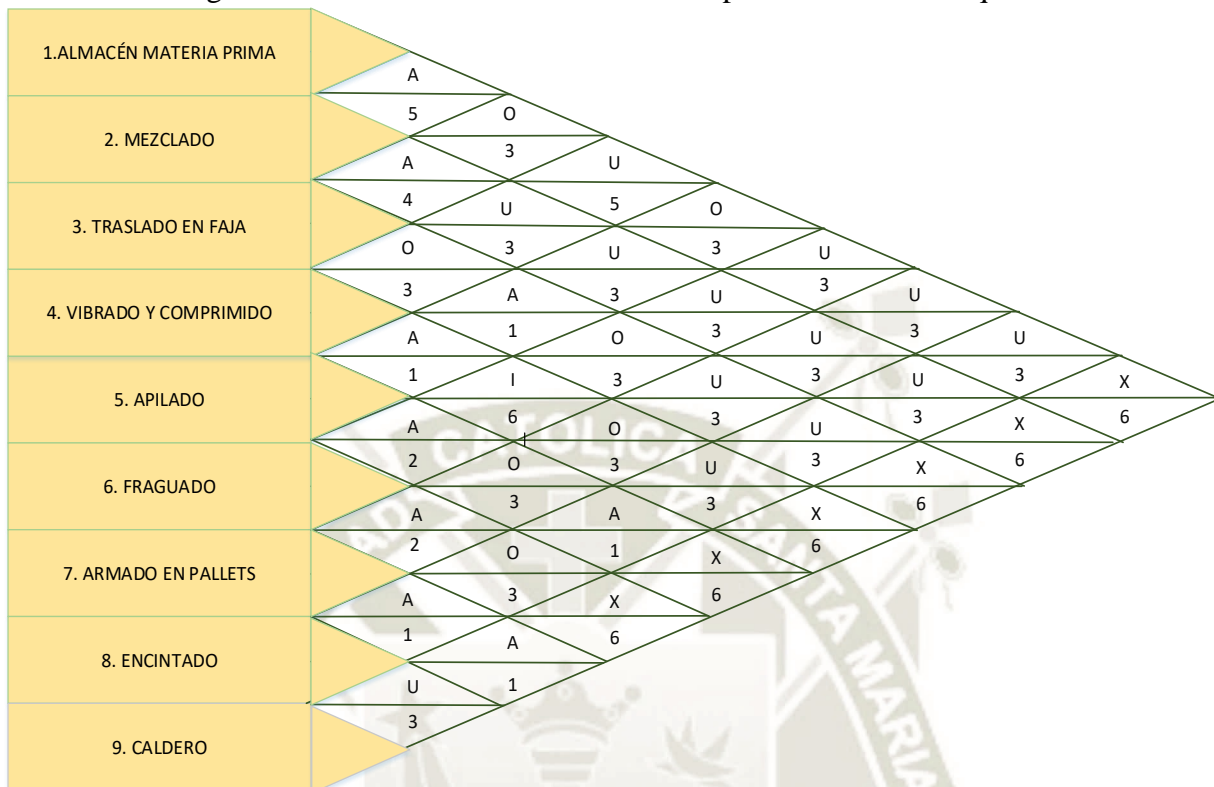


Imagen 96 Valores de proximidad para el Área de adoquines

A	(1,2) (2,3) (3,5) (4,5) (5,6) (6,7) (7,8) (8,9)
E	-
I	(4,6)
O	(1,3) (1,5) (3,4) (3,6) (4,7) (5,7)
U	(1,6) (1,7) (1,8) (2,4) (2,5) (2,6) (2,7) (2,8) (3,7) (3,8) (4,8) (5,8) (8,9)
X	(1,9) (2,9) (3,9) (4,9) (5,9) (6,9)

Fuente: Elaboración propia

Paso 2: Requerimientos del Espacio

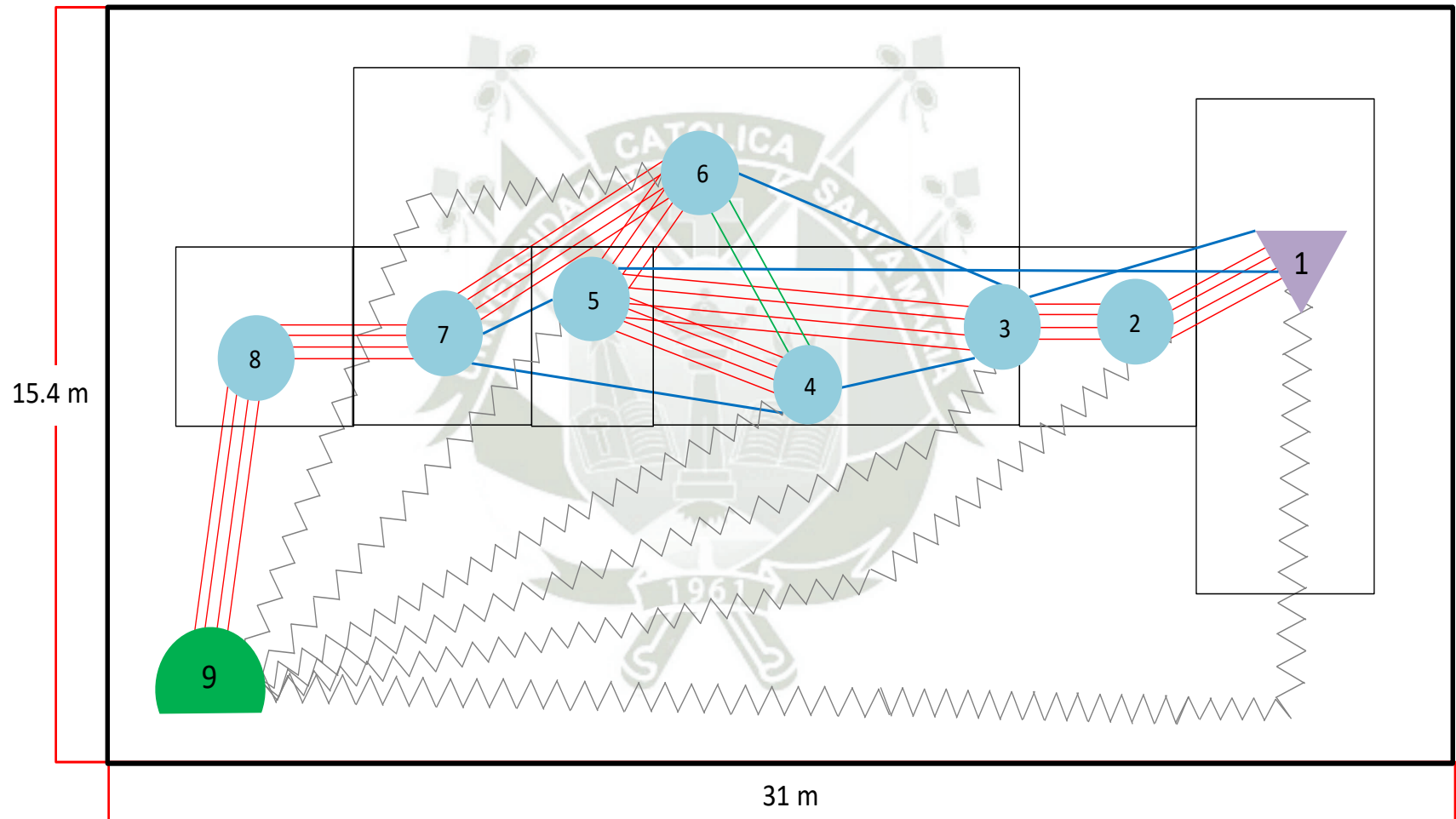
Imagen 97: Área requerida por actividad para el Área de postes

SIMBOLOS	ACTIVIDADES	ÁREAS (m2)
	Almacén de Materia Prima	207
	Mezclado	24.9
	Traslado en Faja	78
	Vibrado y Comprimido	15.4
	Apilado	32.8
	Fraguado	100
	Armado en pallets	8.3
	Encintado	10
	Caldero	36.8

Fuente: Elaboración propia

Paso 3: Diagrama Relacional de Espacios

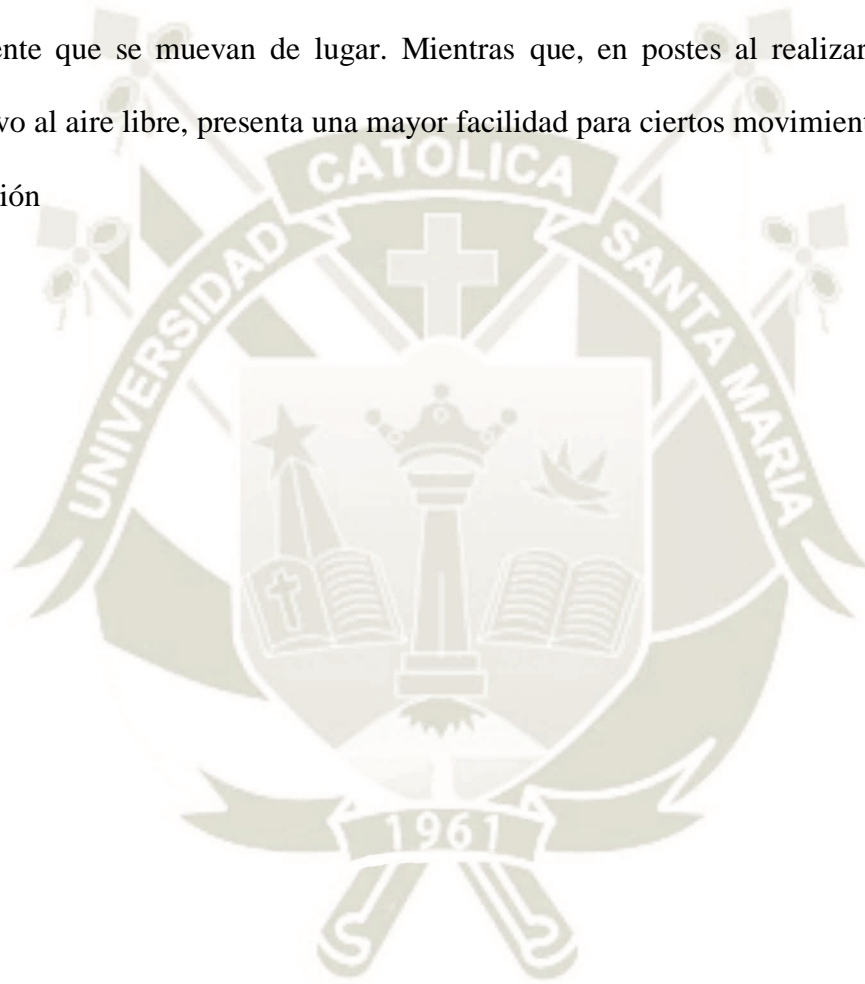
Imagen 98: Diagrama relacional de espacios para el área de adoquines



Fuente: Elaboración propia

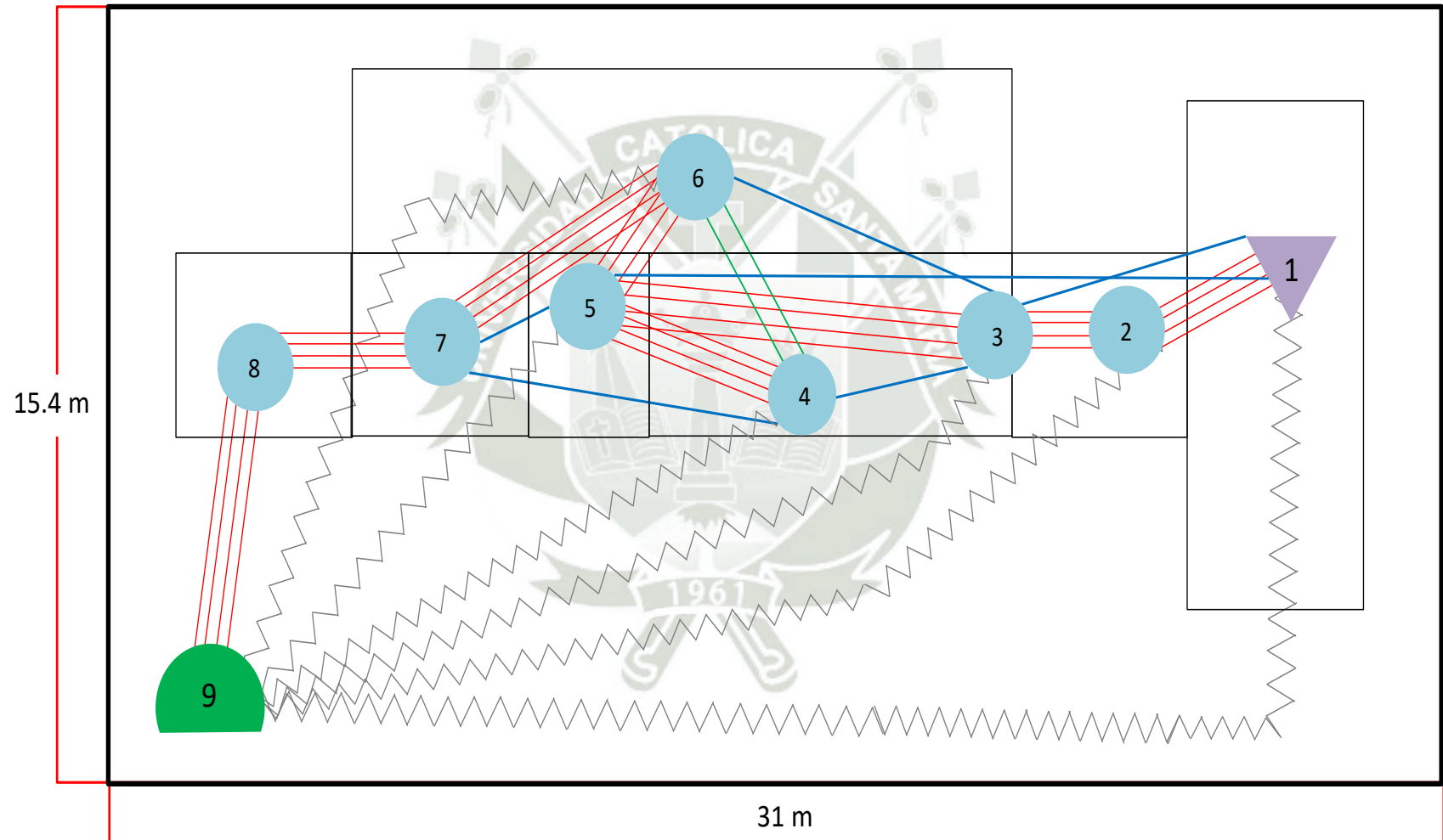
- **Paso 4: Análisis necesario para la disposición práctica**

Se plantearon 2 propuestas de solución para una disposición óptima del área de producción, debido a que el caldero debe mantenerse en la misma posición para adoquines y postes, y actualmente ya se encuentran establecidos ciertas estructuras de concreto, las cuales no es conveniente que se muevan de lugar. Mientras que, en postes al realizar todo el proceso productivo al aire libre, presenta una mayor facilidad para ciertos movimientos en cuanto a la distribución



Propuesta 1:

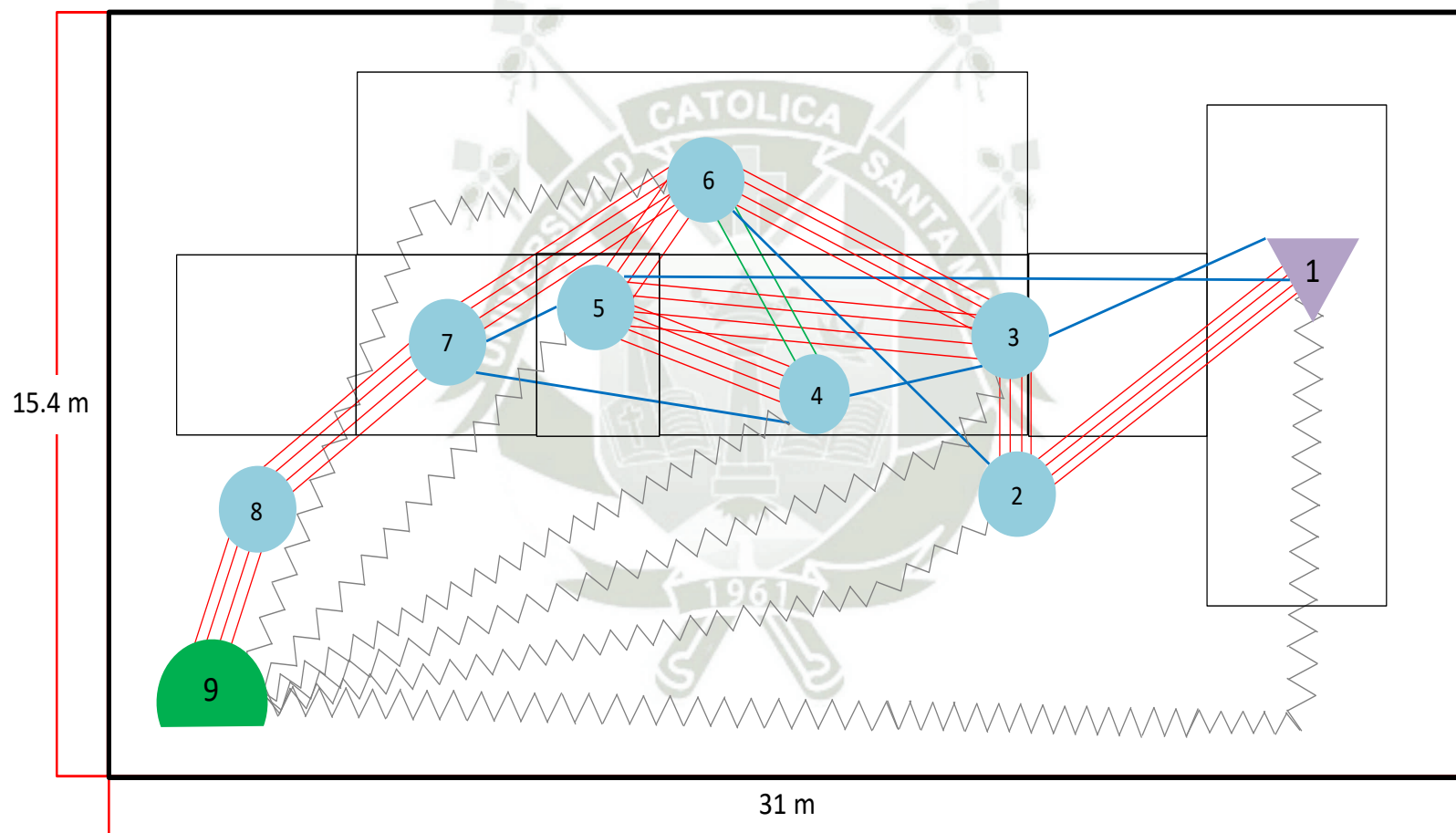
Imagen 99: Alternativa 1 para la nueva disposición del área de adoquines



Fuente: Elaboración propia

Propuesta 2:

Imagen 100: Alternativa 2 para la nueva disposición del área de adoquines



Fuente: Elaboración propia

A continuación, mostramos la tabla de ponderación con sus respectivos factores determinantes:

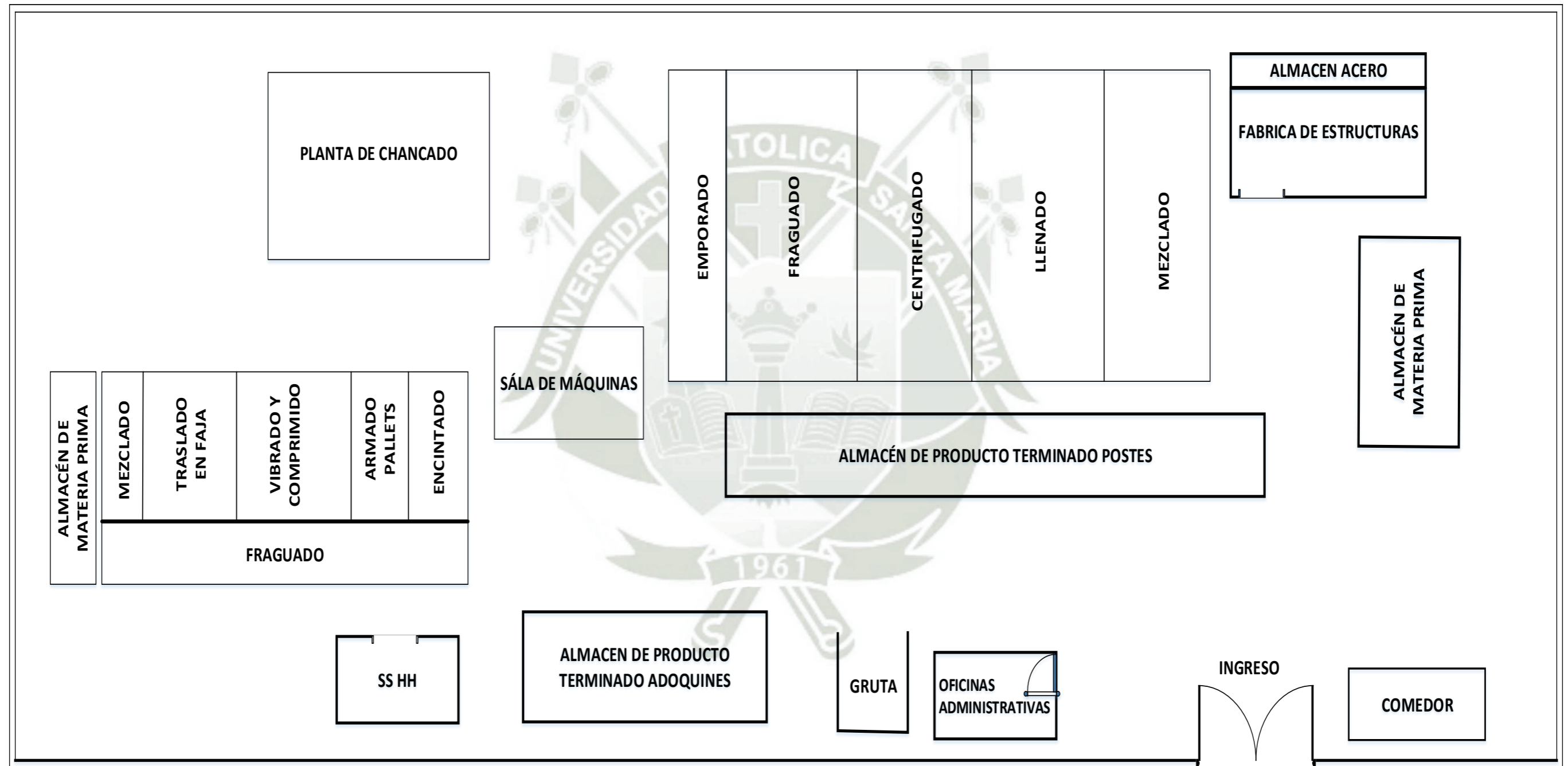
Tabla 35: Evaluación de soluciones para distribución de planta adoquines

Factor Puntos de Vista		Peso (%)	Alternativas			Comentarios
			1	2		
1	Mayor aprovechamiento del area	15	I 30	E 45		Se analizo el área ocupada y los espacios disponibles
2	Mayor agrupación de áreas comunes	15	A 60	I 30		Se analizo la secuencia de los procesos de produccion
3	Minimización de recorridos	25	I 50	E 75		Se toma en cuenta las distancias recorridas entre los distintos procesos
4	Factibilidad para posibles ampliaciones	30	O 30	A 120		Se observa el espacio disponible en caso se desee realizar una ampliacion en la planta de produccion
5	facilidad para el manejo de materiales	5	I 10	E 15		Almacenes deben estar cerca al area de fabricacion para disminuir la manipulacion de estos.
6	fluidez del proceso	10	A 40	E 30		Para que no existan demoras innecesarias
		100	U 220	U 315		

Fuente: Elaboración propia

Después de realizar el análisis de ponderación, se llegó a la conclusión de que la **propuesta 2** es la disposición ideal para la distribución del área de producción.

Imagen 101: Distribución de Planta Final



Fuente: Elaboración Propia

.4 PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS INTERNO

Como un paso final antes de realizar todo el diseño del sistema de distribución, y con el objeto principal de poder demostrar que el fraguado con vapor brinda una serie de beneficios, logran que el prefabricado de concreto pueda desarrollar todas sus propiedades fundamentales es que se ha procedido a realizar una prueba de materiales, tanto en postes como en adoquines.

La empresa cuenta con su propia prensa para ensayo de compresión, como podemos observar en la siguiente imagen:

Foto 16:Maquina para pruebas de compresión

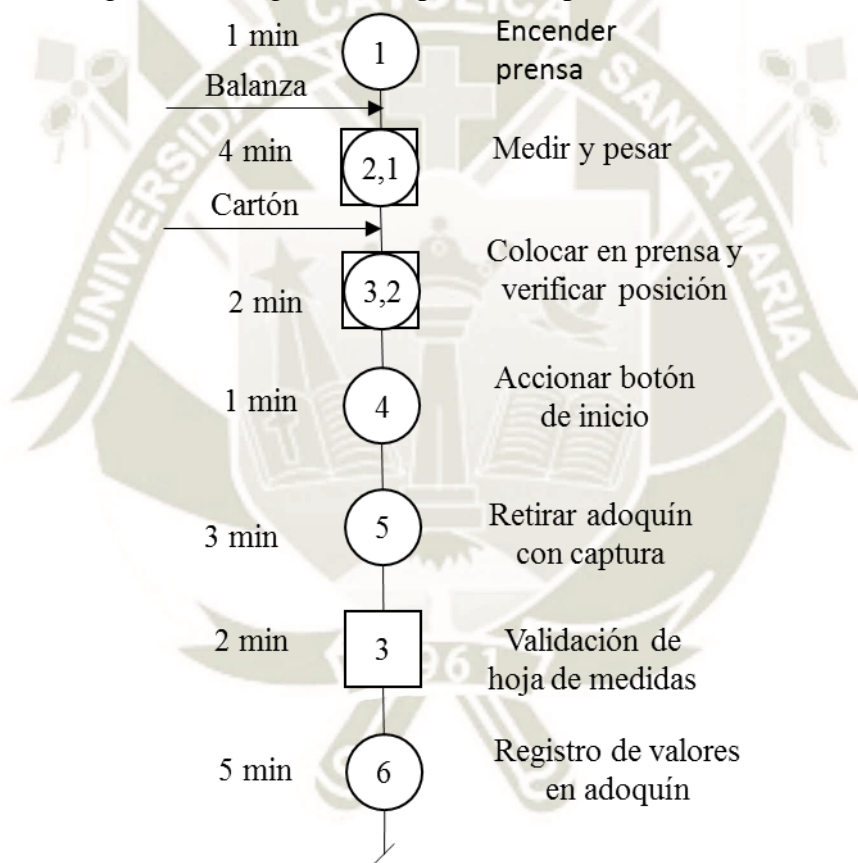


Fuente: Concretos Moldeados S.A.C

A través de este equipo, se realizan pruebas para controlar la calidad de los productos que ellos fabrican, en este caso, dado que el propósito de estudio son adoquines y postes, en coordinación con los directivos de la empresa, accedieron a realizar pruebas en base a este proyecto de investigación.

A continuación, podemos observar con mayor detalle el procedimiento de la prueba que se realiza en el interno de Concretos Moldeados S.A.C.

Imagen 101: Diagrama de Operaciones para el Proceso de Pruebas



Símbolo	Resumen	Cantidad	Total
○	Operaciones	6	16 min
□	Inspecciones	3	8 min

Fuente: Elaboración propia

Foto 17:Medición de adoquines para pruebas



Fuente: Concretos Moldeados S.A.C

Procedimiento:

Se toman medidas del adoquín escogido aleatoriamente, para considerar el peso del adoquín. Anotándolo en algunas de las caras visibles del adoquín. Para este caso, se tomarán adoquines con una edad de 7 días

Foto 18:Calibración de equipo para pruebas



Fuente: Elaboración propia

Se coloca dentro de la prensa, con ciertos materiales de apoyo como son cartones, para no dañar las bases de la máquina.

Foto 19: Prueba de compresión de adoquines



Fuente: Elaboración propia

Gradualmente, la máquina empieza a incrementar la presión poco a poco hasta un punto de ruptura del adoquín donde queda grabado el máximo valor registrado.

Foto 20: Prueba de adoquines (punto de ruptura)



Fuente: Elaboración propia

Finalmente, con los máximos valores registrados, se procede anotarlos dentro del adoquín para poder llevar un control de la resistencia alcanzada. La empresa no cuenta con permisos para poder otorgar una certificación oficial es por ello que del mismo lote del cual escoge adoquines para su control interno de calidad, procede a seleccionar algunos y llevarlos a laboratorios certificados para proceder y corroborar para tener un sustento frente a clientes que puedan exigir algún comprobante de calidad de los prefabricados de concreto.

Foto 21: Toma de resultados de prueba de compresión



Fuente: Elaboración propia

6.6 DISEÑO DE SISTEMA DE VAPOR

Una vez que ya conocemos todo el proceso de producción, balance de materiales y distribución de la planta, podemos proceder a diseñar el sistema de distribución de vapor que podrá beneficiar de gran manera al proceso de fraguado en postes y adoquines.

De acuerdo a la demanda obtenida previamente, el consumo de vapor de la empresa está determinado por la sumatoria de equipos que sumado a las pérdidas y demás factores permitirán determinar el sistema de generación de vapor.

Para el requerimiento de vapor del nuevo sistema estamos considerando se considerarán los siguientes cálculos realizados previamente:

Tabla 36: Consumos de vapor para los diferentes productos

Producto	Condiciones	Capacidad por línea (m ³ concreto)	Líneas operativas	Vapor requerido (kg/hr)	Consumo de vapor de agua requerido (kg/hr)
Adoquines	Cuartos de curado	20	2	15	600
Postes	Bajo lonas	5	2	20	200
TOTAL					800

Fuente: Elaboración propia

6.1 CÁLCULO DEL FACTOR DE EVAPORACIÓN

Presión de Trabajo: 80 PSIG/ 5.62 kg/cm² / 5.51 bar

Es la presión a la cual se trabaja actualmente,

Temperatura de Agua de Alimentación: 21°C

Ingresamos al Anexo 5. con los dos datos anteriores y tenemos un factor de evaporación:

$$\text{Factor de Evaporación} = 1.182$$

Se recomienda aumentar la capacidad total en un 5% por cada 1000 msnm por la altitud. El distrito de Mollebaya se encuentra a una altura media de 2483 msnm.

$$CAP_{\text{total}} = 800 \frac{\text{kg}}{\text{hr}}$$

$$\frac{5\%}{1000 \text{ msnm}} = \frac{x\%}{2483 \text{ msnm}} \rightarrow x = 12.42\% \rightarrow x = 1 + \frac{12.42}{100} \rightarrow x = 1.1242$$

$$\text{Carga Total} + \text{Altura} = 800 \frac{\text{kg}}{\text{hr}} * 1.1242$$

$$\text{Capacidad Real} = 899.36 \frac{\text{kg}}{\text{hr}}$$

6.2 CÁLCULO DE LA CAPACIDAD NOMINAL

Para hallar la capacidad nominal aplicamos la siguiente fórmula.

$$\text{Factor de Evaporación} = \frac{\text{Capacidad Nominal}}{\text{Capacidad Real}}$$

$$\text{Capacidad Nominal} = \text{Capacidad Real} * \text{Factor de Evaporación}$$

$$\text{Capacidad Nominal} = 899.36 \frac{\text{kg}}{\text{hr}} * 1.182$$

$$\text{Capacidad Nominal} = 1063.04 \frac{\text{kg}}{\text{hr}} = 2343.60 \frac{\text{lb}}{\text{hr}}$$

Transformando la capacidad nominal de kg/hr a BHP obtenemos:

$$\text{Capacidad Nominal} = \frac{1063.04 \text{ kg/hr}}{15.68 \text{ kg/hr}} ; \text{tomando en cuenta que } 1 \text{ BHP} = 15.68 \frac{\text{kg}}{\text{hr}}$$

$$\text{Capacidad Nominal} = 67.79 \text{ BHP}$$

Con la capacidad nominal obtenida nos dirigimos al Anexo 7 para ver los datos técnicos de generadores a vapor antes de esto redondeamos nuestra cifra obtenida a la potencia comercial que encontramos en cualquier catálogo de fabricantes de calderas.

Capacidad Nominal = 80 BHP

6.3 SELECCIÓN DEL CALDERO

A primera vista, se debería escoger una caldera de 80 BHP, sin embargo, en base a recomendaciones de especialistas, así como diversos estudios acerca del tema, aconsejas que no se seleccione una sola caldera con toda la capacidad concentrada, debido a que, ante una falla de esta máquina, no existiría un equipo de contingencia para poder trabajar, en la peor situación, a una carga parcial de lo que requiere todo nuestro sistema, es por ello que optaremos por seleccionar 02 calderas de 50 BHP. Como resumen podemos observar el siguiente cuadro:

Tabla 37: Utilización de calderos en base a turnos

CONDICION	CAPACIDAD	OBSERVACIONES
CAPACIDAD MAXIMA	100 BHP	Con un factor de seguridad. Incluido si se opta por alguna ampliación futura
CAPACIDAD PROMEDIO	80 BHP	Se cubre totalmente la demanda de vapor

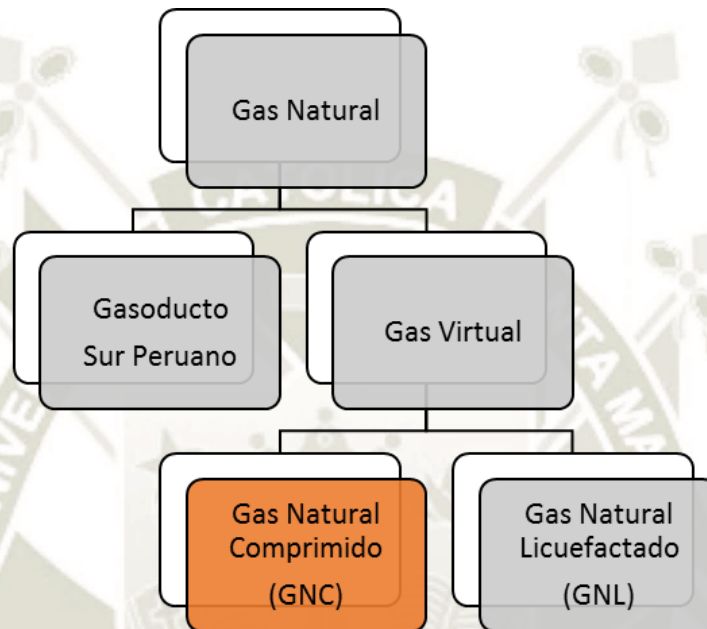
Fuente: Elaboración propia

6.4 SELECCIÓN DEL COMBUSTIBLE

Para realizar la selección del tipo de combustible a utilizar, tenemos que seleccionar el combustible que represente una buena opción económica para la empresa, es por ello que seleccionaremos tener dos suministros de combustible:

- Gas Natural (GN), como primera opción debido a la serie de ventajas con respecto al tema económico y ambiental, sin embargo, al momento no se dispone de este tipo de combustible en la ciudad por lo que se deben evaluar la posibilidad de poder traerlo a través de cisternas.

Imagen 102: Opciones para utilización de Gas Natural



Fuente: Elaboración Propia

- El Petróleo D-2, como segunda opción a tener en cuenta y será el utilizado para todo el diseño a través del siguiente trabajo.

Se realiza la recomendación para la utilización de un sistema dual, es decir, utilizando los dos combustibles ya que los quemadores de los generadores de vapor tendrán especificación técnica para quemar ambos (Gas Natural y D-2)

6.5 DEMANDA DE COMBUSTIBLE

Como mencionamos el combustible que se tomará en cuenta para el diseño del proyecto será el D-2, resaltando nuevamente que el ideal sería Gas Natural.

Para poder obtener el consumo de combustible para las calderas tendremos que servirnos de información técnica de fabricante de equipos de calderas. Anexo 6

Tabla 38: Consumo de combustible por caldero según tablas

Caldero	Consumo de combustible (GPH)
100 BHP	15
50 BH	15
TOTAL	30

Fuente: Elaboración propia

6.6 CÁLCULO DEL TANQUE DE COMBUSTIBLE

La capacidad del tanque está determinada por el consumo de los calderos en operación y las horas de servicio de los mismos.

$$CAP_{TANQUE} = (\text{Consumo de D-2 de los Calderos}) \times (\text{Tiempo de Servicio})$$

El sistema de combustible consta de dos tanques:

-El primero que es el de servicio diario, sirve para almacenar el combustible para todas las horas de trabajo diarias y es de donde se alimentan directamente las calderas.

-El segundo que es el de reserva, y sirve para satisfacer la demanda de combustible por un tiempo más largo y evitar los desabastecimientos en épocas de escases.

Para dimensionar el tanque de servicio diario se debe considerar que este almacenará suficiente combustible para 1 días laborable, con 1 turno cada uno a excepción del día sábado que sólo trabaja

un turno; se consideran 8 horas por un turno. El siguiente cálculo sirve para determinar la capacidad de este tanque.

Tabla 39: Horas por día laborable en función de turnos

Días	Horas	Total horas
Lunes	8	8
Martes	8	8
Miércoles	8	8
Jueves	8	8
Viernes	8	8
Sábado	8	8
	Total	48

Fuente: Elaboración propia

$$CAP_{TQ\ DIARIO} = (\text{Consumo de D-2 de Calderos}) \times (\text{Horas de Servicio})$$

$$CAP_{TQ\ DIARIO} = (30\ \text{GPH}) \times (8\ \text{hr})$$

$$\mathbf{CAP\ Tq\ DIARIO = 240\ GLN = 909\ Litros}$$

Se selecciona un **tanque vertical de 1000 Litros** por ser este de dimensiones comerciales.

6.7 DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE DE RESERVA

Para dimensionar el tanque de reserva se debe considerar que este almacenará suficiente combustible para 6 días laborables con un total de 48 horas. El siguiente cálculo sirve para determinar la capacidad de este tanque

$$CAP_{TQ\ RESERVA} = (\text{Consumo de D2 de calderos}) \times (\text{Horas de servicios})$$

$$CAP_{TQ\ RESERVA} = (30\ \text{GPH}) \times (48)$$

$$CAP_{TQ \text{ RESERVA}} = 1440 \text{ GLN} = 5450 \text{ litros}$$

Se selecciona un **tanque vertical de 5500 litros**, el cual debe estar encerrado en un cajón de concreto por medidas de seguridad, de acuerdo a las normas exigidas por OSINERMIN. Anexo 7.

6.8 DISEÑO DE SISTEMA DE ABLANDAMIENTO DE AGUA

En este trabajo se empleará un ablandador para realizar el tratamiento al agua de reposición, que debe ser al 100% ya que no hay retorno de condensando, en base a su eficacia y bajo costo de operación.

Para seleccionar el ablandador, como primer paso se debe calcular el consumo total de agua dentro de nuestro sistema, por lo que se considera lo siguiente:

$$\text{Flujo de vapor} = 800 \frac{\text{kg}}{\text{hr}} \times \frac{1 \text{ hr}}{60 \text{ min}}$$

$$\text{Flujo de vapor} = 13.33 \frac{\text{kg}}{\text{min}}; \text{ considerando la densidad del agua } \rho = 1 \frac{\text{kg}}{\text{litro}} \text{ obtenemos que:}$$

$$\text{Consumo total} = 13.33 \frac{\text{litros}}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ gal}}{3.785 \text{ litros}}$$

$$\text{Consumo total} = 3.52 \text{ GPM}$$

Al no existir retorno de condensando, consideraremos a este valor como el total de agua blanda que es requerida por el sistema:

$$\text{Consumo total de agua blanda} = \text{Consumo total} = 3.52 \text{ GPM}$$

Ahora que ya tenemos el consumo de agua, debemos tener en cuenta que nuestro sistema operará 08 horas por día. En base a las pruebas realizadas al agua con la que labora la empresa, se ha detectado que posee alrededor de 300 ppm. En la siguiente tabla podemos observar cómo se clasifica el agua en base a la presencia de carbonatos de calcio.

Tabla 40: Categorías de agua en base al grado de dureza

N°	Grado de dureza	(mg/l) como CaCO ₃
1	Blanda	0-75
2	Moderadamente Dura	75-150
3	Dura	150-300
4	Muy dura	>300

Fuente: Elaboración propia

Para nuestro caso se considerará agua dura las equivalencias de unidades son:

$$1 \text{ ppm} = 1 \text{ mg/litro}$$

Ciclo de regeneración

Se calcula teniendo en cuenta la necesidad de agua para una semana, de esta manera efectuar la regeneración los fines de semana, debido a que son los días en los que el consumo y necesidad de agua blanda disminuye.

Cuando el consumo de agua es muy alto o el agua que se utiliza es muy dura el ciclo que se recomienda es de 24 horas para cada unidad, en nuestro caso se efectuará cada 6 días.

Para poder estimar la capacidad del ablandador se debe realizar el siguiente cálculo:

La resina a utilizar como base para el cálculo será la resina Amberlita IR-120plus, la capacidad de la zeolita es de 30 000 granos por pie cúbico de resina. Las características de la resina están especificadas en el Anexo 7. Para seguir con los cálculos se debe establecer una equivalencia entre los sistemas:

$$1 \text{ ppm (Partes por Millón)} = 0.058 \text{ GPG (Granos por Galón)}$$

Continuando con los cálculos, debemos seguir una secuencia de 6 pasos:

6.8.1 DETERMINAR LA DUREZA DEL AGUA

Datos:

Dureza del agua: 300 ppm

Convirtiendo de PPM a GPG:

$$\frac{1 \text{ ppm} \rightarrow 0.058 \text{ GPG}}{300 \text{ ppm} \rightarrow X}$$

$$X = 17.4 \frac{\text{Granos}}{\text{Galones}}$$

6.8.2 DETERMINAR CAPACIDAD DEL AGUA A REGENERAR

Este dato, como mencionamos anteriormente debe ser al 100% del agua requerida por los generadores de vapor, debido a que no hay reposición:

$$\text{Consumo total de agua blanda} = 3.52 \frac{\text{Galones}}{\text{min}}$$

6.8.3 DETERMINAR DE LA ALIMENTACIÓN NETA DE LA CALDERA

En el presente proyecto, no se considera retorno de condensado puesto que el vapor entrará en contacto directo con los postes y adoquines de concreto. Por lo tanto:

$$Q_{\text{NETO}} = 3.52 \frac{\text{Galones}}{\text{min}}$$

6.8.4 DETERMINAR LA ALIMENTACIÓN TOTAL REQUERIDA POR DÍA

Tiempo de operación = 08 Horas por día

$$\text{Caudal Neto} = Q_{\text{NETO}} = 3.52 \frac{\text{Galones}}{\text{min}}$$

$$\text{Consumo total de agua blanda} = 3.52 \frac{\text{Galones}}{\text{min}} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hr}} * \frac{8 \text{ hr}}{\text{día}}$$

$$\text{Consumo total de agua blanda} = 1689.6 \frac{\text{Galones}}{\text{día}} = 6.4 \text{ m}^3$$

6.8.5 DETERMINAR LOS GRANOS TOTALES A REMOVER POR DÍA

Una vez obtenida la alimentación total requerida por día y la dureza en el agua determinaremos los granos totales de dureza a remover por día.

$$= 1689.6 \frac{\text{Galones}}{\text{día}} * 17.4 \frac{\text{Granos}}{\text{Galones}}$$

$$= 29399 \frac{\text{Granos}}{\text{día}}$$

Por lo general se considera un margen de seguridad, en este caso tomaremos el 10%

$$= 292399 \frac{\text{Granos}}{\text{día}} + 10\% * 29399 \frac{\text{Granos}}{\text{día}}$$

$$= 32\ 338 \frac{\text{Granos}}{\text{día}}$$

6.8.6 CAPACIDADES DE LOS SUAVIZADORES

En la selección de un suavizador de agua, primero hay que conocer cuáles son las capacidades de un suavizador comercial.

Los tres niveles convencionales para los suavizadores son:

- 30,000 granos por pie³ de resina (regenerando con 15 libras de sal por pie³ de resina)
- 25,000 granos por pie³ de resina (regenerando con 10 libras de sal por pie³ de resina)
- 20,000 granos por pie³ de resina (regenerando con 5 libras de sal por pie³ de resina)

Para este proyecto, utilizaremos el primer nivel convencional que es cada pie cubico de Amberlita IR-120 tiene una alta capacidad de operación y eficiencia de regeneración removerá 30 000 granos de dureza cuando es regenerado con 15 libras de sal.

$$\frac{30\ 000 \text{ Granos}}{1 \text{ pie cúbico de resina}} = \frac{32\ 338 \frac{\text{Granos}}{\text{día}}}{X}$$

$$X = 1.1 \frac{\text{pie cubico de resina}}{\text{día}}$$

6.8.7 FRECUENCIA DE REGENERACIÓN EN EL SUAVIZADOR

Se debe considerar la frecuencia con la que el sistema debería de regenerarse y se deberá regenerar cada 06 días es cuando los equipos no están siendo utilizados o la planta de vapor no funciona.

Regeneración: Cada 06 días

$$\frac{1.1 \text{ pie cúbico de resina}}{1 \text{ día de operación}} = \frac{X}{6 \text{ días de operación}}$$

$$X = 6.6 \text{ pie}^3$$

6.8.8 DETERMINAR EL CONSUMO DE SAL PARA REGENERACIÓN

El primer nivel convencional que seleccionamos es 30,000 granos por pie³ de resina (regenerando con 15 libras de sal por pie³ de resina).

El Sistema se encontrará regenerando con 15 libras (6.804 kg) de sal por 1pie³ de resina por un día de trabajo tendríamos:

$$\text{Consumo de Sal} = 1.1 \frac{\text{pie cúbico de resina}}{\text{día}} * 15 \frac{\text{libras}}{\text{pie cúbico de resina}} = 16.5 \frac{\text{libras}}{\text{día}}$$

En los 06 días de operación que presenta Concretos Moldeados S.A.C tendremos un Consumo de:

$$\text{Consumo de Sal} = 16.5 \frac{\text{libras}}{\text{día}} * 6 \text{ días de operación} = 99 \text{ libras} = 45 \text{ kg semanales}$$

6.9 DISEÑO DEL TANQUE DE AGUA DE ALIMENTACIÓN

Considerando que el tanque de almacenamiento deberá satisfacer la demanda de las calderas por unos 20 minutos, que sólo debe llenarse hasta un máximo del 70% y el flujo de vapor:

$$\text{Flujo de vapor} = 13.33 \frac{\text{kg}}{\text{min}}$$

$$m = 13.33 \frac{\text{kg}}{\text{min}} \times \text{tiempo de abastecimiento}$$

$$\dot{m} = 13.33 \frac{\text{kg}}{\text{min}} \times 20 \text{ min}$$

$$\dot{m} = 266.6 \text{ kg, se considera la densidad del agua: } \rho = 1 \frac{\text{kg}}{\text{litro}}$$

$$V = 266.6 \text{ litros}$$

Sin embargo, como mencionamos el tanque solo debe encontrarse lleno hasta el 70% de su capacidad, por lo tanto:

$$V = \frac{266.6 \text{ litros}}{0.7} = 380.86 \text{ litros} = 0.39 \text{ m}^3$$

Para dimensionar el tanque, asumimos que $L=2.5D$

$$\text{Volumen} = \frac{\pi * D^2}{4} * L$$

$$\text{Volumen} = \frac{2.5 * \pi * D^2}{4} = 0.39 ; \text{ obtenemos que } D= 0.44\text{m y } L=1.12\text{m}$$

6.10 DISEÑO DE MANIFOLD'S

Para el presente trabajo, contamos con la presencia de 3 Manifold's, como se puede observar a continuación:

Tabla 41: Descripción de Manifold's a considerar en sistema de distribución

EQUIPO	DESCRIPCION
MANIFOLD PRINCIPAL	Situado a la salida del flujo de los calderos de 50BHP
MANIFOLD ADOQUINES	Situado antes de los cuartos de adoquines para recolectar el flujo y distribuirlo
MANIFOLD POSTES	Situado antes de la zona de fraguado de postes

Fuente: Elaboración propia

Determinaremos primero, el diámetro del cabezal o Manifold principal de la sala de calderas.
Para hallar el diámetro correcto, se tomará la capacidad de generación máxima que corresponde al funcionamiento de dos calderos en paralelo.

Aplicamos la fórmula de Continuidad:

$$\dot{m} = \rho \times \bar{V} \times A$$

$$\dot{m} = \frac{\bar{V} \times A}{v}$$

Por ser un cilindro $A = \frac{\pi \times D^2}{4}$

$$\bar{V} = 4 \text{ m/s Velocidad recomendada}$$

$v = v_g$ de Vapor Saturado a $P = 80 \text{ PSI}$ (según Spirax Sarco) Anexo 8

$$\dot{m} = 800 \frac{\text{kg}}{\text{hr}} * \frac{1 \text{ hr}}{3600 \text{ s}}$$

$$\dot{m} = 0.22 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

De tablas hallamos v que es v_g a **80 PSI**

$$v_g = 4.67 \frac{\text{pie}^3}{\text{lb}} * \frac{0.3048 \text{ m}^3}{1 \text{ pie}^3} * \frac{2.2 \text{ lb}}{1 \text{ kg}}$$

$$v_g = 0.29093 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

Entonces: $\dot{m} = \frac{\bar{V} * \pi * D^2}{4 * v}$; despejando D

$$D = \sqrt{\frac{4 * v * \dot{m}}{\bar{V} * \pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0.29093 * 0.22}{4 * \pi}}$$

$$D = 0.204 \text{ m}$$

$$D = 20 \text{ cm}$$

Ahora determinaremos el diámetro del cabezal o Manifold de adoquines. Para hallar el diámetro correcto, se tomará la capacidad de vapor que debe llegar hacia adoquines

Aplicamos la fórmula de Continuidad:

$$\dot{m} = \rho \times \bar{V} \times A$$

$$\dot{m} = \frac{\bar{V} \times A}{v}$$

Por ser un cilindro $A = \frac{\pi \times D^2}{4}$

$$\bar{V} = 4 \text{ m/s Velocidad recomendada}$$

$v = v_g$ de Vapor Saturado a $P = 80 \text{ PSI}$ (según Spirax Sarco) ANEXO 8

$$\dot{m} = 600 \frac{\text{kg}}{\text{hr}} * \frac{1 \text{ hr}}{3600 \text{ s}}$$

$$\dot{m} = 0.17 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

De tablas hallamos v que es v_g a 80 PSI

$$v_g = 4.67 \frac{\text{pie}^3}{\text{lb}} * \frac{0.3048 \text{ m}^3}{1 \text{ pie}^3} * \frac{2.2 \text{ lb}}{1 \text{ kg}} *$$

$$v_g = 0.29093 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

Entonces: $\dot{m} = \frac{\bar{V} * \pi * D^2}{4 * v}$; despejando D

$$D = \sqrt{\frac{4 * v * \dot{m}}{\bar{V} * \pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0.29093 * 0.17}{4 * \pi}}$$

$$D = 0.12 \text{ m}$$

$$D = 12 \text{ cm}$$

Finalmente determinaremos el diámetro del cabezal o Manifold de postes. Para hallar el diámetro correcto, se tomará la capacidad de vapor que debe llegar hacia postes

Aplicamos la fórmula de Continuidad:

$$\dot{m} = \rho \times \bar{V} \times A$$

$$\dot{m} = \frac{\bar{V} \times A}{v}$$

Por ser un cilindro $A = \frac{\pi \times D^2}{4}$

$$\bar{V} = 4 \text{ m/s Velocidad recomendada}$$

$v = v_g$ de Vapor Saturado a $P = 80 \text{ PSI}$ (según Spirax Sarco) Anexo 8

$$\dot{m} = 200 \frac{\text{kg}}{\text{hr}} * \frac{1 \text{ hr}}{3600 \text{ s}}$$

$$\dot{m} = 0.056 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

De tablas hallamos v que es v_g a 80 PSI

$$v_g = 4.67 \frac{\text{pie}^3}{\text{lb}} * \frac{0.3048 \text{ m}^3}{1 \text{ pie}^3} * \frac{2.2 \text{ lb}}{1 \text{ kg}} *$$

$$v_g = 0.29093 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$\text{Entonces: } \dot{m} = \frac{\bar{V} * \pi * D^2}{4 * v}; \text{ despejando } D$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * v * \dot{m}}{\bar{V} * \pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0.29093 * 0.056}{4 * \pi}}$$

$$D = 0.072 \text{ m}$$

$$D = 7.2 \text{ cm}$$

6.11 CÁLCULO DE TUBERÍAS

Para el cálculo de las tuberías podremos dimensionar basándonos en una de los dos tipos. Es muy importante recordar que en nuestros sistemas consideraremos todas las líneas como troncales y utilizaremos el método de velocidades recomendadas

En nuestros sistemas debemos de tener cuidado de no sobredimensionar o subdimensionar las tuberías; a continuación, podemos observar las condiciones para poder aplicar el método elegido:

Tabla 42: Velocidades recomendadas según naturaleza del servicio

Naturaleza del Servicio	Velocidad (ppm)	Velocidad (m/s)
Tuberías Troncales	3000	15
Tuberías Ramales	4000	25

Fuente: Elaboración propia

Se procederá al diseño de tuberías tomando en cuenta a todas las tuberías como troncales y en base a las consideraciones mencionadas en líneas anteriores.

TRAMO a-M

Tramo de alimentación de la Caldera de 100 BHP al Manifold principal

Ingresamos al Anexo 10 con las siguientes condiciones:

Velocidad=3000 ppm

Presión de trabajo = 80 PSI

Temperatura vapor saturado a 80 PSI= 112.17°C

Caudal = 800 kg/hr

Lo que nos arroja un D = 2 pulgadas

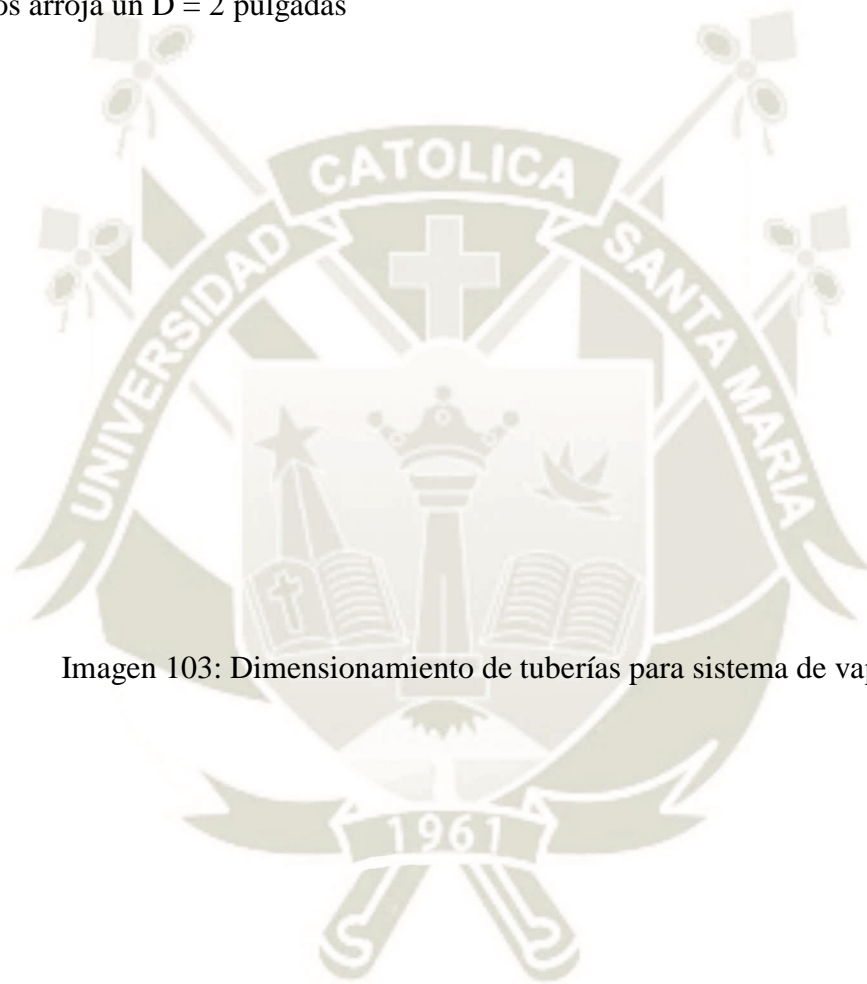
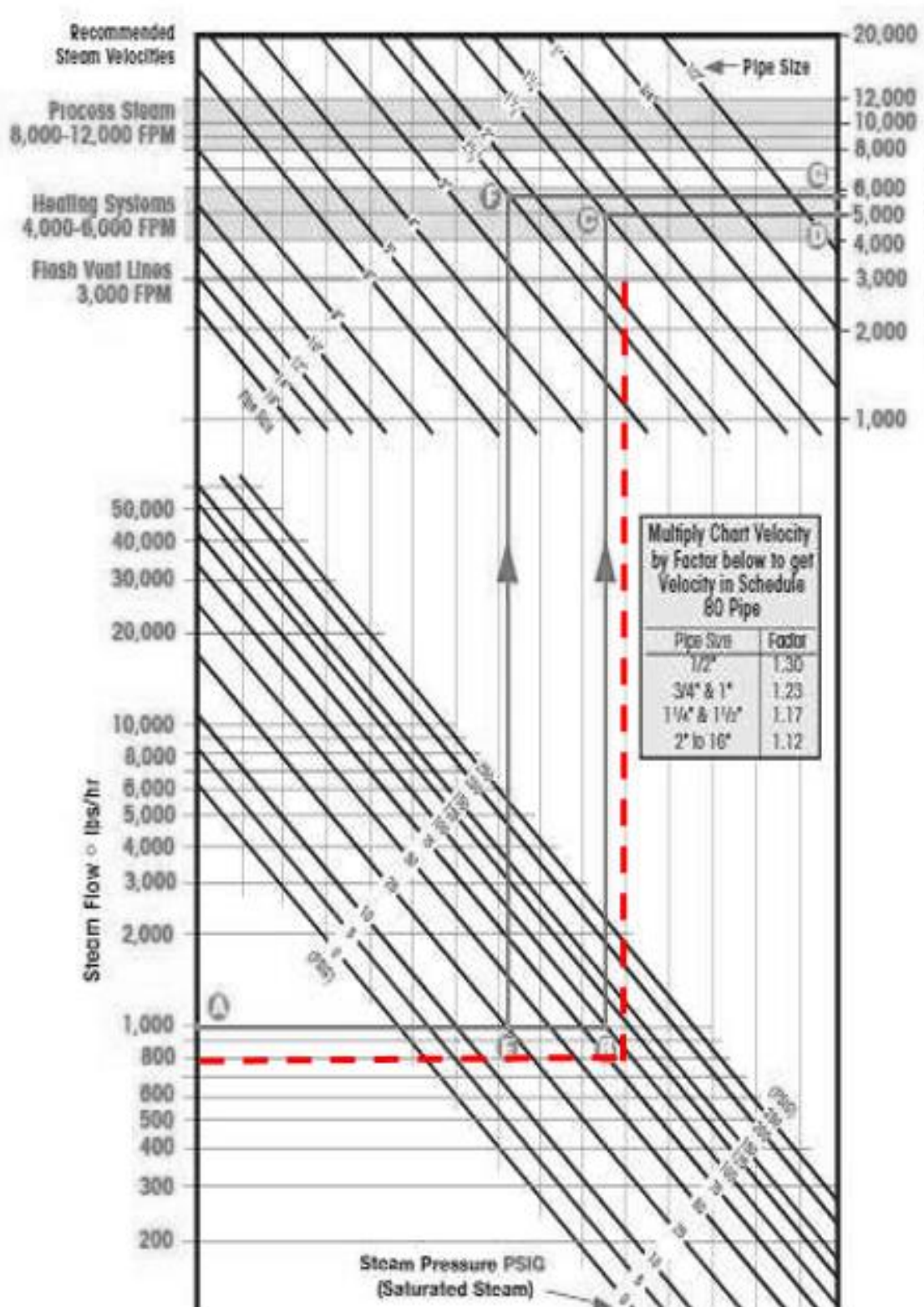


Imagen 103: Dimensionamiento de tuberías para sistema de vapor



Fuente: Elaboración propia

TRAMO b-M

Tramo de alimentación de la Caldera de 50 BHP al Manifold principal

Velocidad=3000 ppm

Presión de trabajo = 80 PSI

Temperatura vapor saturado a 80 PSI= 162.17°C

Caudal = 800 kg/hr

Lo que nos arroja un D = 3 pulgadas

TRAMO P-M´

Tramo de alimentación del Manifold Principal al Manifold del Área de Adoquines

Velocidad=3000 ppm

Presión de trabajo = 80 PSI

Temperatura vapor saturado a 80 PSI= 162.17°C

Caudal = 600 kg/hr

Lo que nos arroja un D = 1.25 pulgadas

TRAMO P-M´´

Tramo de alimentación del Manifold Principal al Manifold del Área de Postes

Velocidad=3000 ppm

Presión de trabajo = 80 PSI

Temperatura vapor saturado a 80 PSI= 162.17°C

Caudal = 200 kg/hr

Lo que nos arroja un D = 1.25 pulgadas

TRAMO Q-u

Tramo de alimentación del Manifold del Área de Adoquines al Cuarto 1 de línea 1

Velocidad=3000 ppm

Presión de trabajo = 80 PSI

Temperatura vapor saturado a 80 PSI= 162.17°C

Caudal = 200 kg/hr

Lo que nos arroja un D =1 pulgada

TRAMO Q-v

Tramo de alimentación del Manifold del Área de Adoquines al Cuarto 2 de línea 1

Velocidad=3000 ppm

Presión de trabajo = 80 PSI

Temperatura vapor saturado a 80 PSI= 162.17°C

Caudal = 600 kg/hr

Lo que nos arroja un D =1.25 pulgadas

TRAMO Q-w

Tramo de alimentación del Manifold del Área de Adoquines al Cuarto 3 de línea 1

Velocidad=3000 ppm

Presión de trabajo = 80 PSI

Caudal = 600 kg/hr

Lo que nos arroja un D =1.25 pulgadas

TRAMO Q-x

Tramo de alimentación del Manifold del Área de Adoquines al Cuarto 4 de línea 1

Velocidad=3000 ppm

Presión de trabajo = 80 PSI

Caudal = 600 kg/hr

Lo que nos arroja un $D = 1.25$ pulgadas

TRAMO Q-y

Tramo de alimentación del Manifold del Área de Adoquines al Cuarto 5 de línea 1

Velocidad=3000 ppm

Presión de trabajo = 80 PSI

Caudal = 600 kg/hr

Lo que nos arroja un $D = 1.25$ pulgadas

TRAMO T-c

Tramo de alimentación del Manifold del Área de Postes a la toma 1 de línea 1

Velocidad=3000 ppm

Presión de trabajo = 80 PSI

Caudal = 200 kg/hr

Lo que nos arroja un $D = 1.25$ pulgadas

TRAMO T-d

Tramo de alimentación del Manifold del Área de Postes a la toma 2 de línea 1

Velocidad=3000 ppm

Presión de trabajo = 80 PSI

Caudal = 200 kg/hr

Lo que nos arroja un $D = 1.25$ pulgadas

TRAMO T-e

Tramo de alimentación del Manifold del Área de Postes a la toma 3 de línea 1

Velocidad=3000 ppm

Presión de trabajo = 80 PSI

Caudal = 200 kg/hr

Lo que nos arroja un D =1 pulgadas

TRAMO T-f

Tramo de alimentación del Manifold del Área de Postes a la toma 4 de línea 1

Velocidad=3000 ppm

Presión de trabajo = 80 PSI

Caudal = 200 kg/hr

Lo que nos arroja un D =1 pulgadas

TRAMO T-g

Tramo de alimentación del Manifold del Área de Postes a la toma 5 de línea 1

Velocidad=3000 ppm

Presión de trabajo = 80 PSI

Caudal = 200 kg/hr

Lo que nos arroja un D =1 pulgadas

TRAMO T-h

Tramo de alimentación del Manifold del Área de Postes a la toma 6 de línea 1

Velocidad=3000 ppm

Presión de trabajo = 80 PSI

Caudal = 200 kg/hr

Lo que nos arroja un D =1 pulgadas

TRAMO T-i

Tramo de alimentación del Manifold del Área de Postes a la toma 7 de línea 1

Velocidad=3000 ppm

Presión de trabajo = 80 PSI

Caudal = 200 kg/hr

Lo que nos arroja un $D = 1$ pulgadas

TRAMO T-j

Tramo de alimentación del Manifold del Área de Postes a la toma 8 de línea 1

Velocidad=3000 ppm

Presión de trabajo = 80 PSI

Caudal = 200 kg/hr

Lo que nos arroja un $D = 1$ pulgadas

TRAMO T-k

Tramo de alimentación del Manifold del Área de Postes a la toma 9 de línea 1

Velocidad=3000 ppm

Presión de trabajo = 80 PSI

Caudal = 200 kg/hr

Lo que nos arroja un $D = 1$ pulgadas

TRAMO T-l

Tramo de alimentación del Manifold del Área de Postes a la toma 10 de línea 1

Velocidad=3000 ppm

Presión de trabajo = 80 PSI

Caudal = 200 kg/hr

Lo que nos arroja un $D = 1$ pulgadas

TRAMO Q-u´

Tramo de alimentación del Manifold del Área de Adoquines al Cuarto 1 de línea 2

Velocidad=3000 ppm

Presión de trabajo = 80 PSI

Caudal = 200 kg/hr

Lo que nos arroja un D =1 pulgadas

TRAMO Q-v´

Tramo de alimentación del Manifold del Área de Adoquines al Cuarto 2 de línea 2

Velocidad=3000 ppm

Presión de trabajo = 80 PSI

Caudal = 600 kg/hr

Lo que nos arroja un D =1.25 pulgadas

TRAMO Q-w´

Tramo de alimentación del Manifold del Área de Adoquines al Cuarto 3 de línea 2

Velocidad=3000 ppm

Presión de trabajo = 80 PSI

Caudal = 600 kg/hr

Lo que nos arroja un D =1.25 pulgadas

TRAMO Q-x´

Tramo de alimentación del Manifold del Área de Adoquines al Cuarto 4 de línea 2

Velocidad=3000 ppm

Presión de trabajo = 80 PSI

Caudal = 600 kg/hr

Lo que nos arroja un D =1.25 pulgadas

TRAMO Q-y´

Tramo de alimentación del Manifold del Área de Adoquines al Cuarto 5 de línea 2

Velocidad=3000 ppm

Presión de trabajo = 80 PSI

Caudal = 600 kg/hr

Lo que nos arroja un D =1.25 pulgadas

TRAMO T-c´

Tramo de alimentación del Manifold del Área de Postes a la toma 1 de la línea 2

Velocidad=3000 ppm

Presión de trabajo = 80 PSI

Caudal = 200 kg/hr

Lo que nos arroja un D =1 pulgadas

TRAMO T-d´

Tramo de alimentación del Manifold del Área de Postes a la toma 2 de línea 2

Velocidad=3000 ppm

Presión de trabajo = 80 PSI

Caudal = 200 kg/hr

Lo que nos arroja un D =1 pulgadas

TRAMO T-e´

Tramo de alimentación del Manifold del Área de Postes a la toma 3 de línea 2

Velocidad=3000 ppm

Presión de trabajo = 80 PSI

Caudal = 200 kg/hr

Lo que nos arroja un $D = 1$ pulgadas

TRAMO T-f´

Tramo de alimentación del Manifold del Área de Postes a la toma 4 de línea 2

Velocidad=3000 ppm

Presión de trabajo = 80 PSI

Caudal = 200 kg/hr

Lo que nos arroja un $D = 1$ pulgadas

TRAMO T-g´

Tramo de alimentación del Manifold del Área de Postes a la toma 5 de línea 2

Velocidad=3000 ppm

Presión de trabajo = 80 PSI

Caudal = 200 kg/hr

Lo que nos arroja un $D = 1$ pulgadas

TRAMO T-h´

Tramo de alimentación del Manifold del Área de Postes a la toma 6 de línea 2

Velocidad=3000 ppm

Presión de trabajo = 80 PSI

Caudal = 200 kg/hr

Lo que nos arroja un $D = 1.25$ pulgadas

TRAMO T-i´

Tramo de alimentación del Manifold del Área de Postes a la toma 7 de línea 2

Velocidad=3000 ppm

Presión de trabajo = 80 PSI

Caudal = 200 kg/hr

Lo que nos arroja un D =1 pulgadas

TRAMO T-j´

Tramo de alimentación del Manifold del Área de Postes a la toma 8 de línea 2

Velocidad=3000 ppm

Presión de trabajo = 80 PSI

Caudal = 200 kg/hr

Lo que nos arroja un D =1 pulgadas

TRAMO T-k´

Tramo de alimentación del Manifold del Área de Postes a la toma 9 de línea 2

Velocidad=3000 ppm

Presión de trabajo = 80 PSI

Caudal = 200 kg/hr

Lo que nos arroja un D =1 pulgadas

TRAMO T-l´

Tramo de alimentación del Manifold del Área de Postes a la toma 10 de línea 2

Velocidad=3000 ppm

Presión de trabajo = 80 PSI

Caudal = 200 kg/hr

Lo que nos arroja un D =1 pulgadas

A continuación, podemos ver una tabla con el consolidado de las demandas y diámetros de tuberías.

Nº	Tramo	Demanda (kg/hr)	Método de cálculo	Velocidad flujo (m/s)	Diámetro Comercial (pulg)	Espesor Comercial Weight Class	Espesor Comercial Schedule	Longitud (m)
1	aM	800	VR	15	2	SID	40	10.7
2	bM	800	VR	15	2	SID	40	69
3	PM''	200	VR	15	1	SID	40	45.7
4	PM'	600	VR	15	1.25	SID	40	21.2
5	Tc	200	VR	15	1	SID	40	6.7
6	Td	200	VR	15	1	SID	40	5.4
7	Te	200	VR	15	1	SID	40	4.2
8	Tf	200	VR	15	1	SID	40	2.9
9	Tg	200	VR	15	1	SID	40	1.6
10	Th	200	VR	15	1	SID	40	1.6
11	Ti	200	VR	15	1	SID	40	2.9
12	Tj	200	VR	15	1	SID	40	4.2
13	Tk	200	VR	15	1	SID	40	5.4
14	Th	200	VR	15	1	SID	40	6.7
15	Tc'	200	VR	15	1	SID	40	2.4
16	Td'	200	VR	15	1	SID	40	22.8
17	Te'	200	VR	15	1	SID	40	21.5
18	Tf'	200	VR	15	1	SID	40	20.3
19	Tg'	200	VR	15	1	SID	40	1.9
20	Th'	200	VR	15	1	SID	40	1.9
21	Ti'	200	VR	15	1	SID	40	20.3
22	Tj'	200	VR	15	1	SID	40	21.5
23	Tk'	200	VR	15	1	SID	40	22.8
24	Th'	200	VR	15	1	SID	40	2.4
25	Qu	600	VR	15	1.25	SID	40	3.5
26	Qv	600	VR	15	1.25	SID	40	7.5
27	Qw	600	VR	15	1.25	SID	40	12.5
28	Qx	600	VR	15	1.25	SID	40	17.5
29	Qy	600	VR	15	1.25	SID	40	22.5
30	Qu'	600	VR	15	1.25	SID	40	3.5
31	Qv'	600	VR	15	1.25	SID	40	7.5
32	Qw'	600	VR	15	1.25	SID	40	12.5
33	Qx'	600	VR	15	1.25	SID	40	17.5
34	Qy'	600	VR	15	1.25	SID	40	22.5

Fuente: Elaboración propia

6.12 CÁLCULO DE AISLAMIENTO

En la selección siguiente indicaremos aquellos espesores mínimos aconsejables por la compañía ISOVER en sus productos ROCLAINÉ en función de las temperaturas de trabajo más usuales diámetro de la tubería y del rendimiento óptimo del material aislante.

Seguiremos el siguiente procedimiento para el cálculo del aislamiento:

Seleccionaremos el Espesor de Aislamiento Optimo del **Anexo 2**.

Para realizar este paso debemos de tener el siguiente dato:

- Presión y temperatura de saturación de trabajo
- Diámetro comercial del tramo, que ya se ha calculado
- Obtenemos Perdidas Unitarias y Temperatura Exterior del **Anexo 2**.

Para el material aislante necesitaremos:

Presión y temperatura de saturación de trabajo

Diámetro comercial del tramo que ya se ha calculado

Obtenemos Perdidas de calor de una Tubería Sin **Anexo 9**.

Asumiremos una temperatura ambiente de 70 °F // 21°C, ingresaremos con la temperatura de saturación de trabajo y obtenemos las pérdidas de calor.

Para el cálculo de la eficiencia del aislamiento en la tubería de vapor, se establece que esta deberá ser superior al 80% de lo contrario tendremos que seleccionar dos capas a más para obtener perdidas de calor unitarias menores.

Para el cálculo del espesor del aislamiento optimo en las tuberías principales de la red de vapor, procedemos a utilizar los fundamentos de transferencia de calor y las fórmulas en este caso aplicaremos el procedimiento completo para la zona de postes y de adoquines.

Selección de aislamiento tramo de alimentación de Caldera 100 BHP a Manifold Principal
(TRAMO a-M)

Siguiendo el procedimiento antes mencionado procederemos.

Determinación del diámetro del espesor óptimo.

Diámetro de la tubería: 50 mm / 2 Pulg

Presión Trabajo: 1.5 bar(r) / 80 PSI

Temperatura Saturación de Tablas: 324 °F / 162.22 °C

Ingresando **ANEXO 2**, con el diámetro de la tubería y la temperatura de saturación obtenemos:

Diámetro del Aislamiento: 40 mm

Material: Coquilla Roclaine

Perdidas unitarias y temperatura exterior

Diámetro de la tubería: 50 mm / 2 Pulg

Temperatura Saturación de Tablas: 324 °F / 162.22 °C

Ingresando al **ANEXO 2**. Tabla 3 con el diámetro de la tubería y la temperatura de saturación obtenemos:

Perdidas unitarias de Calor **q_L** : 54.2 W/m

Temperatura Exterior (Revestimiento) **T_{se}** : 43.2 °C

$$\text{Total } q_L = 54.2 \frac{\text{W}}{\text{m}} * 10.7 \text{ m}$$

$$\text{Total } q_L = 579.94 \text{ W}$$

Determinación de pérdidas de calor de una tubería sin aislamiento

Diámetro de la tubería: 50 mm / 2 Pulg

Temperatura Ambiente: 71.6 °F / 22 °C; Temperatura Saturación: 324 °F / 162.22 °C

Ingresando al **ANEXO 9**. Figura 1 con la temperatura de saturación en Fahrenheit y
obtenemos: Perdidas de Calor Tubería Desnuda **H**: 400 BTU/hr/pie²

$$\text{Área de la Tubería} = \pi * De * L = \pi * 0.0889 * 10.7, \text{ m}^2$$

$$\text{Área de la Tubería} = 2.03 \text{ m}^2 = 21.85 \text{ Pies}^2$$

$$H = 400 \frac{\text{BTU}}{\text{hr} * \text{pie}^2} * \text{Area de la tubería}$$

$$H = 400 \frac{\text{BTU}}{\text{hr} * \text{pie}^2} * 21.85 \text{ pie}^2$$

$$H = 8740 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}} * \frac{0.292 \text{ W}}{1 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}}$$

$$\mathbf{H = 2552.17 \text{ W}}$$

Cálculo de la eficiencia del aislamiento en la tubería de vapor.

Determinaremos la Eficiencia con los valores Encontrados Anteriormente

$$\eta = \left(\frac{H - q_L}{H} \right) * 100$$

η : Eficiencia del Aislamiento (%)

H: Perdidas de Calor Tubería Desnuda (W); q_L : Perdidas de Calor Tubería Aislada (W)

$$\eta = \left(\frac{2552.17 \text{ W} - 579.949 \text{ W}}{2552.17 \text{ W}} \right) * 100$$

$$\mathbf{\eta = 97.89\%}$$

A continuación, podemos observar un consolidado con todos los cálculos de aislamiento para los diferentes tramos:



N°	Tramo	Diámetro Nominal	Temperatura exterior Tse(°C)	Perdidas unitarias qL (W/m)	Longitud (m)	Diámetro exterior (m)	Área tubería (m ²)	Área tubería (pie ²)	Perdidas Cabor c/aislamiento qL (W)	Perdida Cabor tubería sin Aislamiento H (BTU/hr/pie ²)	Perdidas Cabor s/aislamiento H (W)	Eficiencia Aislamiento n(%)	Tipo de Aislamiento
1	aM	50	432	54.2	10.7	0.0603	2.03	21.85	579.94	400	2552.17	97.89%	Coquilla Roclairne
2	bM	50	432	54.2	69	0.0603	1.31	21.85	373.98	400	2552.17	98.64%	Coquilla Roclairne
3	PM''	25	40	37.9	45.7	0.0422	0.51	5.49	1732.03	400	641.18	74.90%	Coquilla Roclairne
4	PM'	32	41.9	47.1	21.2	0.00356	2.22	23.90	998.52	400	2791.04	96.68%	Coquilla Roclairne
5	Tc	25	40	37.9	6.7	0.0334	0.70	7.53	253.93	400	880.06	97.32%	Coquilla Roclairne
6	Td	25	40	37.9	5.4	0.0334	0.57	6.14	204.66	400	716.62	97.35%	Coquilla Roclairne
7	Te	25	40	37.9	4.2	0.0334	0.44	4.74	159.18	400	553.18	97.33%	Coquilla Roclairne
8	Tf	25	40	37.9	2.9	0.0334	0.30	3.23	109.91	400	377.17	97.29%	Coquilla Roclairne
9	Tg	25	40	37.9	1.6	0.0334	0.17	1.83	60.64	400	213.73	97.36%	Coquilla Roclairne
10	Th	25	40	37.9	1.6	0.0334	0.17	1.83	60.64	400	213.73	97.36%	Coquilla Roclairne
11	Ti	25	40	37.9	2.9	0.0334	0.30	3.23	109.91	400	377.17	97.29%	Coquilla Roclairne
12	Tj	25	40	37.9	4.2	0.0334	0.44	4.74	159.18	400	553.18	97.33%	Coquilla Roclairne
13	Tk	25	40	37.9	5.4	0.0334	0.57	6.14	204.66	400	716.62	97.35%	Coquilla Roclairne
14	Tl	25	40	37.9	6.7	0.0334	0.70	7.53	253.93	400	880.06	97.32%	Coquilla Roclairne
15	Tc'	25	40	37.9	2.4	0.0334	2.52	27.13	909.6	400	3168.21	97.33%	Coquilla Roclairne
16	Td'	25	40	37.9	22.8	0.0334	2.39	25.73	864.12	400	3004.77	97.33%	Coquilla Roclairne
17	Te'	25	40	37.9	21.5	0.0334	2.26	24.33	814.85	400	2841.33	97.34%	Coquilla Roclairne
18	Tf'	25	40	37.9	20.3	0.0334	2.13	22.93	769.37	400	2677.89	97.33%	Coquilla Roclairne
19	Tg'	25	40	37.9	1.9	0.0334	1.99	21.42	720.1	400	2501.88	97.33%	Coquilla Roclairne
20	Th'	25	40	37.9	1.9	0.0334	1.99	21.42	720.1	400	2501.88	97.33%	Coquilla Roclairne
21	Ti'	25	40	37.9	20.3	0.0334	2.13	22.93	769.37	400	2677.89	97.33%	Coquilla Roclairne
22	Tj'	25	40	37.9	21.5	0.0334	2.26	24.33	814.85	400	2841.33	97.34%	Coquilla Roclairne
23	Tk'	25	40	37.9	22.8	0.0334	2.39	25.73	864.12	400	3004.77	97.33%	Coquilla Roclairne
24	Tl'	25	40	37.9	2.4	0.0334	2.52	27.13	909.6	400	3168.21	97.33%	Coquilla Roclairne
25	Qu	32	41.9	47.1	3.5	0.0603	0.66	7.10	164.85	400	829.77	98.15%	Coquilla Roclairne
26	Qv	32	41.9	47.1	7.5	0.0603	1.42	15.28	353.25	400	1785.26	98.16%	Coquilla Roclairne
27	Qw	32	41.9	47.1	12.5	0.0603	2.37	25.51	588.75	400	2979.62	98.16%	Coquilla Roclairne
28	Qx	32	41.9	47.1	17.5	0.0603	3.32	35.74	824.25	400	4173.99	98.17%	Coquilla Roclairne
29	Qy	32	41.9	47.1	22.5	0.0603	4.26	45.85	1059.75	400	5355.78	98.16%	Coquilla Roclairne
30	Qu'	32	41.9	47.1	3.5	0.0603	0.66	7.10	164.85	400	829.77	98.15%	Coquilla Roclairne
31	Qv'	32	41.9	47.1	7.5	0.0603	1.42	15.28	353.25	400	1785.26	98.16%	Coquilla Roclairne
32	Qw'	32	41.9	47.1	12.5	0.0603	2.37	25.51	588.75	400	2979.62	98.16%	Coquilla Roclairne
33	Qx'	32	41.9	47.1	17.5	0.0603	3.32	35.74	824.25	400	4173.99	98.17%	Coquilla Roclairne
34	Qy'	32	41.9	47.1	22.5	0.0603	4.26	45.85	1059.75	400	5355.78	98.16%	Coquilla Roclairne

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO VII

7. PRESUPUESTO OBRA

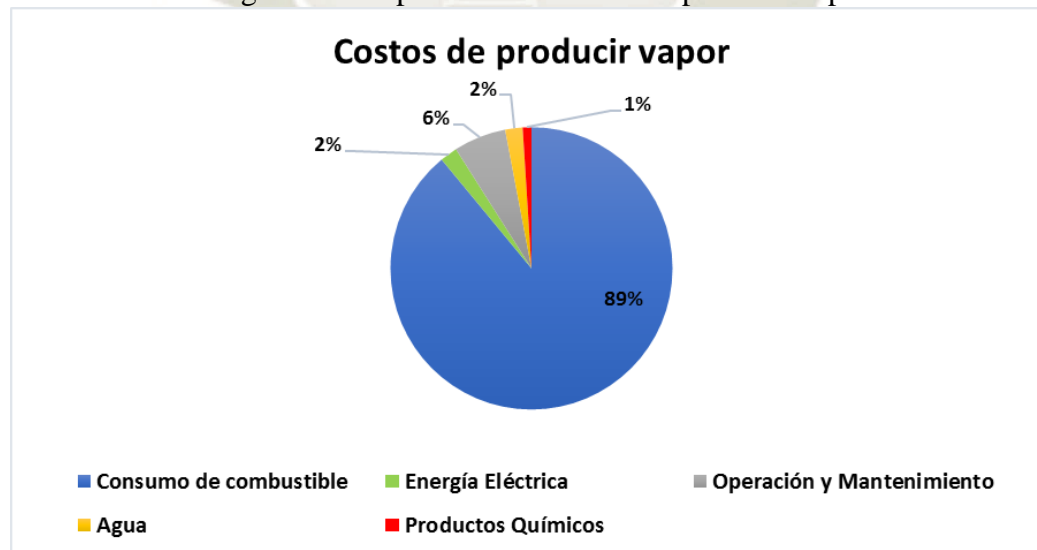
7.1 FACTORES QUE DETERMINAN EL COSTO DEL SISTEMA

Según un estudio realizado en el año 2015 por Spirax Sarco¹, determinaron que, dentro de los costos asociados a la generación de vapor, las principales variables son:

- Consumo de combustible
- Consumo de productos químicos (sales)
- Consumo del agua de reposición
- Consumo de energía eléctrica en caso se requiera
- Consto asociado a operación y mantenimiento

A continuación, podemos observar con mayor detalle, los porcentajes que se consideraron para cada una de las variables.

Imagen 104:Proporciones de costo de producir vapor



Fuente: Elaboración propia

¹ Véase: ¿Cómo calcular el coste de producir vapor en la industria?, Spirax Sarco, 2015

Como se pudo observar dentro de la imagen anterior, el costo asociado al combustible representa alrededor del 89% del costo de generación de vapor, al emplear gas o petróleo como en el presente proyecto, en caso se utilice carbón como viene haciendo hasta la actualidad la empresa, su influencia es menor, pero sigue siendo el más importante en relación a otros costos involucrados.

Sin embargo, los costos mencionados anteriormente entran en acción cuando se dispone de toda la instalación implementada, al no encontrarnos con dicha situación, se deben evaluar otras variables que tendrán gran influencia en el costo final de todo el proyecto, estas son:

- Costo de la(s) caldera(s)
- Costo de accesorios (tuberías, tanques de almacenamiento, etc.)
- Años de vida la caldera
- Gastos de mantenimiento
- Precio del combustible y variaciones

7.2 COSTO TOTAL DEL PROYECTO

El costo total para este proyecto estará desarrollado en base a la tasación o estimación económica, dado por el total de costos involucrados en el sistema de distribución de vapor para Concretos Moldeados S.A.C.

La finalidad de establecer este presupuesto corresponde a tener una idea aproximada y lo más cercana a la realidad del importe total que demandará la ejecución de este proyecto.

7.2.1 COSTO DE LOS MATERIALES

El costo de los materiales, se refiere al detalle de los metros lineales de todas las tuberías, accesorios de las tuberías llámense codos, tees, uniones etc. Además de los equipos como los calderos, bombas, tanques.

Debido a que ya contamos con una distribución potencial de todo el sistema de vapor, podemos realizar el conteo y metraje de los elementos que intervienen, se procederá a cotizar el costo unitario de cada elemento, para poder tener una estimación del costo de inversión para el proyecto:

Tabla 45: Costo total de materiales del proyecto

MATERIAL	MEDIDA	UNIDAD	CANT	DESCRIPCION	Costo UNIT	VALOR TOTAL
Tubería H/N	2"	mts	18	CEDULA 40	S/. 105.00	S/. 1,848.00
Tubería H/N	1-1/4 "	mts	324	CEDULA 40	S/. 65.00	S/. 21,040.50
Tubería H/N	1"	mts	88	CEDULA 40	S/. 55.00	S/. 4,851.00
TEE	STD	und	4	CLASE 300	S/. 9.60	S/. 38.40
CODO	STD	und	36	CLASE 300	5.5	S/. 198.00
AISLAMIENTO TÉRMICO	2"	mts	430	CON FORRO INOX 304	S/. 80.00	S/. 34,360.00
SOPORTERÍA	-	und	55	CADA 5M	S/. 140.00	S/. 7,700.00
CALDERA	50 BHP	und	2	PIROTUBULAR	S/. 60,000.00	S/. 120,000.00
BOMBA DE AGUA	1 HP	und	1	CENTRIFUGA	S/. 300.00	S/. 300.00
TANQUE DE AGUA	400 l	und	1	POLIETILENO	S/. 360.00	S/. 360.00
TANQUE DIARIO DE COMBUSTIBLE	1000 l	und	1	HDPE	S/. 1,200.00	S/. 1,200.00
TANQUE DE RESERVA	5000 l	und	1	HDPE	S/. 5,500.00	S/. 5,500.00
MANIFOLD PRINCIPAL	800 kg/hr	und	1	TUBERIA ADAPTADA	S/. 4,200.00	S/. 4,200.00
MANIFOLD POSTES	200 kg/hr	und	1	TUBERIA ADAPTADA	S/. 2,150.00	S/. 2,150.00
MANIFOLD ADOQUINES	600 kg/hr	und	1	TUBERIA ADAPTADA	S/. 3,400.00	S/. 3,400.00
TOTAL						S/. 207,145.90

Fuente: Elaboración propia

7.3. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD FINANCIERA

El beneficio que le brindará al proyecto en cuanto a la mejora en producción será notable, debido a que se podrán fabricar una mayor cantidad de productos, en un menor tiempo ya que se podrá acelerar el proceso de fraguado, sobretodo dentro de los adoquines. Donde en tan sólo 24 horas podremos tener un adoquín que alcanza resistencias exigidas por las normas técnicas.

A continuación, podremos analizar, el incremento en capacidad que se tiene con el sistema propuesto:

Tabla 46: Incremento en la capacidad de planta

	Producto	m3 de concreto por día	Cantidad (unidades)
ACTUAL	Postes	10	40
	Adoquines	20	12500
PROYECTO	Postes	10	50
	Adoquines	40	25000

Fuente: Elaboración propia

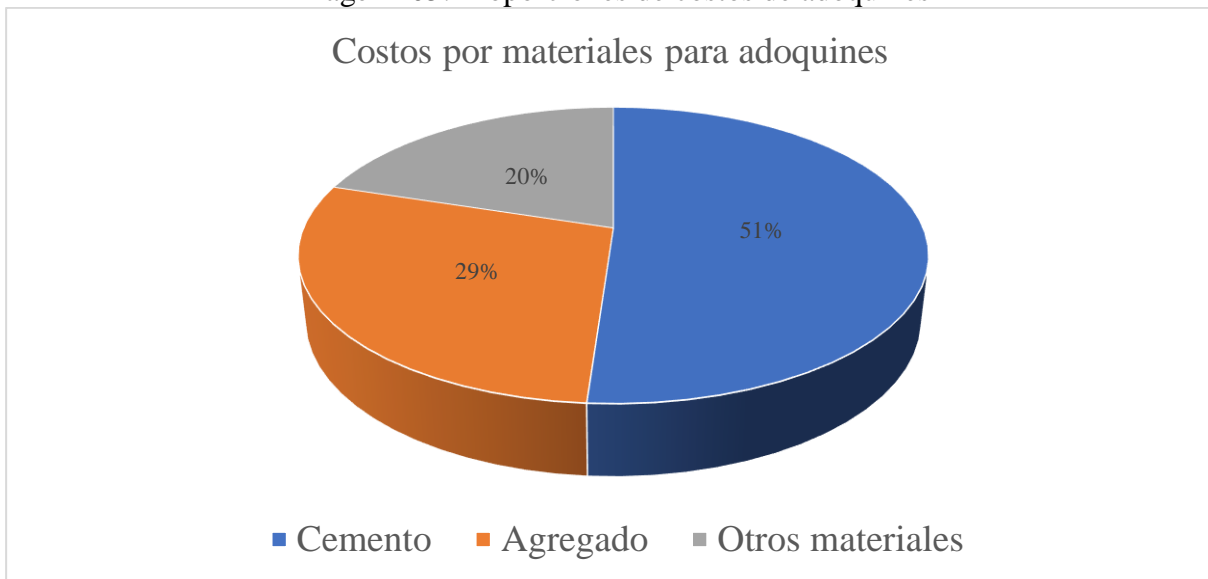
Procederemos a detallar los costos actuales de cada producto que se encuentra estudiado en el presente trabajo.

Tabla 47:Detalle de costo de adoquines

ADOQUINES	
Material	50 unid = 1 m2
Cemento	S/. 16.00
Agregado	S/. 9.00
Otros materiales	S/. 6.30
Costo total	S/. 31.30
Precio venta	S/. 48.00
Utilidad	S/. 16.70
Utilidad unitaria	S/. 0.33

Fuente: Elaboración propia

Imagen 105: Proporciones de costos de adoquines



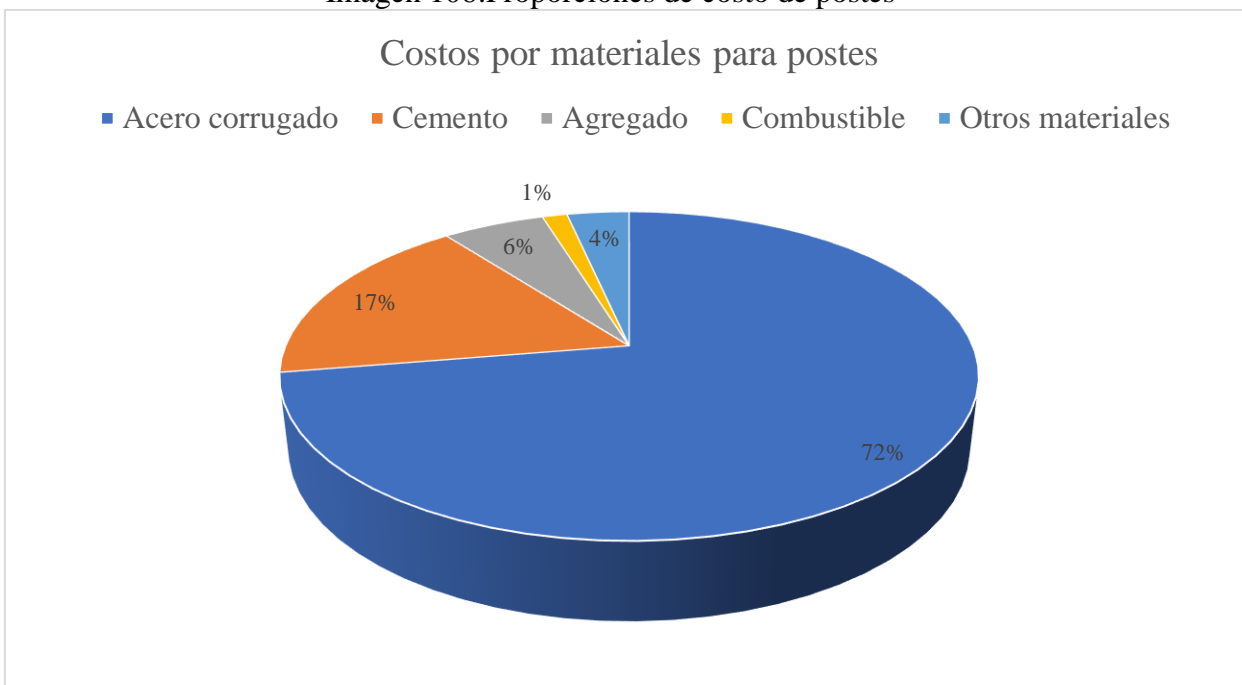
Fuente: Elaboración propia

Tabla 48:Detalle de costo de postes

POSTES	
Material	1 unidad
Acero corrugado	S/. 190.00
Cemento	S/. 45.00
Agregado	S/. 14.80
Combustible	S/. 3.60
Otros materiales	S/. 9.00
Costo total	S/. 262.40
Precio venta	S/. 350.00
Utilidad unitaria	S/. 87.60

Fuente: Elaboración propia

Imagen 106: Proporciones de costo de postes



Fuente: Elaboración propia

Se puede detectar un incremento en el costo de combustible, debido que se está realizando el cambio de carbón, una fuente de energía con altos índices de contaminación, por la propuesta de utilizar gas natural o en su defecto D-2.

Tabla 49: Costos de combustible

Combustible	Consumo diario	Precio (S/)	Total Diario	Capacidad (m3)	Costo por m3
Carbón	360 kg	S/ 1.50 por kg	S/. 540.00	30	S/. 18.00
Diésel-2	240 gal	S/ 12.7 por galón	S/. 3,048.00	50	S/. 60.96
Gas	736 m3	S/ 1.50 por m3	S/. 1,104.00	50	S/. 22.08

Fuente: Elaboración propia

Este impacto del cambio de combustible podrá ser detallado de la siguiente manera en el costo de cada uno de los productos, es decir, postes y adoquines.

Tabla 50: Utilidad por adoquín con diferentes combustibles

ADOQUINES		
50 unid = 0.08 m3		
Material	GAS NATURAL	D-2
Cemento	S/. 16.00	S/. 16.00
Agregado	S/. 9.00	S/. 9.00
Otros materiales	S/. 6.30	S/. 6.30
Combustible	S/. 1.77	S/. 4.88
Costo total	S/. 33.07	S/. 36.18
Precio venta	S/. 48.00	S/. 48.00
Utilidad	S/. 14.93	S/. 11.82
Utilidad unitaria	S/. 0.30	S/. 0.24

Fuente: Elaboración propia

Tabla 51: Variaciones en costos de adoquines

Utilidad unitaria	Variación (S/)	Variación %
Gas natural vs Carbón	-S/. 0.04	-11%
D-2 vs Carbón	-S/. 0.10	-29%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 52: Utilidad por poste con diferentes combustibles

POSTES		
1 unid = 0.2 m3		
Material	GAS NATURAL	D-2
Acero corrugado	S/. 190.00	S/. 190.00
Cemento	S/. 45.00	S/. 45.00
Agregado	S/. 14.80	S/. 14.80
Otros materiales	S/. 9.00	S/. 9.00
Combustible	S/. 4.42	S/. 12.19
Costo total	S/. 263.22	S/. 270.99
Precio venta	S/. 350.00	S/. 350.00
Utilidad	S/. 86.78	S/. 79.01

Fuente: Elaboración propia

Tabla 53: Variaciones en costo de postes

Utilidad unitaria	Variación (S/)	Variación %
Gas natural vs Carbón	-S/. 0.82	-1%
D-2 vs Carbón	-S/. 8.59	-10%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 54: Detalle de costos por producto

Combustible	ACTUAL		PROPUESTO			
	CARBON		GAS NATURAL		D-2	
Producto	Adoquines	Postes	Adoquines	Postes	Adoquines	Postes
Capacidad (m3)	20	10	40	10	40	10
Demanda Pronosticada (unid)	12500	50	25000	50	25000	50
Precio Venta (S/)	0.96	S/. 350.00	S/. 0.96	S/. 350.00	S/. 0.96	S/. 350.00
Costo unitario (S/)	S/. 0.63	S/. 262.40	S/. 0.66	S/. 263.22	S/. 0.72	S/. 270.99
INGRESO TOTAL (S/)	S/. 12,000.00	S/. 17,500.00	S/. 24,000.00	S/. 17,500.00	S/. 24,000.00	S/. 17,500.00
COSTO TOTAL (S/)	S/. 7,825.00	S/. 13,120.00	S/. 16,533.20	S/. 13,160.80	S/. 18,088.40	S/. 13,549.60
GANANCIAS DIARIA	S/. 4,175.00	S/. 4,380.00	S/. 7,466.80	S/. 4,339.20	S/. 5,911.60	S/. 3,950.40
	S/. 8,555.00		S/. 11,806.00		S/. 9,862.00	

Fuente: Elaboración propia

Pero para tener una idea mucho más cercana a la realidad, se ha procedido a realizar un pronóstico con índices de estacionalidad para los adoquines y postes.

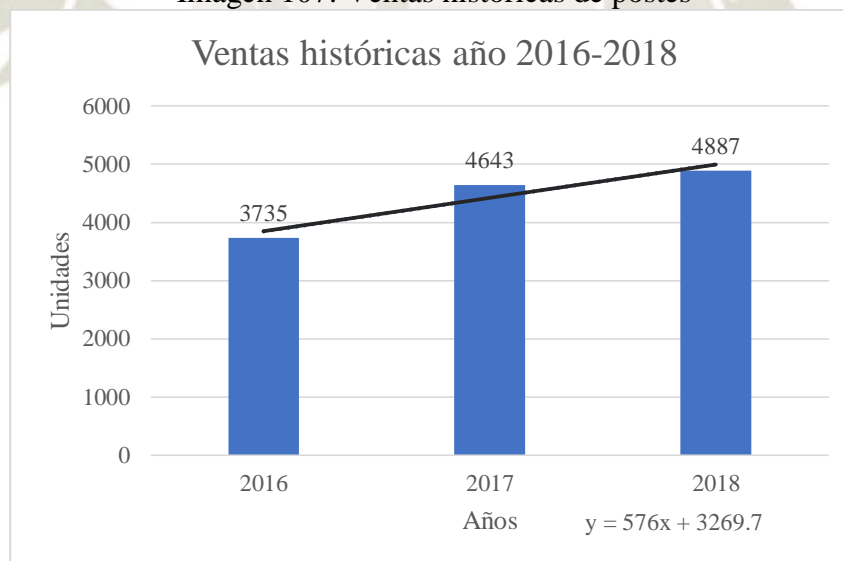
Postes de concreto armado centrifugado

Tabla 55: Demanda mensual de postes

MESES	2016	2017	2018	PROMEDIO	IE
ENERO	320	398	420	379.33	1.03
FEBRERO	215	352	360	309.00	0.84
MARZO	390	415	410	405.00	1.10
ABRIL	170	230	395	265.00	0.72
MAYO	60	215	380	218.33	0.59
JUNIO	370	296	415	360.33	0.98
JULIO	400	451	380	410.33	1.11
AGOSTO	350	406	462	406.00	1.10
SEPTIEMBRE	450	442	410	434.00	1.18
OCTUBRE	380	507	350	412.33	1.12
NOVIEMBRE	430	499	520	483.00	1.31
DICIEMBRE	200	432	385	339.00	0.92
TOTAL	3735	4643	4887	368.5	12.00

Fuente: Elaboración propia

Imagen 107: Ventas históricas de postes



	UNIDADES
AÑO 4	5574

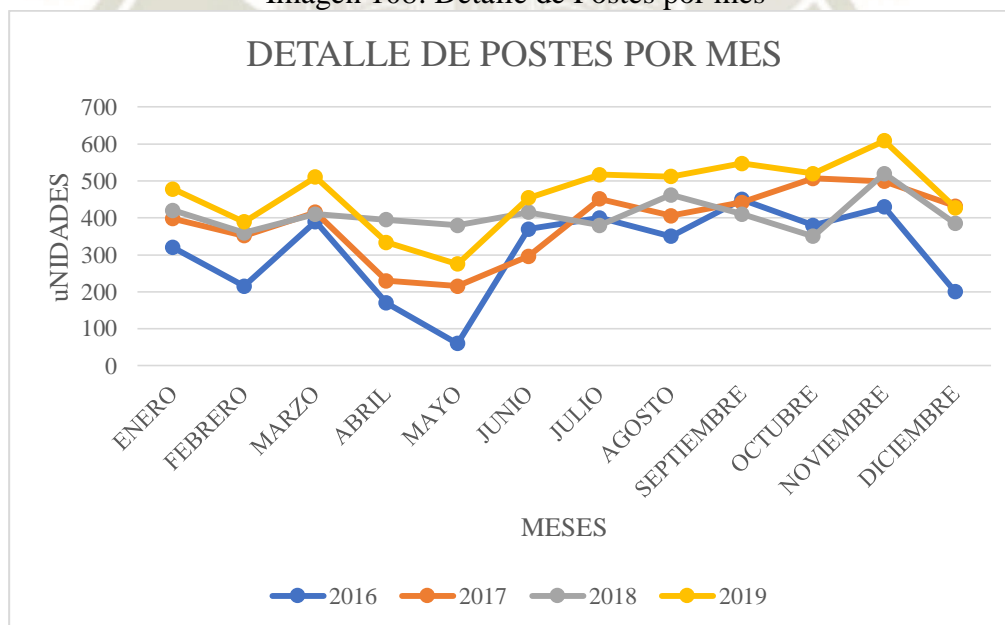
Fuente: Elaboración propia

Tabla 56: Pronósticos de postes año 2019

AÑO	MESES	PRONOSTICO
2019	ENERO	478
	FEBRERO	390
	MARZO	511
	ABRIL	334
	MAYO	275
	JUNIO	454
	JULIO	517
	AGOSTO	512
	SEPTIEMBRE	547
	OCTUBRE	520
	NOVIEMBRE	609
	DICIEMBRE	427
		TOTAL
	PROMEDIO	464

Fuente: Elaboración propia

Imagen 108: Detalle de Postes por mes



Fuente: Elaboración propia

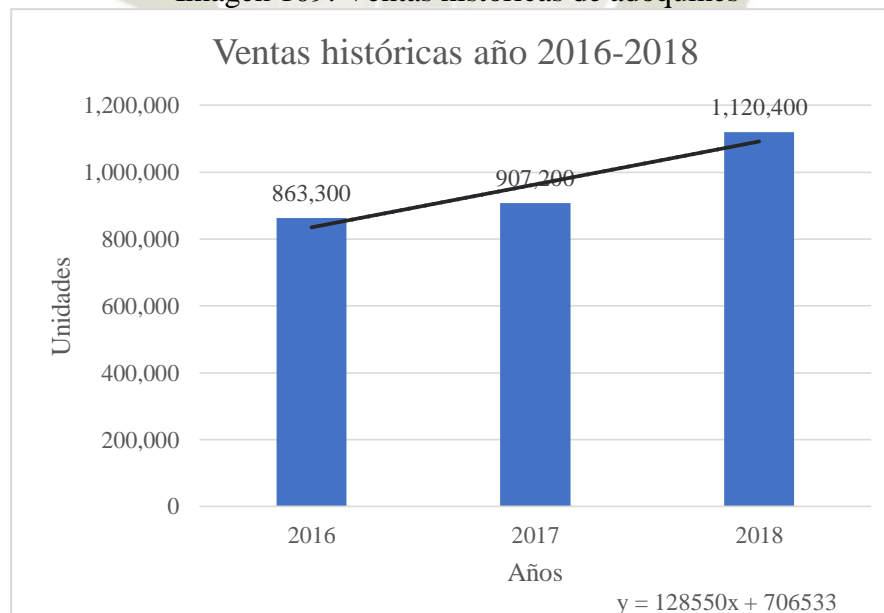
Adoquines de concreto

Tabla 57: Promedio de demanda de adoquines

MESES	2016	2017	2018	PROMEDIO	IE
ENERO	56,000	54,500	62,500	57,667	0.72
FEBRERO	70,300	84,800	120,000	91,700	1.14
MARZO	60,200	90,300	115,000	88,500	1.10
ABRIL	50,200	40,900	95,300	62,133	0.77
MAYO	82,400	60,100	70,300	70,933	0.88
JUNIO	105,400	78,300	62,500	82,067	1.02
JULIO	93,400	103,000	105,000	100,467	1.25
AGOSTO	75,400	83,900	115,000	91,433	1.14
SEPTIEMBRE	82,500	94,700	85,000	87,400	1.09
OCTUBRE	69,300	50,700	92,800	70,933	0.88
NOVIEMBRE	43,000	79,900	96,000	72,967	0.91
DICIEMBRE	75,200	86,100	101,000	87,433	1.09
TOTAL	863,300	907,200	1,120,400	80,303	12.00

Fuente: Elaboración propia

Imagen 109: Ventas históricas de adoquines



	UNIDADES
AÑO 4	1,220,733

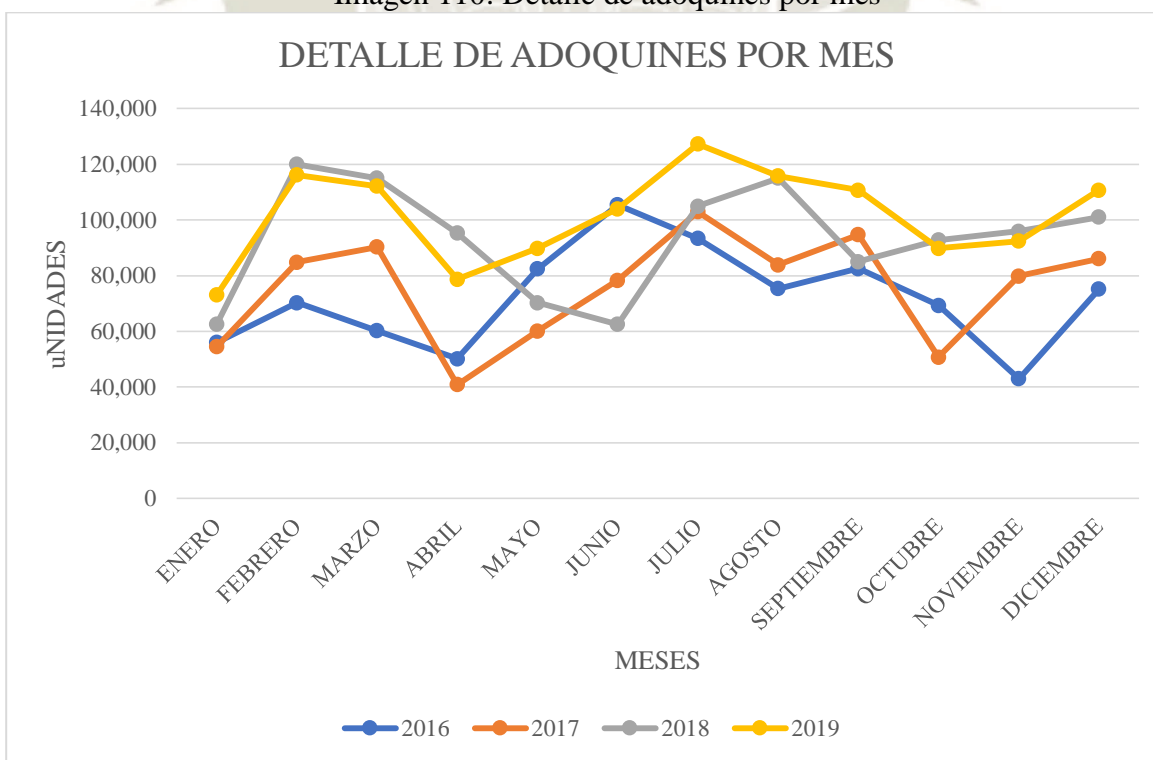
Fuente: Elaboración propia

Tabla 58: Pronostico de adoquines año 2019

AÑO	MESES	PRONOSTICO
2019	ENERO	73,052
	FEBRERO	116,166
	MARZO	112,112
	ABRIL	78,711
	MAYO	89,859
	JUNIO	103,962
	JULIO	127,271
	AGOSTO	115,828
	SEPTIEMBRE	110,719
	OCTUBRE	89,859
	NOVIEMBRE	92,434
	DICIEMBRE	110,761
	TOTAL	1,220,733
PROMEDIO	101,728	

Fuente: Elaboración propia

Imagen 110: Detalle de adoquines por mes



Fuente: Elaboración propia

Tabla 59: Detalle de ganancias por mes

	ACTUAL		PROPUESTO			
Combustible	CARBON		GAS NATURAL		D-2	
Producto	Adoquines	Postes	Adoquines	Postes	Adoquines	Postes
Capacidad (m3)	20	10	40	10	40	10
Demanda Pronosticada (unid)	50,000	464	101,728	464	101,728	464
Precio Venta (S/)	S/. 0.96	S/. 350.00	S/. 0.96	S/. 350.00	S/. 0.96	S/. 350.00
Costo unitario (S/)	S/. 0.63	S/. 262.40	S/. 0.66	S/. 263.22	S/. 0.72	S/. 270.99
INGRESO TOTAL (S/)	S/. 48,000.00	S/. 162,400.00	S/. 97,658.88	S/. 162,400.00	S/. 97,658.88	S/. 162,400.00
COSTO TOTAL (S/)	S/. 31,300.00	S/. 121,753.60	S/. 67,275.57	S/. 122,132.22	S/. 73,603.87	S/. 125,740.29
GANANCIAS MENSUAL	S/. 16,700.00	S/. 40,646.40	S/. 30,383.31	S/. 40,267.78	S/. 24,055.01	S/. 36,659.71
	S/. 57,346.40		S/. 70,651.08		S/. 60,714.72	

Fuente: Elaboración propia

Como hemos podido observar en la anterior tabla, evaluando una situación real donde existen ciertas limitantes:

Dentro de la demanda pronosticada de adoquines se tiene un promedio mensual de 101,728 unidades sin embargo se han considerado la máxima capacidad instalada actualmente que es de 50,000 unidades mensuales. La empresa ha podido atender pedidos mayores como hemos podido ver en el histórico, pero ha incurrido muchas veces en la tercerización de adoquines a empresas más pequeñas, o incluso grandes costos de sobretiempo. En algunas ocasiones incluso han recibido multas debido al incumplimiento de pedidos con clientes. Con la nueva capacidad instalada que presenta el presente proyecto no se volverán a presentar problemas de este tipo, ya que se podrá cumplir con los pedidos en un tiempo de trabajo normal.

Adicionalmente, debemos considerar que, al instalar el sistema de vapor dentro de adoquines, se eliminarán Horas Hombre, de personas que actualmente cumplen con la función de Hidratado del producto, durante 7 días para que puedan brindarle condiciones de humedad adecuada y llegue a las resistencias exigidas por la NTP, adicionalmente se acciona una bomba de 5HP para poder llevar el agua desde el pozo con el que cuenta la empresa hasta el punto de hidratado de adoquines. Esto queda eliminado ante la presencia de vapor.

Tabla 60: Utilidad mensual según uso de combustible

UTILIDAD	CARBON	GAS NATURAL	D-2
MENSUAL	S/. 57,346.40	S/. 70,651.08	S/. 60,714.72
PERSONAL HIDRATADO	2	-	-
HH POR DIA	8	-	-
TOTAL HH	16	-	-
COSTO DIARIO	S/. 210.00	-	-
TOTAL MENSUAL	S/. 4,620.00	-	-
UTILIDAD MENSUAL	S/. 52,726.40	S/. 70,651.08	S/. 60,714.72

COMBUSTIBLES	Gas Natural VS Carbón	D-2 VS Carbón
GANANCIA EXTRA MES	S/. 17,924.68	S/. 7,988.32
GANANCIA EXTRA POR AÑO	S/. 215,096.17	S/. 95,859.86

Fuente: Elaboración propia

Mediante el software Microsoft Excel, procederemos a calcular los indicadores de rentabilidad VAN y TIR del proyecto, para la cual utilizaremos una tasa de inflación de 2% otorgada por el Banco Central de Reserva correspondiente al mes Marzo del 2019.² Así como también

² Véase: Reporte de Inflación. Marzo del 2019 “Panorama actual y proyecciones macroeconómicas 2019.2020”

consideraremos el valor a ahorrar de S/95,860 anuales, con lo que obtenemos los siguientes resultados:

Imagen 111: Cálculo de VAN y TIR

◀
▶
CÁLCULO del VAN y la TIR

Calcula fácilmente el Valor Actual Neto (V.A.N.) y la Tasa Interna de Retorno (T.I.R.)
 Pon tus datos en las celdas con fondo blanco. Tienes todas las explicaciones a la derecha.

1 Datos para el análisis

	importe					
Inversión	207,146					
		ANOS				
	inversión	1	2	3	4	5
Flujo de caja (neto anual)	-207,146	95,860	95,860	95,860	95,860	95,860

2 Cálculo del V.A.N. y la T.I.R.

	%	
Tasa de descuento	2.00%	< Pon la tasa de descuento aquí
V.A.N a cinco años	244,686.33	Valor positivo, inversión (en principio) factible
T.I.R a cinco años	36.52%	< Valor superior a la tasa, inversión (en principio) factible

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo como resultado un Valor Actual Neto (VAN) de S/ 207,355.73 con una recuperación del total de la inversión en el tercer año, una vez que la propuesta de vapor haya sido instalada en Concretos Moldeados S.A.C y una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 28.53%; estos indicadores nos brindan una idea clara de la factibilidad del proyecto; ahora se procede con el cálculo del beneficio/costo del proyecto:

$$Coeficiente_{beneficio/costo} = \frac{Valor Actual Neto (VAN)}{Valor Actual de Inversión (VAP)}$$

$$Coeficiente_{beneficio/costo} = \frac{S/ 244,686.33}{S/ 207,146.00}$$

$$Coeficiente_{beneficio/costo} = S/ 1.20$$

El resultado obtenido nos indica que por cada sol que Concretos Moldeados S.A.C invierta en el proyecto de va a obtener de ahorro S/. 0.20 durante los próximos cinco años desde el momento de ejecución del proyecto, lo que demuestra la factibilidad de la inversión.

Adicionalmente podemos comparar con la Tabla 27, donde se establecieron de formar preliminar los costos del adoquín, utilizando vapor y aditivo acelerante de fraguado SIKA-3

7.4 ANÁLISIS DE FACTORES PRODUCTIVOS

Luego de haber analizado el presente proyecto, en la parte numérica y lo que esto conlleva en temas de inversión para la empresa, es importante destacar todos los beneficios que le brindará al producto el sistema de distribución de vapor.

7.4.1 CALIDAD DE LOS PRODUCTOS

Un tema a destacar, es la optimización que se puede lograr en temas de calidad de los diversos productos prefabricados de concreto que se tienen en la empresa. Como hemos podido observar anteriormente, las resistencias alcanzadas por los productos prefabricados cuando son sometidos al vapor son mejores comparados con productos fabricados sin presencia de vapor, o con un incremento de aditivos.

Como podemos observar a continuación, la empresa cuenta con la siguiente tabla de un análisis realizado a sus productos:

Tabla 61: Resistencias de adoquines por día

1 m3 de concreto con las mismas proporciones de cemento y agregados			
Días	Sin vapor	Con aditivo	Con vapor
2	270	340	440
4	320	400	480
6	350	430	483
8	375	460	486
10	400	490	493
12	430	492	495
14	432	494	500
16	445	494	503
18	453	494	506
20	456	494	515
22	461	496	519
24	464	496	523
26	467	500	525
28	470	500	530
30	472	500	534
32	475	500	540
34	477	502	548
36	479	504	550
38	480	504	552
40	482	504	552

Fuente: Elaboración propia

Sacando datos de la tabla, podemos observar algunos puntos importantes:

Día 2: A los días días de haber sido producido, la resistencia alcanzada por las probetas de concreto fraguadas con vapor durante 8 horas, alcanzan una resistencia de 483 kgf/cm², superando el vapor requerido por la NTP 399.611 que nos indica que se debe superar un valor de 340 kgf/cm².

Esto nos indica que, la empresa podría reducir su ciclo productivo de adoquines 10 días (valor que actualmente se maneja) hasta tan sólo 48 horas.

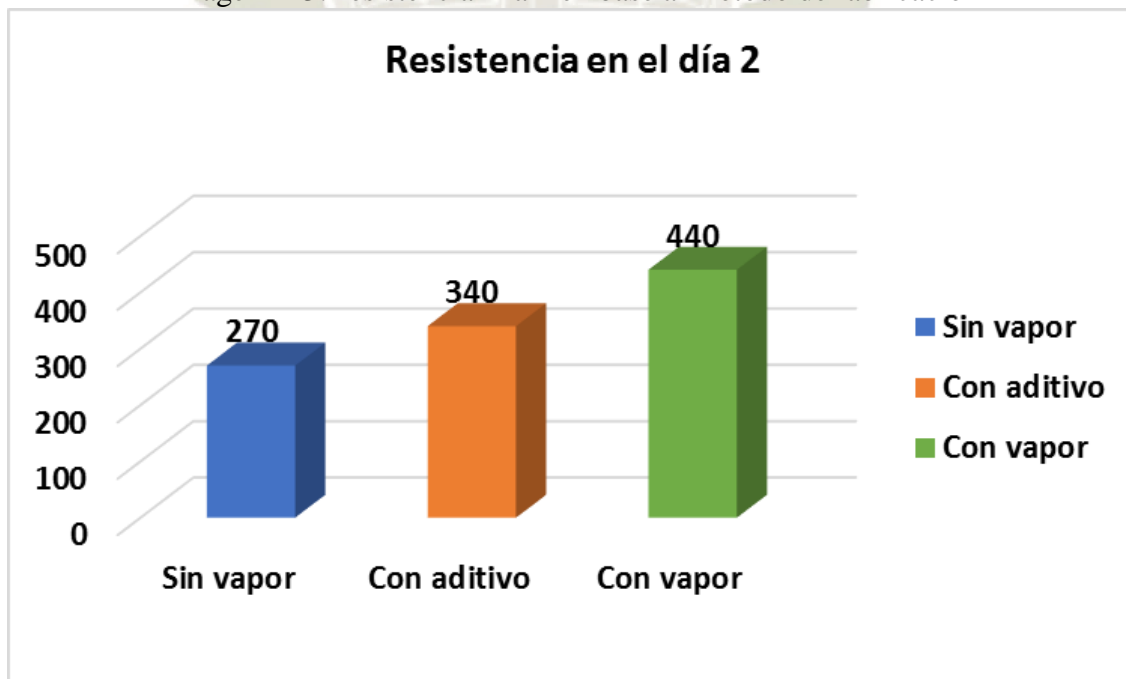
Imagen 112: Espesor nominal y resistencia a la compresión

Tipo	Espesor nominal (mm)	Resistencia a la compresión, mín. MPa (kg/cm ²)	
		Promedio de 3 unidades	Unidad individual
I (peatonal) Tipo B,C y D *Todos los tipos	40	31 (320)	28 (290)
	60	31 (320)	28 (290)
II (Vehicular ligero)	60	41 (420)	37 (380)
	80	37 (380)	33 (340)
	100	35 (360)	32 (325)
III (Vehicular pesado, patios industriales o de contenedores)	≥ 80	55 (561)	50 (510)

*Véase Norma TH010 del Reglamento Nacional de Edificaciones

Fuente: NTP 399.611

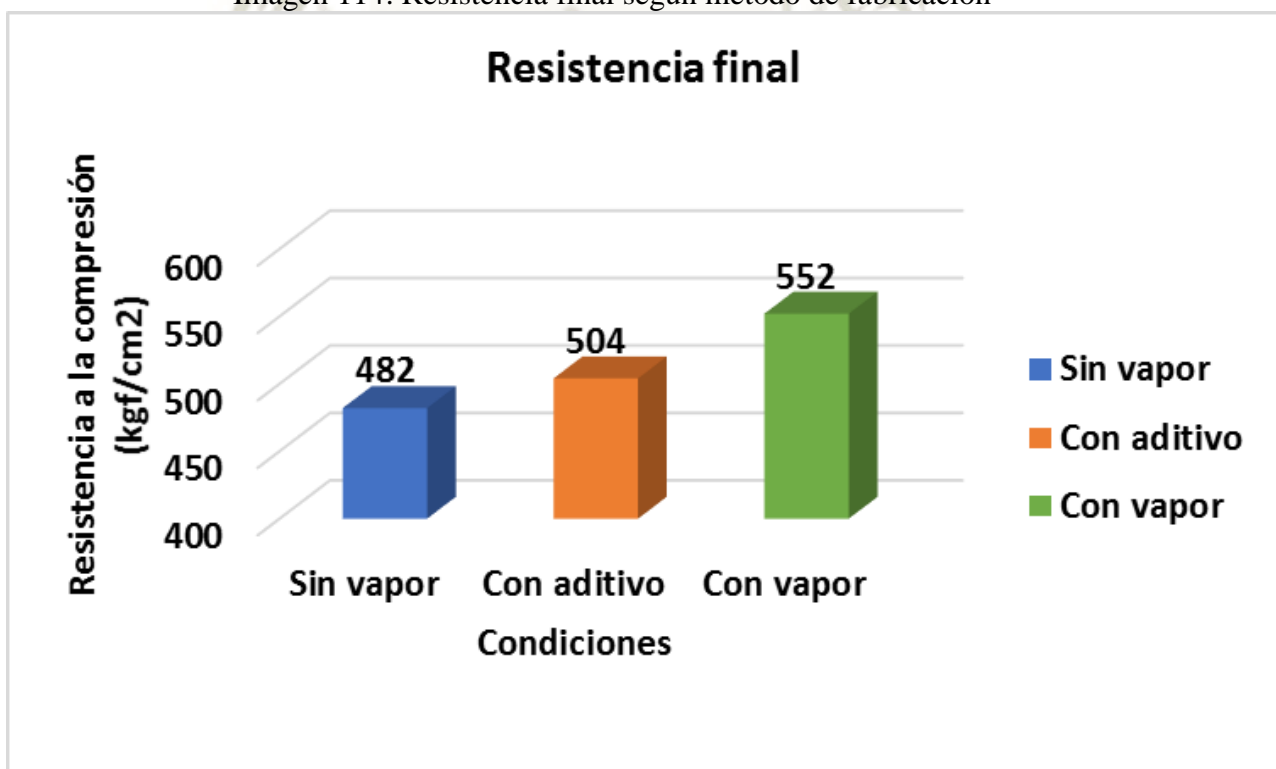
Imagen 113: Resistencia Día 2 en base al método de fabricación



Fuente: Elaboración propia

En base a las resistencias finales, alcanzadas luego de aproximadamente un poco más de un mes de producción, se puede observar que los alcanzados por los productos fraguados con vapor, son considerablemente elevados, en comparación con las otras muestras. Incluso los productos con vapor llegan a resistencias que pueden permitir su uso dentro de otra categoría, por donde podrían transitar vehículos pesados; consideran el desorden en materia vehicular que existe dentro de nuestro país, es probable que por zonas destinadas a un tránsito liviano exista la posibilidad que algún vehículo no autorizado intente transitar, lo que sería un problema para algunos casos, menos para los prefabricados fraguados con vapor. A continuación, podemos observarlo con mayor detalle.

Imagen 114: Resistencia final según método de fabricación



Fuente: Elaboración propia

7.4.2 INSUMOS Y CAPACIDAD DE PLANTA

Tabla 62: Consumos de insumos para funcionamiento

CONSUMOS PARA FUNCIONAMIENTO DE SISTEMA				
Material	Unidad	Sin vapor	Con vapor	
Agua	GPM	4.1	3.5	
Sal	kg por día	0	7.5	
Combustible	Carbón	kg por día	360	0
	Diesel 2	gal por día	0	240
	Gas Natural	m3 por día	0	736

Como se puede observar, el consumo de agua va a disminuir en 14% debido a que actualmente se debe regar los adoquines durante un tiempo prolongado para que puedan llegar a adquirir resistencias exigidas por las Normas Técnicas Peruanas.

En cuanto al combustible, se deja de utilizar carbón, para potencialmente poder utilizar Gas Natural como generador de energía para calderas.

CONCLUSIONES

1. La calidad y productividad ha sido mejorada con la presencia de vapor dentro del sistema de producción de prefabricados de concreto, en específico, adoquines y postes, brindando a los productos las condiciones para que puedan desarrollar grandes resistencias en poco tiempo. A través del diseño de todo el sistema de distribución de vapor, se amplió la capacidad de tratamiento de concreto en un 40%, lo que brinda la posibilidad de producir los pedidos sin incurrir en costo de faltantes. Además, se redujo el ciclo productivo de adoquines considerablemente, pasando de tener un proceso de fraguado de 24 horas a tan sólo 4 horas.
2. Se ha logrado establecer parámetros de calidad basados en las Normas Técnicas Peruanas, donde los prefabricados de concreto superan los estándares exigidos por estas normas sin ningún inconveniente, teniendo la posibilidad de ampliar su campo de utilización a niveles superiores como en el caso particular de los adoquines.
3. Dentro del balance de materia se pudo determinar, que al momento de aplicar vapor a los productos ya no era necesario incurrir en la utilización de aditivos acelerantes de fraguado lo que significa una disminución en el costo final del producto.
4. Se logró calcular y diseñar el sistema de distribución de vapor para fraguado de prefabricados de concreto en la empresa Concretos Moldeados S.A.C. de acuerdo a normas, lo que mejorará todo el proceso productivo y calidad de postes y adoquines.
5. Se realizó el presupuesto y la evaluación del proyecto teniendo en cuenta todos los equipos y accesorios que garantizan el funcionamiento de la instalación térmica en Concretos Moldeados S.A.C donde determinados que es rentable para la empresa.

RECOMENDACIONES

1. Se debe plantear la opción en un futuro de poder ampliar la capacidad de los calderos para poder diseñar una red hacia los demás productos con los que cuenta en su cartera la empresa, ya que, si bien es cierto, los postes y adoquines son los que le brindan mayores ingresos, no debería dejarse de lado algunos productos que tiene niveles considerables de demanda, como algunas tuberías de concreto o block grass.
2. Los directivos de la empresa deben considerar la opción de poder implementar un sistema de control de calidad de sus productos, debido a que actualmente no se sigue un procedimiento que permita incluso certificar los resultados que se obtienen en las pruebas dentro de la empresa, por lo que algunos clientes optan por productos de la empresa competidora que ocupa gran porcentaje del mercado de concreto en la Región.
3. A futuro se debe contemplar realizar un estudio para poder determinar las concentraciones ideales de los materiales, ya que se viene trabajando de forma empírica hace muchos años sin ningún estudio a profundidad que determine una mezcla ideal para la generación de concreto, lo que mejoraría todo el Balance de Materia que se tiene actualmente.
4. Considerar la construcción de habitaciones, como actualmente tiene la zona de fraguado de adoquines, para postes, debido a que este proceso se realiza al aire libre, lo que influye en que el vapor no contribuya a explotar el máximo potencial que puede llegar a generar dentro de los prefabricados de concreto.
5. Ante la llegada del gas, se debe evaluar la conexión a una red de distribución continua de Gas Natural, para evitar el costo adicional de transportar de manera virtual el gas natural desde Lima. Adicionalmente la zona tiene gran potencial para el consumo de este combustible, por lo que se pueden manejar tarifas especiales con las distribuidoras.

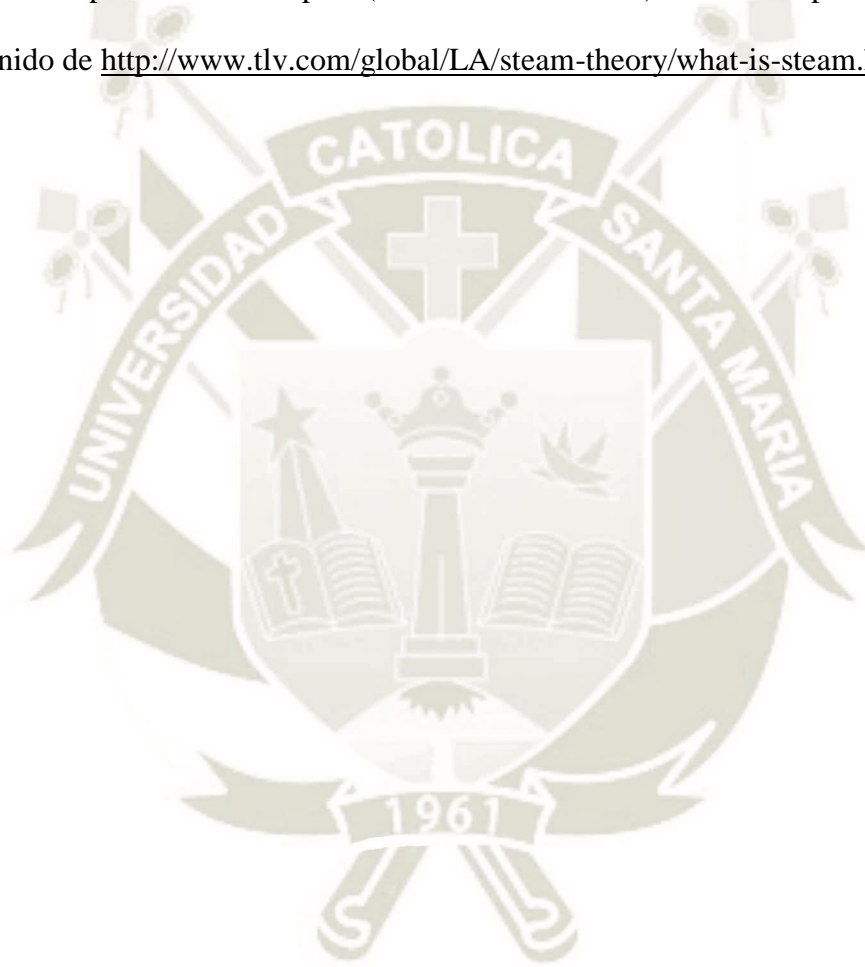
BIBLIOGRAFÍA

- Ariztizaval, Carlos (2010). TLV Compañía Especialista en Vapor. España.
- Armstrong. (1998). Guía para la Conservación de Vapor en el Drenado de Condensados. Obtenido de <http://www.armstrong-intl.com>, Estados Unidos
- Association, Portland Cement (2012). Diseño y Control de Mezclas., Estados Unidos
- Brooks, Clevaver. (1976). Manual de Calderas., Estados Unidos
- Carvajal, Carlos Carril, pág 161-165 (1992). Revista de Obras Públicas., España
- Comings, Owen (2008). Aislamiento para tuberías., Estados Unidos
- Cruz, Juan Francisco, & Postigo Balbo., Jose (2010). Termodinámica II. Lima: Derecho Editor Reservado, México
- Fundación de la Energía de Comunidad de Madrid. (2012). Calderas Industriales Eficientes. Madrid: Graficas Arias Montano, S.A., España
- Graziani, Cáceres (2002). Componentes del Gas Natural, Perú
- Junta de Castilla y León y DEA INGENIERIA. (2010). Manual Técnico Diseño y Cálculo de redes de vapor. España: I. Sorles, LEÓN.
- Luis, Galabec (2008). Control de hormigón en sus diferentes etapas., España
- Martínez, Juan (2013). Guía básica para calderas. 46-52., España
- OCEANO. (2010). Diccionario Práctico. Océano, México
- Pasquel Carbajal, Enrique (1993), Tópicos de Tecnología del Concreto, Colegio de ingenieros del Perú, Lima., Perú
- Schlinder. (2004). Efecto de la Temperatura en la hidratación del concreto, Alemania
- Spirax Sarco. (1999). Distribución de Vapor Guía de Referencia Técnica. Argentina. Obtenido de www.spiraxsarco.com

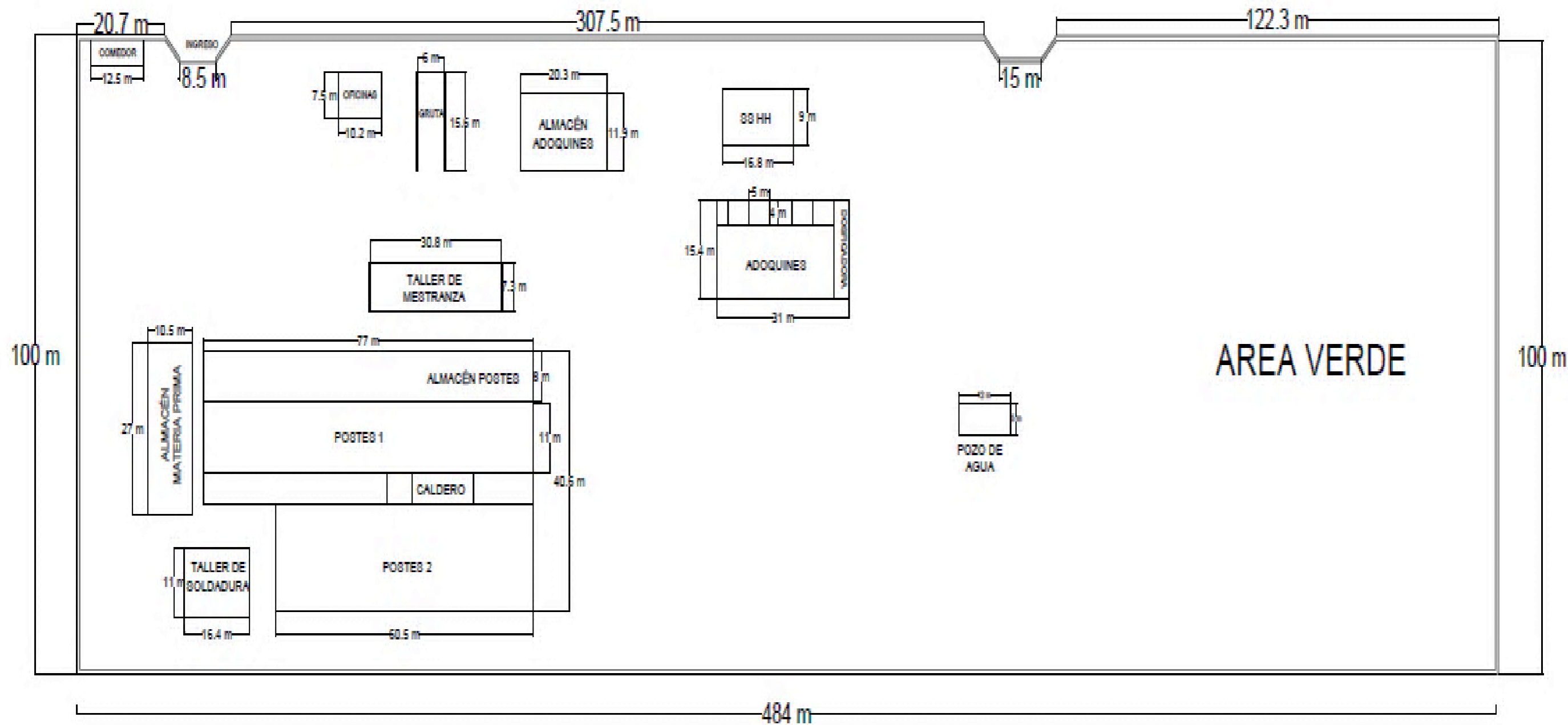
Spirax Sarco. (2010). Steam Engineering Tutorials. Obtenido de <http://www.Spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials.asp>, Estados Unidos

Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese, y Jussara Tanesi (2004). Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Illinois, Estados Unidos

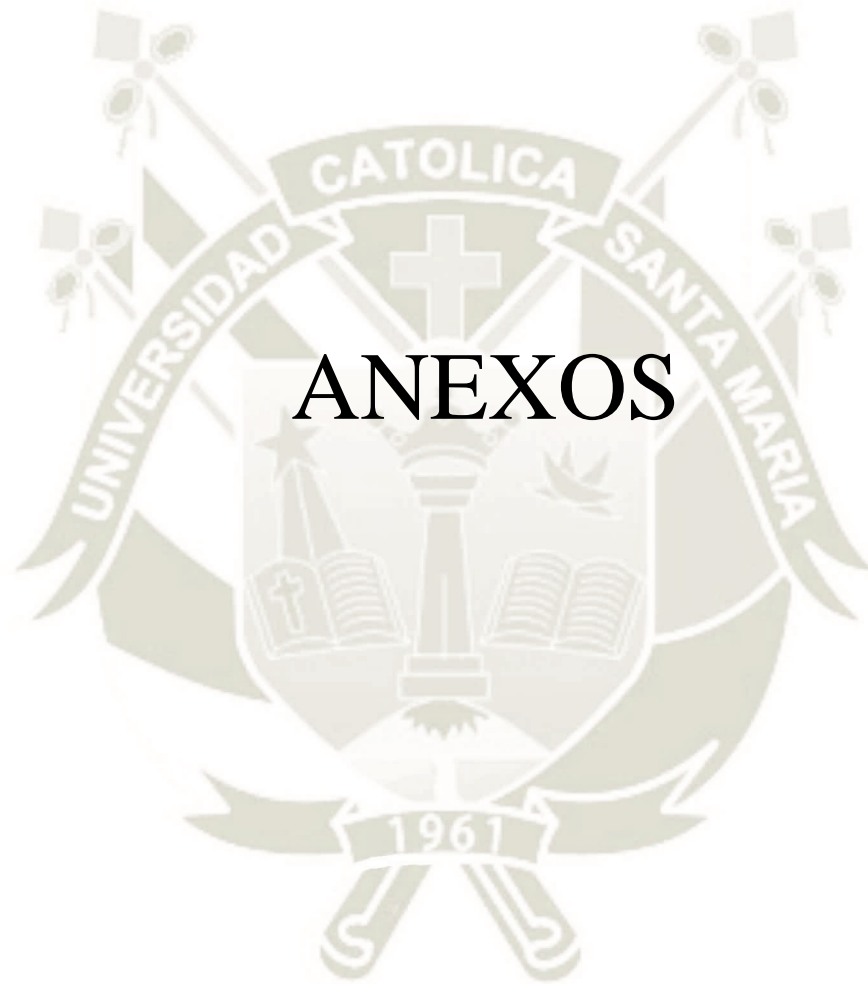
TLV Compañía Especialista en Vapor. (1 de marzo de 2010). TLV Compañía Especialista en Vapor. Obtenido de <http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/what-is-steam.html>, España







	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA FACULTAD DE CS. INGENIERIAS FISICAS Y FORMALES ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA INDUSTRIA AREQUIPA-PERU		PROYECTO "DISEÑO DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR PARA EL FRAGUADO DE PREFABRICADOS DE CONCRETO EN LA EMPRESA CONCRETOS MOLDEADOS S.A.C."
	PROFESIONAL DIBUJO Bach. Carlo Andre Valdivia Guzmán		PLANO PLANO DE PLANTA
REVISION & IDS NORMAS REV 01 & ISA	ESPECIALIDAD INSTALACIONES TÉRMICAS	PROFESIONAL REVISIÓN Ing. Rolardi Valencia Becerra	
ESCALA 01:50	FECHA 01 Junio 2019	N PLANO 0001	PROFESIONAL APROBACIÓN Ing. Carlos Gordillo Andía



ANEXOS

Anexo 1: Extracto de Norma Técnica Peruana 350.301

NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 350.301
16 de 17

**ANEXO C
(INFORMATIVO)**

**CONSIDERACIONES AMBIENTALES A TENER EN
CUENTA**

C.1 Límites Máximos Permisibles para calderas de vapor de uso industrial⁽⁴⁾

Parámetro	Límite de Emisión (mg/Nm ³) ⁽¹⁾		
	Combustible		
	Gas	Líquido	Sólido
Partículas sólidas ⁽²⁾	----- --	150	150
SO ₂	300	1500	1500 (carbón)
			100 (bagazo)
			500 (Bag/petro)
NO _x	320	600	750
CO	100	350	500
Opacidad (Índice Bacharach) ⁽³⁾	0	4	-----

(1) Concentración referida a condiciones normales 0°C, 1 atmósfera, 3% de O₂ para gas y líquidos y 6% de O₂ para sólidos
 (2) Para calderas de potencia mayor o igual a 800BHP (líquido) y 300BHP (sólido)
 (3) Para calderas menores a 800 BHP
 (4) Estos Límites son aplicables a las calderas de vapor pirotubulares y acuotubulares; Asimismo, se aplican a calderas de calentamiento de agua o aceite térmico que queman Diesel, Residual o Gas o en general que queman combustibles fósiles y que pertenecen a las empresas industriales manufactureras pudiendo ser de aplicación por otros sectores.
 NOTA: El monitoreo de las emisiones atmosféricas se realizará conforme al Protocolo de Monitoreo de Emisiones Atmosféricas aprobado por Resolución Ministerial N° 026-2000-ITINCI/DM.

Fuente: Norma Técnica Peruana 350.301, pág.16, Instituto Nacional de la Calidad, 2009
Anexo 2: Tuberías comerciales de acero al carbono



TUBERIA DE ACERO AL CARBONO
API 5L / ASTM A53 / A106

www.vemacero.com

Diámetro Nominal NPS		Diámetro Exterior Real		Espesor de Pared		Identificación		Peso del Tubo		ASTM A53 PRESION DE PRUEBA			
Pulgadas in.	Milímetros mm.	(in.)	mm.	Pulgadas (in.)	Milímetros (mm.)	Weight Class	Schedule	lb/pie	kg/m	Grado A		Grado B	
										psi	Kg/cm2	psi	Kg/cm2
1/2	15	0.840	21.3	0.109	2.77	STD	40	0.85	1.27	700	49	700	49
				0.147	3.73	XS	80	1.09	1.62	850	60	850	60
3/4	20	1.050	26.7	0.113	2.87	STD	40	1.13	1.69	700	49	700	49
				0.154	3.91	XS	80	1.47	2.20	850	60	850	60
1	25	1.315	33.4	0.133	3.38	STD	40	1.68	2.50	700	49	700	49
				0.179	4.55	XS	80	2.17	3.24	850	60	850	60
1-1/4	32	1.660	42.2	0.140	3.56	STD	40	2.27	3.39	1200	84	1300	91
				0.191	4.85	XS	80	3.00	4.47	1800	127	1900	134
1-1/2	40	1.900	48.3	0.145	3.68	STD	40	2.72	4.05	1200	84	1300	91
				0.200	5.08	XS	80	3.63	5.41	1800	127	1900	134
2	50	2.375	60.3	0.154	3.91	STD	40	3.65	5.44	2300	162	2500	176
				0.218	5.54	XS	80	5.02	7.48	2500	176	2500	176
2-1/2	65	2.875	73	0.203	5.16	STD	40	5.79	8.63	2500	176	2500	176
				0.276	7.01	XS	80	7.66	11.41	2500	176	2500	176
				0.375	9.52	-	160	-	-	2500	176	2500	176
				0.552	14.02	XXS	-	-	-	2500	176	2500	176
3	80	3.500	88.9	0.125	3.18	-	-	4.51	6.72	1290	91	1500	105
				0.156	3.96	-	-	5.57	8.29	1600	112	1870	131
				0.188	4.78	-	-	6.65	9.92	1930	136	2260	159
				0.216	5.49	STD	40	7.58	11.29	2220	156	2500	176
				0.250	6.35	-	-	8.68	12.93	2500	176	2500	176
				0.281	7.14	-	-	9.66	14.40	2500	176	2500	176
				0.300	7.62	XS	80	10.25	15.27	2500	176	2500	176
4	100	4.500	114.3	0.125	3.18	-	-	5.84	8.71	1000	70	1170	82
				0.156	3.96	-	-	7.24	10.78	1250	88	1460	103
				0.188	4.78	-	-	8.66	12.91	1500	105	1750	123
				0.219	5.56	-	-	10.01	14.91	1750	123	2040	143
				0.237	6.02	STD	40	10.79	16.07	1900	134	2210	155
				0.250	6.35	-	-	11.35	16.90	2000	141	2330	164
				0.281	7.14	-	-	12.66	18.87	2250	158	2620	184
				0.312	7.92	-	-	13.98	20.78	2500	176	2800	197
				0.337	8.56	XS	80	14.98	22.32	2700	190	2800	197
				0.438	11.13	-	120	19.00	28.32	2800	197	2800	197
				0.531	13.49	-	160	22.51	33.54	2800	197	2800	197
0.674	17.12	XXS	-	27.54	41.03	2800	197	2800	197				
5	125	5.563	141.3	0.188	4.78	-	-	10.79	16.09	1220	86	1420	100
				0.219	5.56	-	-	12.50	18.61	1420	100	1650	116
				0.258	6.55	STD	40	14.62	21.77	1670	117	1950	137
				0.281	7.14	-	-	15.85	23.62	1820	128	2120	149
				0.312	7.92	-	-	17.50	26.05	2020	142	2360	166
				0.344	8.74	-	-	19.17	28.57	2230	157	2600	183
6	150	6.625	168.3	0.375	9.52	XS	80	20.78	30.94	2430	171	2800	197
				0.188	4.78	-	-	12.92	19.27	1020	72	1190	84
				0.219	5.56	-	-	14.98	22.31	1190	84	1390	98
				0.250	6.35	-	-	17.02	25.36	1360	96	1580	111
				0.280	7.11	STD	40	18.97	28.26	1520	107	1780	125
				0.312	7.92	-	-	21.04	31.32	1700	120	1980	139
				0.344	8.74	-	-	23.08	34.39	1870	131	2180	153
				0.375	9.52	-	-	25.02	37.28	2040	143	2380	167
				0.432	10.97	XS	80	28.57	42.56	2350	165	2740	193
				0.562	14.27	-	120	36.39	54.20	2800	197	2800	197
				0.719	18.26	-	160	45.35	67.56	2800	197	2800	197
				0.864	21.95	XXS	-	53.16	79.22	2800	197	2800	197

Fuente:Tuberías de Acero al Carbono, pág.15 Vemacero,2001



TUBERIA DE ACERO AL CARBONO
API 5L / ASTM A53 / A106

www.vemacero.com

Diámetro Nominal NPS		Diámetro Exterior Real		Espesor de Pared		Identificación		Peso del Tubo		ASTM A53 PRESION DE PRUEBA							
Pulgadas In.	Milímetros mm.	(in.)	mm.	Pulgadas (in.)	Milímetros (mm.)	Weight Class	Schedule	lb/pie	kg/m	Grado A		Grado B					
										psi	Kg/cm2	psi	Kg/cm2				
8	200	8.625	219,1	0.188	4.78	-	-	16.94	25.26	780	55	920	65				
				0.203	5.16	-	-	18.26	27.22	850	60	1000	70				
				0.219	5.56	-	-	19.66	29.28	910	64	1070	75				
				0.250	6.35	-	20	22.36	33.31	1040	73	1220	86				
				0.277	7.04	-	30	24.70	36.81	1160	82	1350	95				
				0.312	7.92	-	-	27.70	41.24	1300	91	1520	107				
				0.322	8.18	STD	40	28.55	42.55	1340	94	1570	110				
				0.344	8.74	-	-	30.42	45.34	1440	101	1680	118				
				0.375	9.52	-	-	33.04	49.20	1570	110	1830	129				
				0.406	10.31	-	60	35.64	53.08	1700	120	2000	141				
				0.438	11.13	-	-	38.30	57.08	1830	129	2130	150				
				0.500	12.70	XS	80	43.39	64.64	2090	147	2430	171				
				0.594	15.09	-	100	50.95	75.92	2500	176	2800	197				
				0.719	18.26	-	120	60.71	90.44	2800	197	2800	197				
				0.812	20.62	-	140	67.76	100.92	2800	197	2800	197				
				0.875	22.22	XXS	-	72.42	107.88	2800	197	2800	197				
				0.906	23.01	-	160	74.69	111.27	2800	197	2800	197				
10	250	10.750	273,0	0.188	4.78	-	-	21.21	31.62	630	44	730	51				
				0.203	5.16	-	-	22.87	34.08	680	48	800	56				
				0.219	5.56	-	-	24.63	36.67	730	51	860	60				
				0.250	6.35	-	20	28.04	41.75	840	59	980	69				
				0.279	7.09	-	-	31.20	46.49	930	65	1090	77				
				0.307	7.80	-	30	34.24	51.01	1030	72	1200	84				
				0.344	8.74	-	-	38.23	56.96	1150	81	1340	94				
				0.365	9.27	STD	40	40.48	60.29	1220	86	1430	101				
				0.438	11.13	-	-	48.19	71.87	1470	103	1710	120				
				0.500	12.70	XS	60	54.71	81.52	1670	117	1950	137				
				0.594	15.09	-	80	64.43	95.97	1990	140	2320	163				
				0.719	18.26	-	100	77.03	114.70	2410	169	2800	197				
				0.844	21.44	-	120	89.29	133.00	2800	197	2800	197				
				1.000	25.40	XXS	140	104.13	155.09	2800	197	2800	197				
				1.125	28.57	-	160	115.65	172.21	2800	197	2800	197				
				12	300	12.750	323,8	0.203	5.16	-	-	27.20	40.55	570	40	670	47
								0.219	5.56	-	-	29.31	43.63	620	44	720	51
0.250	6.35	-	20					33.38	49.71	710	50	820	58				
0.281	7.14	-	-					37.42	55.75	790	56	930	65				
0.312	7.92	-	-					41.45	61.69	880	62	1030	72				
0.330	8.38	-	30					43.77	65.18	930	65	1090	77				
0.344	8.74	-	-					45.58	67.90	970	68	1130	79				
0.375	9.52	STD	-					49.52	73.78	1060	75	1240	87				
0.406	10.31	-	40					53.52	79.70	1150	81	1340	94				
0.438	11.13	-	-					57.59	85.82	1240	87	1440	101				
0.500	12.70	XS	-					65.42	97.43	1410	99	1650	116				
0.562	14.27	-	60					73.15	108.92	1590	112	1850	130				
0.688	17.28	-	80					88.63	132.04	1940	136	2270	160				
0.844	21.44	-	100					107.32	159.86	2390	168	2780	195				
1.000	25.40	XXS	120					125.49	186.91	2800	197	2800	197				
1.125	28.57	-	140					139.68	208.00	2800	197	2800	197				
1.312	33.32	-	160					160.27	238.68	2800	197	2800	197				

Tel/Fax. (0251) 269-2898 / 269-2487
Cel. (0444) 532 5032

Zona Industrial 2 Carrera 2 Modelo E Galpon 10, Baquímeto

2 de 6

Fuente:Tuberías de Acero al Carbono, pág.16, Vemacero,2001



TUBERIA DE ACERO AL CARBONO
API 5L / ASTM A53 / A106

www.vemacero.com

Diámetro Nominal NPS		Diámetro Exterior Real		Espesor de Pared		Identificación		Peso del Tubo		ASTM A53 PRESION DE PRUEBA			
Pulgadas in.	Milímetros mm.	(in.)	mm.	Pulgadas (in.)	Milímetros (mm.)	Weight Class	Schedule	lb/pie	kg/m	Grado A		Grado B	
										psi	Kg/cm ²	psi	Kg/cm ²
14	350	14.000	355.6	0.250	6.35	-	10	36.71	54.69	640	45	750	53
				0.281	7.14	-	-	41.17	61.35	720	51	840	59
				0.312	7.92	-	20	45.61	67.90	800	56	940	66
				0.344	8.74	-	-	50.17	74.76	880	62	1030	72
				0.375	9.52	STD	30	54.57	81.25	960	67	1120	79
				0.438	11.13	-	40	63.44	94.55	1130	79	1310	92
				0.469	11.91	-	-	67.78	100.94	1210	85	1410	99
				0.500	12.70	XS	-	72.09	107.39	1290	91	1500	105
16	400	16.000	406.4	0.250	6.35	-	10	42.05	62.64	560	39	660	46
				0.281	7.14	-	-	47.17	70.30	630	44	740	52
				0.312	7.92	-	20	52.27	77.83	700	49	820	58
				0.344	8.74	-	-	57.52	85.71	770	54	900	63
				0.375	9.52	STD	30	62.58	93.17	840	59	980	69
				0.438	11.13	-	-	72.80	108.49	990	70	1150	81
				0.469	11.91	-	-	77.79	115.86	1060	75	1230	86
				0.500	12.70	XS	40	82.77	123.30	1120	79	1310	92
18	450	18.000	457.2	0.250	6.35	-	10	47.39	70.60	500	35	580	41
				0.281	7.14	-	-	53.18	79.24	560	39	660	46
				0.312	7.92	-	20	58.94	87.75	620	44	730	51
				0.344	8.74	-	-	64.87	96.66	690	49	800	56
				0.375	9.52	STD	-	70.59	105.10	750	53	880	62
				0.406	10.31	-	-	76.29	113.62	810	57	950	67
				0.438	11.13	-	30	82.15	122.43	880	62	1020	72
				0.469	11.91	-	-	87.81	130.78	940	66	1090	77
0.500	12.70	XS	-	93.45	139.20	1000	70	1170	82				
20	500	20.000	508.0	0.250	6.35	-	10	52.73	78.55	450	32	520	37
				0.281	7.14	-	-	59.18	88.19	510	36	590	41
				0.312	7.92	-	-	65.60	97.67	560	39	660	46
				0.344	8.74	-	-	72.21	107.60	620	44	720	51
				0.375	9.52	STD	20	78.60	117.02	680	48	790	56
				0.406	10.31	-	-	84.96	126.53	730	51	850	60
				0.438	11.13	-	-	91.51	136.37	790	56	920	65
				0.469	11.91	-	-	97.83	145.70	850	60	950	67
0.500	12.70	XS	30	104.13	155.12	900	63	1050	74				
24	600	24.000	609.6	0.250	6.35	-	10	63.41	94.46	380	27	440	31
				0.281	7.14	-	-	71.18	106.08	420	30	490	34
				0.312	7.92	-	-	78.93	117.51	470	33	550	39
				0.344	8.74	-	-	86.91	129.50	520	37	600	42
				0.375	9.52	STD	20	94.62	140.88	560	39	660	46
				0.406	10.31	-	-	102.31	152.37	610	43	710	50
				0.438	11.13	-	-	110.22	164.26	660	46	770	54
				0.469	11.91	-	-	117.86	175.54	700	49	820	58
0.500	12.70	XS	-	125.49	186.94	750	53	880	62				
0.562	14.27	-	30	140.68	209.50	840	59	980	69				

Tolerancias dimensionales:

Espesor: ±12.5% de espesor nominal en cualquier punto del tubo.

Peso: ±10% del paquete de tubos con diámetro menor o igual a 4" (114,3mm) o tubos individuales con diámetro nominal mayor a 4" (114,3mm)

Diámetro externo: Para diámetro menores o iguales a 1-1/2" (48,3mm) +0,016 pulg (+0,40mm)

Para diámetro mayores o iguales a 2" (60,3mm): ± 1%

Tel/Fax. (0251) 269-2898 / 269-2487
Cel. (944) 533 5333

Zona Industrial 2 Carrera 2 Módulo E Galpón 10, Barruquín

3 de 8

Fuente: Tuberías de Acero al Carbono, pág.17, Vemacero, 2001



TUBERIA DE ACERO AL CARBONO
API 5L / ASTM A53 / A106

www.vemacero.com

Normas de Fabricación ASTM A53

Los tubos para conducción de fluidos tales como agua, vapor, gas y aire a altas presiones, son fabricados bajo la norma **ASTM A 53**. Estos tubos son aptos para operaciones que involucran doblado, rebordeado y cualquier otra formación en frío.

Para validar las exigencias de las normas de fabricación el fabricante realiza ensayos y verificación en los tubos procesados en sus instalaciones. En el caso de conducción de fluidos se realizan ensayos dependiendo de la designación comercial del tubo.

Para Designaciones Comerciales Mayores a 50 DNH (1) (2 *NPS*(2)): ensayo de aplastamiento, ensayo de tracción para determinar propiedades mecánicas, análisis químico, ensayo de ultrasonido al cordón de soldadura, verificación dimensional del tubo, ensayo gravimétrico, ensayo metalográfico, prueba hidrostática, ensayo no destructivo e inspección visual.

Para Designaciones Comerciales Menores o Iguales a 50 DN (2 *NPS*): ensayo de expansión, ensayo de doblado, ensayo de tracción para determinar propiedades mecánicas, análisis químico, verificación dimensional del tubo, prueba hidrostática, ensayo gravimétrico, ensayo metalográfico, ensayo no destructivo e inspección visual.

Condiciones de Extremos

Biselados o Refrentados.
Roscados (según norma ANSI B1.20.1).

Acabados

Negro (acabado de laminación o con protección de aceite inhibidor de la oxidación).
Galvanizado (recubiertos de Zinc).
Barnizado (película protectora para conservación de los tubos en traslados bajo condiciones especiales o por requerimientos del cliente).
El galvanizado del tubo en su superficie interna y externa se realiza a través de un proceso de inmersión en caliente ("Hot-Dip")

(1) DN: Designación comercial del producto en milímetros.
(2) *NPS*: Designación comercial del producto en pulgadas.

Fuente: Tuberías de Acero al Carbono, pág.17, Vemacero, 2001



TUBERIA DE ACERO AL CARBONO
API 5L / ASTM A53 / A106

www.vemacero.com

Propiedades Mecánicas

Norma de Fabricación	Grado del Acero	Limite de Fluencia		Resistencia a la Tracción			
		Mpa	psi	Mínimo		Máximo	
				Mpa	psi	Mpa	psi
ASTM A53 Tipo E (ERW)	A	205	30,000	330	48,000	--	--
	B	240	35,000	415	60,000	--	--

Requerimientos Químicos

Norma de Fabricación	Grado del Acero	Porcentaje Máximo de los Elementos			
		C	Mn	P	S
		Carbono	Manganeso	Fósforo	Azufre
ASTM A53 Tipo E (ERW)	A	0,25	0,95	0,05	0,045
	B	0,30	1,20	0,05	0,045

Fuente: Tuberías de Acero al Carbono, pág.18, Vemacero,2001





**TUBERIA DE ACERO AL CARBONO
API 5L / ASTM A53 / A106**

www.vemacero.com

Normas de Fabricación API 5L

Normas de Fabricación

Los tubos de línea se fabrican de acuerdo a la norma API 5L, 43ª edición, sin embargo, a solicitud del cliente y previo acuerdo con **Industrias Unicon, C.A.**, se pueden satisfacer requerimientos especiales y/o adicionales, así como normas específicas del cliente.

Nivel de Especificación de Producto

La norma API 5L establece dos niveles de especificación de producto, PSL 1 y PSL 2 (Product Specification Level, PSL por sus siglas en inglés). Estas dos designaciones definen diferentes niveles de requerimientos de especificaciones técnicas.

Requerimientos Químicos por Colada y Análisis de Producto en Porcentaje en Peso

PSL 1						
Grado	C Carbono % Máximo ^a	Mn Manganeso % Máximo ^a	P Fósforo % Máximo	S Azufre % Máximo	Ti Titanio % Máximo	Otros % Máximo
B	0,26	1,20	0,030	0,030	0,04	b, c, d
X42	0,26	1,40	0,030	0,030	0,04	c, d
X52	0,26	1,40	0,030	0,030	0,04	c, d
X60 ^f	0,26	1,40	0,030	0,030	0,04	c, d

PSL 2						
Grado	C Carbono % Máximo ^a	Mn Manganeso % Máximo ^a	P Fósforo % Máximo	S Azufre % Máximo	Ti Titanio % Máximo	Otros % Máximo
B	0,22	1,20	0,025	0,015	0,04	d, e
X42	0,22	1,30	0,025	0,015	0,04	c, d
X52	0,22	1,40	0,025	0,015	0,04	c, d
X60 ^f	0,22	1,40	0,025	0,015	0,04	c, d

Notas:

a) Por cada reducción de 0,01% por debajo del máximo contenido de carbono especificado, se permite un incremento de 0,05% por encima del contenido máximo de Mn especificado, hasta un máximo de 1,50% para los grados X42 a X52 y hasta un máximo de 1,65% para el grado X60.

b) La suma de Columbio (Niobio) y Vanadio no debe exceder de 0,03% excepto que, por acuerdo entre el fabricante y el comprador, se establezca una alternativa máxima.

c) A juicio de **Industrias Unicon, C.A.**, se pueden utilizar Columbio (Niobio), Vanadio o una combinación de éstos.

d) La suma de Columbio (Niobio), Vanadio y Titanio no debe exceder de 0,15%.

e) La suma de Columbio (Niobio) y Vanadio no debe exceder de 0,06% excepto que, por acuerdo entre el fabricante y el comprador, se establezca una alternativa máxima.

f) Otras composiciones químicas pueden ser suministradas previo acuerdo entre la acería e **Industrias Unicon, C.A.**

Fuente: API 5L, 43ª edición, y catálogo Industrias Unicon, C.A. Petróleo v1.0

Fuente: Tuberías de Acero al Carbono, pág.19, Vemacero, 2001

Anexo 3: Sistema de Aislamiento térmico

AISLAMIENTO TÉRMICO **57**

TEMPERATURA °C	100	150	200	250	300
DIÁMETRO TUBERÍA	ESPEORES DE AISLAMIENTO (mm)				
1"	30	30	40	40	50
1 1/2"	30	30	40	50	60
2"	30	40	40	50	60
2 1/2"	40	40	50	60	70
3"	40	50	50	60	70
4"	40	50	60	70	80
6"	50	60	70	80	90
8"	50	60	70	80	90
10"	60	70	80	90	90
12"	60	70	80	90	110
14"	60	70	80	100	110
16"	60	70	90	100	120
18"	60	80	90	100	120
20"	70	80	90	110	120
22"	70	80	100	110	130
24"	70	80	100	110	130

Figura 11: Espesores mínimos aconsejados para tuberías aisladas con productos de lana de vidrio ISOVER.

En la figura 12 se indican los espesores aconsejables de aplicación utilizando productos ROCLAINE, en función de las temperaturas de trabajo más usuales, diámetro de la tubería y del rendimiento óptimo del material aislante.

Dichos productos pueden aplicarse a temperaturas superiores a las de los márgenes establecidos en la Tabla, como se especifica en las fichas técnicas correspondientes.

TEMPERATURA °C	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
DIÁMETRO TUBERÍA	ESPEORES DE AISLAMIENTO (mm)									
1"	30	30	40	40	50	60	60	70	80	90
1 1/2"	30	30	40	50	60	60	70	70	80	90
2"	30	40	40	50	60	70	80	80	90	100
2 1/2"	40	40	50	60	70	70	80	90	100	110
3"	40	50	50	60	70	70	80	90	110	120
4"	40	50	60	70	80	80	90	100	120	130
6"	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
8"	50	60	70	80	90	110	120	130	140	160
10"	60	70	80	90	90	110	120	130	150	170
12"	60	70	80	90	110	120	130	140	160	180
14"	60	70	80	100	110	120	140	150	170	180
16"	60	70	90	100	120	120	140	150	170	190
18"	60	80	90	100	120	130	140	160	170	190
20"	70	80	90	110	120	130	150	160	180	200
22"	70	80	100	110	130	140	150	170	180	200
24"	70	80	100	110	130	140	150	180	190	210
Producto	Coquilla ROCLAINE(*) Manta SP 322-G-70			Coquilla ROCLAINE(*) Manta SP 342-G-100			Coquilla ROCLAINE(*) Manta SP 342-G-125			

(*) Diámetro nominal hasta 10". Espesor de 30 a 80 mm.

Figura 12: Espesores mínimos aconsejados para tuberías aisladas con productos de lana de roca ROCLAINE.

Fuente: Guía de Aislamiento Térmico, IDEA, Madrid, 2017

T_{se} - Temperatura exterior (revestimiento). Q_L - Pérdidas unitarias (metro lineal).

Tabla 4

Temperatura tubería: 150 °C		Material aislante			
Diámetro nominal tubería	Espesor aislamiento (mm)	Coquilla ROCLAINE		Manta Spintex 322-G-70	
		θ_{se} (°C)	q_L (W/m)	θ_{se} (°C)	q_L (W/m)
1/2"	30	38,2	29,2	38,6	30,0
1"	30	40,0	36,7	40,5	37,8
1 1/2"	40	36,7	36,2	37,1	37,2
2"	40	37,7	42,3	38,1	43,5
2 1/2"	50	35,3	41,2	35,6	42,3
3"	50	36,2	48,9	36,6	50,2
4"	60	35,2	56,8	35,5	58,4
6"	60	36,1	69,7	36,5	71,6
8"	70	34,9	73,8	35,3	75,9
10"	70	--	--	35,8	87,2
12"	70	--	--	36,3	98,2
14"	70	--	--	36,7	110,0
16"	80	--	--	35,4	109,0
18"	80	--	--	35,7	118,7
20"	80	--	--	36,0	129,0
24"	80	--	--	36,3	139,0

T_{se} - Temperatura exterior (revestimiento). Q_L - Pérdidas unitarias (metro lineal).

Tabla 5

Temperatura tubería: 200 °C		Material aislante			
Diámetro nominal tubería	Espesor aislamiento (mm)	Coquilla ROCLAINE		Manta Spintex 322-G-70	
		θ_{se} (°C)	q_L (W/m)	θ_{se} (°C)	q_L (W/m)
1/2"	40	40,0	37,9	40,7	39,8
1"	40	41,9	47,1	42,9	49,6
1 1/2"	40	43,2	54,2	44,2	57,0
2"	50	40,4	55,4	41,2	58,2
2 1/2"	50	41,2	61,5	42,1	64,7
3"	60	39,3	65,0	40,1	68,4
4"	70	38,6	76,3	39,3	80,3
6"	70	39,8	93,3	40,6	98,2
8"	80	38,6	100,0	39,3	105,1
10"	80	--	--	40,1	120,6
12"	80	--	--	40,7	135,8
14"	90	--	--	39,4	138,2
16"	90	--	--	39,9	151,8
18"	90	--	--	40,3	165,2
20"	100	--	--	39,0	165,0
24"	100	--	--	37,6	179,1

T_{se} - Temperatura exterior (revestimiento). Q_L - Pérdidas unitarias (metro lineal).

Fuente: Guía de Aislamiento Térmico, IDEA, Madrid, 2017

Anexo 4 Características poste de concreto armado centrifugado NTP 339:027

1.- NORMAS DE FABRICACION

INDECOPI NTP 339.027

: POSTES DE CONCRETO ARMADO PARA LINEAS AEREAS

MEM: DGE 015-PD-1

: POSTES, CRUCETAS Y MENSULAS DE CONCRETO ARMADO PARA REDES DE DISTRIBUCION

2.- USO

PARA REDES DE TELECOMUNICACIONES

3.- ESPECIFICACIONES

- El recubrimiento mínimo de concreto sobre la estructura es de 15 mm, presentando el poste una superficie lisa y sin resanes.
- El coeficiente mínimo de seguridad, entre la carga de rotura nominal y la carga de trabajo, es de dos (2)
- Las condiciones de prueba de los postes, son:

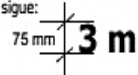
Empotramiento	:	1/10 de su longitud, más 0.50 m.
Punto de aplicación de las cargas de prueba	:	a 0.10 m. de la punta del poste.

4.- La descripción normalizada es:

- L1** : Longitud total del poste.
Carga de trabajo : Kilos que debe soportar en la punta del poste.
Coefficiente de Seguridad : Relación entre la carga de rotura nominal y la carga de trabajo.
Ø cima (ce), Ø base (be) : Diámetros en la punta y base, en mm.
Tipo : Utilización Líneas Telefónicas
 Ej.: Poste C.A.C. 9/250/2/140/275 Telefónico

5.- La marca "SCAM" y la SEÑALIZACION (3 m) es en bajo relieve.

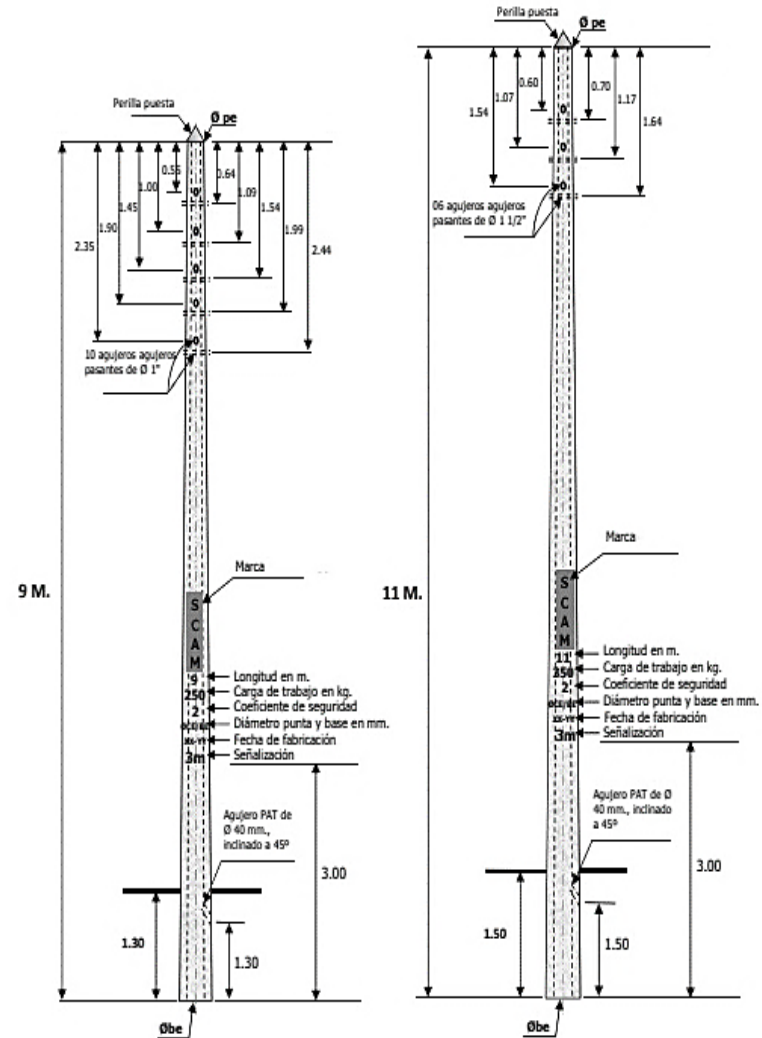
6.- Las medidas de ésta última, es como sigue:



CARACTERISTICAS TECNICAS:

DESCRIPCION	LONG. TOTAL L1 (m)	CARGA DE TRABAJO F (kgs)	DIAMETRO EN MM.				PUESTA A TIERRA A (m)	EMPOTRAMIENTO		ALTURA DE SEÑALIZ S (m)
			EXTERIORES		INTERIORES			INST. BASE CONCRETO	INSPECCION Y PRUEBA	
			Cima Ø pe (mm)	Base Ø be (mm)	Cima Ø pi * (mm)	Base Ø bi (mm)				
POSTE C.A.C.	8	250	140	275	40	155	1.30	0.90	1.40	3
POSTE C.A.C.	11	350	165	330	40	185	1.50	1.10	1.60	3
POSTE C.A.C.	13	300	180	375	40	215	1.70	1.30	1.80	3

* Diámetro interior mínimo 40 mm. y máximo indicado en la tabla.



Fuente: Fabinco, Perú. 2013

Anexo 5 Tablas de consumo de vapor según proceso

PÁGINA DE INFORMACIÓN ARALSAN				www.aralsan.co	
HOJA DE INFORMACION					
Consumo de vapor en todos los procesos de la industria				 ARALSAN <small>ISI CIHAZLARI İNŞ. TUR. SAN. ve TİC. LTD. ŞTİ. Özvatan C. No: 9 Araylar San. Sit. A 33 Tepeören, Tuzla, İstanbul, Turkey Phone : +90 (532) 566 53 26 Trade reg. no : 418191 / 365773 Phone : +90 (216) 527 70 28 Tax office : Tuzla Fax : +90 (216) 527 70 29 Tax registry no : 426 013 4287 Web: : www.aralsan.com Capital : 110.000.00 TL E-mail : aralsan@aralsan.com Mersis no : 1173-6472-7459-9194</small>	
Tipo de proceso o Dispositivo	Presión del vapor (bar)	Capacidad del dispositivo o proceso	Consumo de Vapor		
			Sistema de condensado cerrado (kg/h)	Sistema de condensado abierto (kg/h)	
PROCESO DE ALIMENTOS	Pasterización de leche	0.5	1 kg de leche		
	pasteurización de huevo líquido	1.5	1 kg por huevo		
	Sala de masa con horno de masa	0.5 - 1	1 m por longitud de barco		
	Producción de pan blanco	0.5 - 1	1 m ² por superficie		
	Producción de pan de centeno	0.5 - 1	1 m ² por superficie		
	Cocción de caramelo	6	120 litros	17	20
	Caldera de caramelo	6	1 m ² por superficie de calefacción	25	30
	Chocolate Melting	6	Olla con camisa 60cm de diametro	16	19
	Lavadora de botellas	0.5-1	100 botellas por minuto	136	
PROCESO INDUSTRIAL PROCESO	Producción de alimento para animales	4 - 6	Por 1 ton / h		
	Curado de concreto (durante 5 horas)	4-5	Por 1 m ³ de volumen de concreto		
	Curado de concreto (durante 24 horas)	4-5	Por 1 m ³ de volumen de concreto		
	Secado de madera	6	Por 1 m ³ de madera		
	Secado de papel	6	Por 1 m ³ de madera		
	Curado de paletas de madera (durante 5 horas)	6	1 m ³ por material		
	Producción de cartón corrugado	8-14	1 m ² por muka	0.12-0.16	0.15-0.20
	Papel de pulpa de madera	3	1 kg de papel	35	40
	Producción de EPS (strofor)	6-8	1 m ³ de EPS por ciclo		
	Molde de neumático de camión	6-8	15-25 m ³ /ciclo		
Tela - tanque de pintura con cremallera		5 kg	12.5	5	

Fuente: Consumo de vapor en la industria, Aralsan, 2012

Anexo 6 Factor de Evaporación

FACTOR DE EVAPORACION

Factor de evaporación es la relación que existe entre la evaporación nominal, desde y a 100°C (desde y a 212°F) y la evaporación real bajo las condiciones electivas de trabajo de la caldera.

$$\text{Factor de Evaporación} = \frac{\text{Evaporación Nominal}}{\text{Evaporación Real}}$$

Un caballo caldera según A.S.M.E. es la evaporación de 15.65 Kg/hr. (34.5 Lbs/hr) partiendo de agua a 100°C (212°F) hasta vapor de 100°C (212°F).

Temperatura de agua de alimentación	Presión Kg/cm ² Libras/in ²															
	0.35	0.70	1.41	2.82	4.97	6.33	9.85	13.79	18.4	24.1	31.4	40.6	52.9	68.6	88.1	112.1
15.6	1.16	1.16	1.17	1.18	1.19	1.19	1.20	1.20	1.21	1.21	1.22	1.22	1.23	1.23	1.24	1.24
21.1	1.15	1.15	1.16	1.17	1.18	1.18	1.19	1.19	1.20	1.20	1.21	1.21	1.22	1.22	1.23	1.23
26.7	1.14	1.14	1.15	1.16	1.17	1.17	1.18	1.18	1.19	1.19	1.20	1.20	1.21	1.21	1.22	1.22
32.3	1.13	1.13	1.14	1.15	1.16	1.16	1.17	1.17	1.18	1.18	1.19	1.19	1.20	1.20	1.21	1.21
37.8	1.12	1.12	1.13	1.14	1.15	1.15	1.16	1.16	1.17	1.17	1.18	1.18	1.19	1.19	1.20	1.20
43	1.11	1.11	1.12	1.13	1.14	1.14	1.15	1.15	1.16	1.16	1.17	1.17	1.18	1.18	1.19	1.19
49	1.10	1.10	1.11	1.12	1.13	1.13	1.14	1.14	1.15	1.15	1.16	1.16	1.17	1.17	1.18	1.18
54	1.09	1.09	1.10	1.11	1.12	1.12	1.13	1.13	1.14	1.14	1.15	1.15	1.16	1.16	1.17	1.17
60	1.08	1.08	1.09	1.10	1.11	1.11	1.12	1.12	1.13	1.13	1.14	1.14	1.15	1.15	1.16	1.16
66	1.07	1.07	1.08	1.09	1.10	1.10	1.11	1.11	1.12	1.12	1.13	1.13	1.14	1.14	1.15	1.15
71	1.06	1.06	1.07	1.08	1.09	1.09	1.10	1.10	1.11	1.11	1.12	1.12	1.13	1.13	1.14	1.14
77	1.05	1.05	1.06	1.07	1.08	1.08	1.09	1.09	1.10	1.10	1.11	1.11	1.12	1.12	1.13	1.13
82	1.04	1.04	1.05	1.06	1.07	1.07	1.08	1.08	1.09	1.09	1.10	1.10	1.11	1.11	1.12	1.12
88	1.03	1.03	1.04	1.05	1.06	1.06	1.07	1.07	1.08	1.08	1.09	1.09	1.10	1.10	1.11	1.11
93	1.02	1.02	1.03	1.04	1.05	1.05	1.06	1.06	1.07	1.07	1.08	1.08	1.09	1.09	1.10	1.10
99	1.01	1.01	1.02	1.03	1.04	1.04	1.05	1.05	1.06	1.06	1.07	1.07	1.08	1.08	1.09	1.09

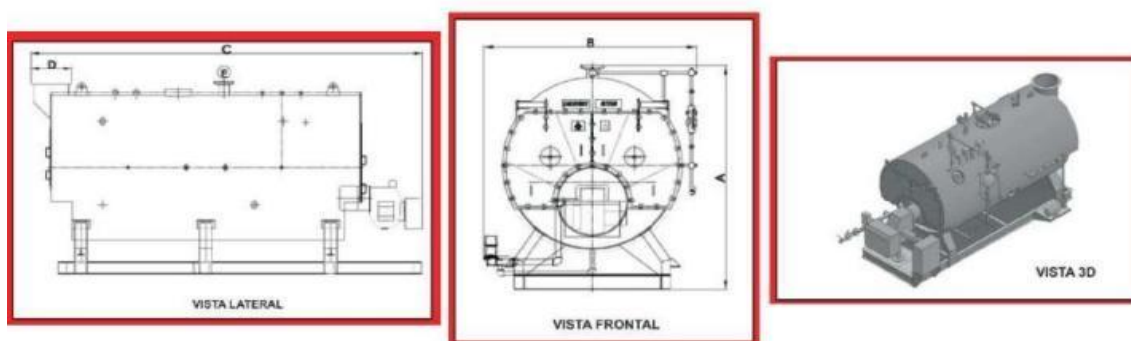
Ing. Carlos Gordillo Andina
ASESOR DE PROYECTOS INDUSTRIALES
CIP 32581

Fuente: Guía de Gestión energética, Carlos Gordillo, Perú, 2019

Anexo 7 Datos técnicos de generadores de vapor



CUADRO DE DIMENSIONES DE CALDEROS DE 30 BHP A 200BHP



POTENCIA EN BHP	30BHP	40BHP	50BHP	60BHP	80BHP	100BHP	125BHP	150BHP	200BHP
Sup. de Calefaccion (Pie Cuadrados)	155	200	250	300	400	500	625	750	1000
Lbs. Vapor/Hora a 212°F	1035	1380	1725	2070	2760	3450	4313	5175	6900
Miles de BTU/Hr	1004	1339	1674	2009	2678	3348	4184	5021	6695
Consumo de Combustible N°2 (GPH)	9.0	12.0	15.0	17.9	23.9	29.9	37.4	44.8	
Consumo de Combustible Bunker N°6						28.0	35.0	41.9	55.8
Gas 1000 BTU/Pie Cubico (MBH)	1255	1674	2100	2511	3348	4185	5231	6378	8370
Altura Total "A" (Pulg.)	68	70	75	75	82	90	99	99	110
Ancho Total "B" (Pulg.)	62	62	68	68	71	79	92	92	100
Largo Total "C" (Pulg.)	123	97	142	142	168	188	209	209	226
Chimenea "D" (Pulg.)	10	12	14	14	15	15	20	20	20
Salida de Vapor "E" (Pulg.)									
Contenido de Agua (Gls.)	217	258	330	333	436	519	647	752	1000
Peso Neto Kg.	2430	2670	3100	3400	4000	4900	5900	6900	8500

Fuente: Cuadro de dimensiones de calderas, Intesa, Perú, 2006

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos

En su investigación no olvide referenciar esta tesis

technical bulletin
fluid process
chemicals



Amberlite® IR-120 Plus

IMPORTANT NOTICE

The fundamental data contained in this technical bulletin may not be applicable to all field situations without some modification. An engineering company or equipment manufacturer, who will give consideration to the specific conditions of operation, should be consulted before any attempt is made to use these data in the design of a commercial scale operation.

IR-120 Plus exhibits very good stability after even prolonged exposure to mineral acids and 5% caustic. The resin has been subjected to thousands of operational cycles in which no evidence of physical or chemical breakdown has appeared. In a large municipal installation, over 13 million gallons of water have been softened by each cubic foot of Amberlite IR-120 Plus with no loss of capacity or indication of physical breakdown.

In addition to high capacity and good physical and chemical stability, the unfunctionality, high density, and particle-size uniformity of Amberlite IR-120 Plus have resulted in widespread acceptance of this exchanger in the water conditioning field and have dictated its consideration for many specialty uses. These include, among others: sugar processing, waste treatment, catalysis, plant nutrition, and pharmaceutical manufacture.

In hydrogen cycle operation, the high capacity of Amberlite IR-120 Plus and its years of successful field application make this the cation exchange resin of choice. When used in conjunction with an Amberlite anion exchange, either Monobed® or multiple bed deionization, the ultimate in satisfactory service is provided.

introduction

High exchange capacity, excellent stability at elevated temperatures, and good chemical resistance over a wide pH range are a few of the outstanding properties of the gelular, strongly acidic, cation exchange resin, Amberlite IR-120 Plus.

This high density, sulfonic acid type ion exchange resin is produced in the form of attrition resistant, spherical particles and can be utilized in either sodium or hydrogen cycle operation. At practical regeneration levels (14 lbs. NaCl [224 g/l]), in the sodium cycle, Amberlite IR-120 Plus exhibits a minimum exchange capacity of 28 kgr as $\text{CaCO}_3/\text{ft}^3$ (64.1g CaCO_3/l).

Laboratory tests simulating unusually severe process conditions have shown that Amberlite

summary

Table I summarizes data presented in these notes and suggests operating conditions under which optimum results can be realized in the use of Amberlite IR-120 Plus.

Fuente: Boletín Técnico para procesos químicos, Alfa Aesar, 2019

table I—suggested operating conditions

	<i>Sodium Cycle</i>	<i>Hydrogen Cycle</i>
pH	1.0 to 14.0	1.0 to 14.0
Maximum Temperature	250°F (121°C)	250°F (121°C)
Minimum Bed Depth	24 inches (0.61 m)	24 inches (0.61 m)
Backwash Flow Rate	6 gpm/ft ² @ 72°F (14.7 m/hr @ 22°C)	6 gpm/ft ² @ 72°F (14.7 m/hr @ 22°C)
Regenerant Concentration*	10% NaCl	10% HCl or 1 to 5% H ₂ SO ₄
Regeneration Flow Rate	0.5 to 1 gpm/ft ² (4.0 to 8.0 l/hr/l)	0.5 to 1.0 gpm/ft ² HCL (4.0 to 8.0 l/hr/l) 0.5 to 2.0 gpm/ft ² H ₂ SO ₄ (4.0 to 16.0 l/hr/l)
Regeneration Level	See Page 8	See Pages 9 to 13
Rinse Flow Rate	1.0 gpm/ft ² (8.0 l/hr/l) initially then 1.5 gpm/ft ² (12.0 l/hr/l)	0.5 to 0.75 gpm/ft ² (4.0 l/hr/l) initially then 1.5 gpm/ft ² (12.0 l/hr/l)
Rinse Water Requirements	25-75 gals/ft ² (3.4 to 10.0 l/l)	25-75 gals/ft ² (3.4 to 10.0 l/l)
Service Flow Rate	2 gpm/ft ² (16.0 l/hr/l)	2 gpm/ft ² (16.0 l/hr/l)
Exchange Capacity	See Page 8	See Pages 9 to 13

*See Safe Handling Section

table II—physical characteristics

Ionic Form (as supplied)	Sodium or Hydrogen
Shape	Spherical Particles
Moisture	45%*
Density	48 to 54 lbs/ft ³ (768 to 864 g/l)
Shipping Weight†	53 lbs/ft ³ (848 g/l)
Effective Size	0.50 mm*
Screen Grading (Wet)	16 to 50 mesh (U.S. Standard Screens)
Uniformity Coefficient	1.8 maximum
Fines Content	0.7% maximum through 50 mesh U.S. Standard Screens

*approximate

†Since wall effects are far less important in large diameter columns, 53 lbs of backwashed and drained Amberlite IR-120 Plus may occupy a volume slightly less than one cubic foot. In these cases, at least the same minimum total column capacity calculated from data presented in these notes will be achieved because both capacities and densities are based on laboratory tests using a one-inch diameter column.

2

Fuente: Boletín Técnico para procesos químicos, Alfa Aesar, 2019



SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA

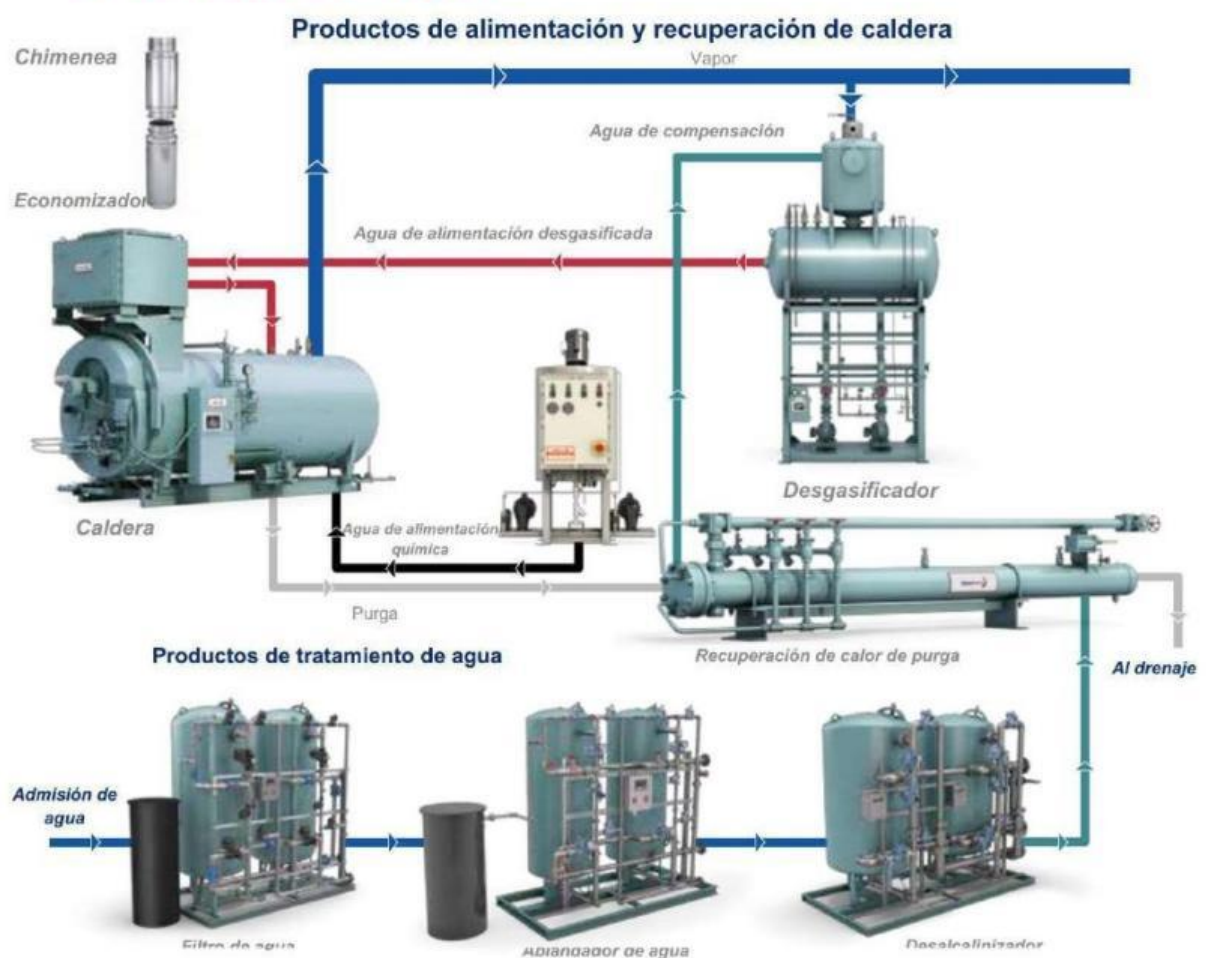
Mejore el desempeño, proteja su sistema y ahorre dinero

Fuente: Manual para calderas, pág.10, Cleaver Brooks, 2003

INTEGRACIÓN TOTAL DE TRATAMIENTO DE AGUA, DE UN SOLO PROVEEDOR

Cleaver-Brooks es el proveedor líder en sistemas de agua para caldera, incluyendo productos de tratamiento de agua y recuperación de alimentación y condensado de caldera, y es el único proveedor en el mundo que tiene un sistema totalmente integrado de un solo proveedor. Otros fabricantes dependen de equipo proveniente de una gran variedad de fuentes, que simplemente se ensamblan juntos, y que pueden poner en peligro la compatibilidad, desempeño y calidad. Los productos Cleaver-Brooks están diseñados para una alta eficiencia, y cumplen con los requerimientos de emisiones más estrictos en los Estados Unidos. Desde pre-tratamiento hasta post-tratamiento, de tratamiento de agua a separadores, nuestra ingeniería asegura que las soluciones estén diseñadas para satisfacer las necesidades de su sistema de caldera y especificaciones. Con tecnología de punta y experiencia construida durante 80 años en la industria, podemos satisfacer prácticamente cualquier necesidad de tratamiento de agua.

El sistema de vapor



Fuente: Manual para calderas, pág.11, Cleaver Brooks, 2003

Resumen de sistemas de tratamiento de agua

	Modelo	Vapor	Agua caliente	Capacidad	Características
PRODUCTOS DE EQUIPO PRE-TRATAMIENTO	ABLANDADORES DE AGUA				
	SMR y FMR	*	*	20,000-1,500,000 intercambio de granos	Índices de flujo desde 2 hasta 450 gpm. Compatible con todas las aplicaciones de caldera.
	FSE y SSE	*	*	20,000-1,200,000 intercambio de granos	Índices de flujo desde 8 hasta 350 gpm. Temperaturas de operación desde 40° hasta 100°F.
	CRS	*	*	15,000-450,000 intercambio de granos	Índices de flujo desde 12 hasta 45 gpm. Las válvulas y control pre-cableados y listos para programar.
	DESALCALINIZADORES				
	CDAS	*	*	50,000-980,00 granos	Índices de flujo desde 10 hasta 300 gpm. Tamaños de tanque de 20" a 72".
	CDAF	*	*	10,000-100,000 granos	Índices de flujo desde 2.5 hasta 50 gpm. Tamaños de tanque de 9" a 30".
	SISTEMAS DE FILTRACIÓN				
	FBS	*	*	----	Índices de flujo desde 10 hasta 800 gpm (dependiendo del filtro seccional)
	FBF	*	*	----	Índices de flujo desde 2 hasta 96 gpm. Montado en la parte superior, totalmente ajustable, válvulas de bronce para control.
	SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN QUÍMICA				
	CFS	*	*	Presión de hasta 1,000 psig	Tamaños de tanque desde 20 hasta 500 galones. Bombas totalmente ajustables de 0.015 gph a 60 gph.
SISTEMAS DE ÓSMOSIS INVERSA					
CRO	*	*	14,000-72,000 gpd	Sistemas de 10 gpm a 50 gpm. Disponible para aplicaciones de vapor y agua caliente.	

	Modelo	Vapor	Agua caliente	Características
PRODUCTOS DE EQUIPO POST-TRATAMIENTO	ENFRIADORES DE MUESTRAS			
	SC	*	*	Las calderas de vapor usan el modelo SC-42. Las calderas de agua caliente usan el modelo SC-22.
	SEPARADORES DE PURGA			
	BDS	*	*	Soporta una presión de operación de caldera desde 0 hasta 300 psig.
	TANQUES DE PURGA			
	BDT	*	*	Diseño simple y fácil de mantener. Tanques de 18" a 72".
	CONTROLADORES DE TRATAMIENTO DE AGUA DE CALDERA			
	CLC	*	*	Control de microprocesador. Incluye válvula de bola, kit de tubería, placa de orificio y sensor de conductividad.
	SILENCIADORES DE ESCAPE			
	CSP	*		Reducción de ruido desde 24.4 a 48.4 dB (dependiendo del modelo).
	CABEZAS DE ESCAPE			
	CEX	*	*	Auto-limpieza y auto-drenado.
	SEPARADORES CENTRÍFUGOS			
	CIS	*		Configuraciones vertical y horizontal con muchos tamaños disponibles.
	SEPARADORES DE VAPOR			
CMS	*		Provee vapor seco. Reduce las fluctuaciones de nivel de agua de caldera.	
SEPARADORES DE VAPOR FLASH				
FSS	*		Sello de código ASME. Rápido retorno de su inversión.	

Fuente: Manual para calderas, pág.12, Cleaver Brooks, 2003

Productos de equipo de pre-tratamiento

El equipo de pre-tratamiento Cleaver-Brooks se utiliza antes de que el agua alcance la caldera, y trata el agua para que tenga la calidad requerida para una operación de caldera exitosa. Es apropiado tanto para aplicaciones de agua caliente como de vapor. Este equipo le ayudará a proteger el equipo de caldera, proveyendo un agua tratada de alimentación de caldera de la más alta calidad.

Ablandadores de agua

Nuestros ablandadores de agua de intercambio iónico retiran la dureza del agua, previniendo la acumulación de sarro en las superficies de transferencia de calor, y ayudando a mantener una eficiencia máxima de caldera. Retirar la dureza reduce también la necesidad de adquirir costosos tratamientos químicos de agua, para controlar el sarro. Los ablandadores de agua Cleaver-Brooks están disponibles en diseño de paquete para virtualmente cualquier aplicación, comercial o industrial. Se recomienda un ablandador de agua en aquellos casos en que la dureza del agua sin tratar excede 1 ppm. Hay ablandadores de agua para todos los tamaños de calderas, incluyendo calderas múltiples, de vapor o agua caliente.

Modelo SMR y FMR

Disponibles con diseños de tanques individual, doble o triple, e incluye tanque(s) de resina, tanque de salmuera, resina, tubería frontal, diafragma, válvula de canasta y controlador de ciclo. Los caracterizan tanques de acero de carbono con interiores cubiertos de epoxi, su utilización de válvulas diafragma activadas por agua, así como un controlador electrónico.



Características

- Compatible con todas las aplicaciones de caldera
- Tamaño para capacidad de intercambio desde 20,000 hasta 1,500,000 granos
- Índices de flujo desde 2 hasta 450 gpm
- Tubería exterior de acero galvanizado con conexiones de hierro fundido
- Medidores de presión de admisión/escape
- Alojamiento eléctrico NEMA 4
- Sistemas pre-cableados y pre-entubados montados en patines, opcionales
- Tanques con sello de código ASME, opcionales

Fuente: Manual para calderas, pág.13, Cleaver Brooks, 2003

Sistemas de alimentación química – Modelo CFS

Los sistemas de alimentación química tratan el agua de alimentación de caldera y acondicionan la purga, proveyendo una medida extra de protección contra el sarro y la corrosión. Los sistemas automáticos están disponibles para instalaciones de caldera individuales o múltiples. Están totalmente empacados y pueden equiparse y sea con bombas de pistón o de diafragma. Cleaver-Brooks le ofrece también alimentadores de bypass y de tiro.



Características

- Para aplicaciones de vapor y agua caliente
- Disponible para cualquier tamaño de caldera
- Tamaños de tanque desde 20 hasta 500 galones
- Materiales de tanque: poli, acero de carbono, acero inoxidable y overpack
- Presión de hasta 1,000 psig
- Bombas totalmente ajustables de 0.015 GPH a 60 GPH

Sistemas de ósmosis inversa – Modelo CRO

Diseñados para aplicaciones de tratamiento de agua de caldera, proveen agua de alta pureza (98-99% de reducción de sales). Nuestros sistemas de ósmosis inversa retiran minerales disueltos, partículas e impurezas orgánicas. Al igual que todos los sistemas Cleaver-Brooks, se construyen usando componentes y materiales de la más alta calidad, para un desempeño excepcional.

Características

- Para aplicaciones de vapor y agua caliente
- Disponible para cualquier tamaño de caldera
- Sistemas de 10 gpm – 50 gpm
- Capacidad de 14,400 a 72,000 gpd
- Panel de control NEMA 4
- Montado en patines, totalmente empacado
- Muchas opciones disponibles, para ajustarse a los requerimientos de su aplicación

Fuente: Manual para calderas, pág.14, Cleaver Brooks, 2003



Selección del Suavizador

Ahora ya estamos listos para procesar un cálculo típico para seleccionar un suavizador , la información debera de ser primero reunida , basada en todos los aspectos mencionados en esta sección. Una lista de todos los factores de diseño , deberá de ser primero realizada. Lo siguiente representa una caldera típica , de donde nosotros calcularemos la demanda de un suavizador.

- **Determinar la Dureza en el agua**

El análisis recibido o muestreado es en partes por millón (ppm) , convertirlo a granos por galon (gpg) , dividiéndolo entre 17.1 ; $342/17.1 = 20$ gpg

- **Determinar los caballos vapor caldera (caballos de fuerza)**

Si la capacidad de la caldera la tenemos en libras por hora de vapor. Convertirla a caballos (HP) , 3450 libras por hora entre 34.5 = 100 HP (ver tabla de conversión)

- **Determinar la alimentación de agua máxima a la caldera**

La capacidad de la caldera es de 100 HP (caballos de fuerza) , convertir los HP a galones de agua por hora necesarios para alimentar la caldera , $HP \times 4.25$ galones por hora , $100 \times 4.25 = 425$ galones por hora

- **Determinar la cantidad de condensados de retorno o recuperados , y determinar la alimentación neta a la caldera.**

La alimentación de diseño es de 425 galones por hora , si el retorno de condensados es del 50% , por lo tanto 212.5 galones , la alimentación neta será de $425 - 212.5 = 212.50$ galones por hora.

- **Determinar la alimentación total requerida por día**

212.50 galones por hora , si el sistema opera 16 horas por día , 212.50×16 horas = 3400 galones por día.

- **Determinar los granos totales de dureza a remover por día**

3400 galones por día con una dureza de 20 gpg (granos por galón) será $3400 \times 20 = 68,000$ granos de dureza se necesita remover al día.

CD. MÉXICO: Tenango #46 , La Loma, Tlalnepantla, EM, 54060 Conm (5) 565 8876, Fax (5) 370 9489, econetmx@infoselnetmx
MONTERREY: Físicos #207, Tecnológico , Monterrey, NL, 64700. Tel (8) 358 7522, Fax (8) 387 3216
LEÓN: Madero #309, Centro, León, Gto, 37000. Tel (47) 13 1548 Fax (47) 13 1548, www.econext.com.mx

Fuente: Manual para calderas, pág.15, Cleaver Brooks, 2003

Anexo 9 Tablas de Vapor

Tablas del Vapor...

Qué Son Cómo se Usan

Los valores para el calor y las relaciones presión-temperatura que se usan en este manual han sido tomados de la tabla de Propiedades del Vapor Saturado.

Definición de Términos Usados

Vapor Saturado es vapor puro a una temperatura igual a la temperatura a que hierve el agua a una presión dada.

Presiones Absoluta y Relativa

Presión absoluta es la presión (en bar) medida con respecto al vacío perfecto. Presión Relativa o de Manómetro es la presión (en bar) medida con respecto a la presión atmosférica, la cual es igual a 1.01 bar absoluta. Presión Relativa más 1.01 es igual a la Presión Absoluta. Igualmente, Presión Absoluta menos 1.01 bar es igual a la Presión Relativa.

Relaciones Presión/Temperatura

(Columnas 1, 2 y 3). A cada presión del vapor puro le corresponde una temperatura única. Por ejemplo: al vapor puro a 10 bar absolutos siempre le corresponde una temperatura de 180°C.

Calor del Líquido Saturado (Columna 4). Ésta es la cantidad de calor requerida para elevar la temperatura de un kilogramo de agua desde 0°C hasta el punto de ebullición a la presión y temperatura mostradas. Se expresa en kJ/kg (o en kcal/kg).

Calor Latente o Calor de Vaporización (Columna 5). Es la cantidad de calor (expresada en kJ/kg or kcal/hr) que se requiere para cambiar un kilogramo de agua hirviendo a un kilogramo de vapor. Esta misma cantidad de calor se libera cuando un kilogramo de vapor se condensa y se vuelve un kilogramo de agua. El Calor Latente es diferente para cada combinación de presión/temperatura, tal como se muestra en la Tabla.

Calor Total del Vapor (Columna 6). Es el calor total en vapor arriba de 0°C. Es igual a la suma del Calor del Líquido Saturado (Columna 4) y el Calor Latente (Columna 5), expresado en kJ/kg o en kcal/kg.

Volumen Específico del Líquido

(Columna 7). Es el volumen por unidad de masa y se expresa en metros cúbicos por kilogramo (m³/kg).

Volumen Específico del Vapor (Columna 8). Es el volumen por unidad de masa y se expresa en metros cúbicos por kilogramo (m³/kg).

Cómo se Usa la Tabla

Además de poderse determinar las relaciones de presión/temperatura, la Tabla se puede usar para calcular la cantidad de vapor que se condensa en un sistema de calefacción de capacidad (Joules o calorías) conocida. De forma similar, la Tabla se puede usar para calcular la capacidad en Joules o calorías si se conoce la cantidad de vapor siendo condensado. En la sección de Aplicaciones en este Manual se hará referencia varias veces a esta Tabla.

Propiedades del Vapor Saturado

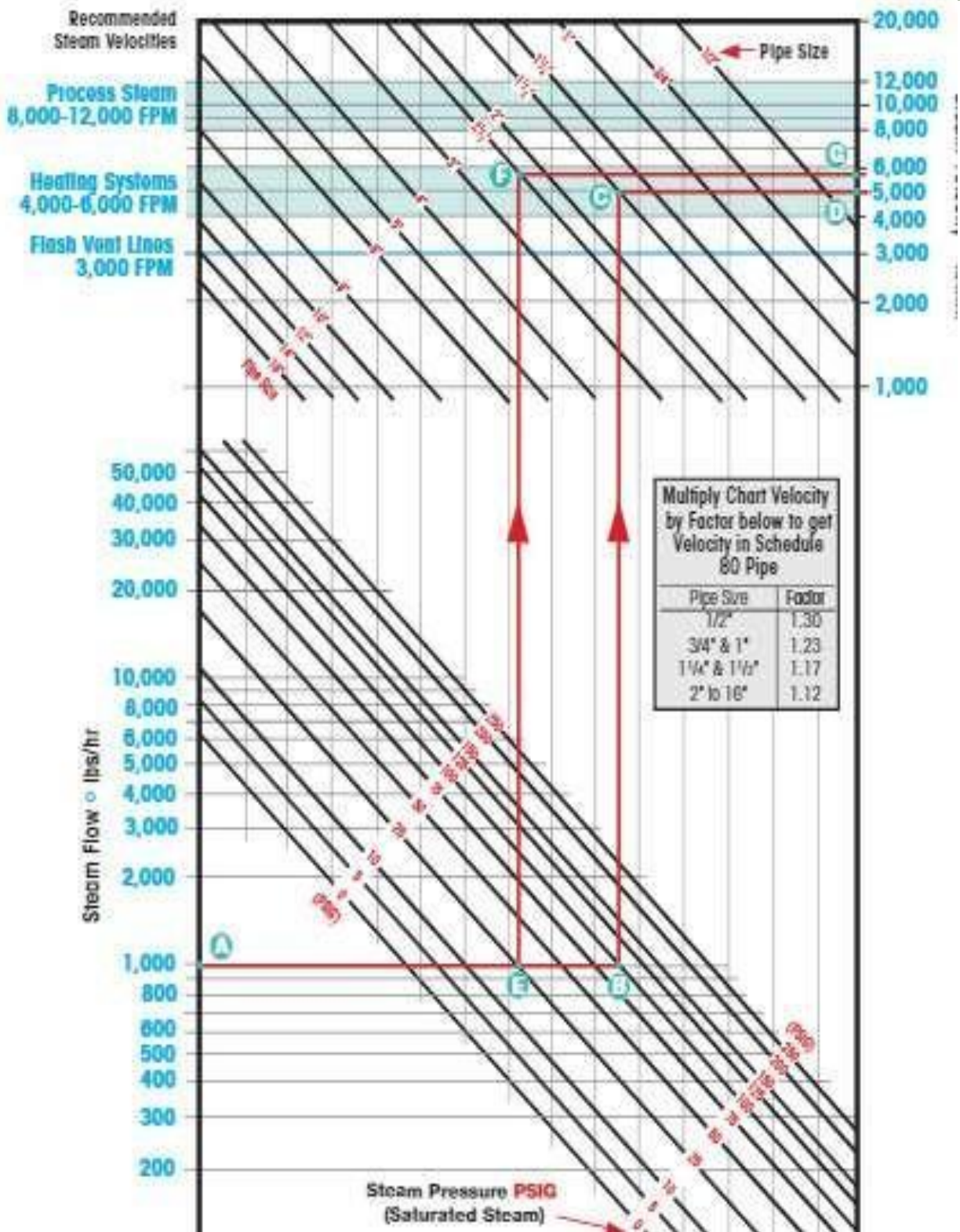
(Tomadas de "Propiedades Termodinámicas del Vapor", por Keenan y Keyes, con permiso de John Wiley & Sons, Inc.)

Columna 1 Presión Manométrica (bar)	Columna 2 Presión Absoluta (bar)	Columna 3 Temperatura del Vapor (°C)	Columna 4 Calor del Líquido Saturado (kJ/kg)	Columna 5 Calor Latente (kJ/kg)	Columna 6 Calor Total del Vapor (kJ/kg)	Columna 7 Volumen Específico del Líquido Saturado (m ³ /kg)	Columna 8 Volumen Específico del Vapor Saturado (m ³ /kg)
-1.008	0.0061	0.01	0.01	2501.3	2501.4	0.001 000	206.14
-0.99	0.02	17.50	73.48	2460.0	2533.5	0.001 001	67.00
-0.96	0.05	32.88	137.82	2423.7	2561.5	0.001 005	28.19
-0.91	0.10	45.81	191.83	2392.8	2584.7	0.001 010	14.67
-0.76	0.25	64.97	271.93	2346.3	2618.2	0.001 020	6.204
-0.51	0.50	81.33	340.49	2305.4	2645.9	0.001 030	3.240
-0.26	0.75	91.78	384.39	2278.6	2663.0	0.001 037	2.217
-0.01	1.00	99.63	417.46	2258.0	2675.5	0.001 043	1.6940
0.24	1.25	105.99	444.32	2241.0	2685.4	0.001 048	1.3749
0.49	1.50	111.37	467.11	2226.5	2693.6	0.001 053	1.1593
0.74	1.75	116.06	486.99	2213.6	2700.6	0.001 057	1.0036
0.99	2.00	120.23	504.70	2201.9	2706.7	0.001 061	0.8857
1.24	2.25	124.00	520.72	2191.3	2712.1	0.001 064	0.7933
1.49	2.50	127.44	535.37	2181.5	2716.9	0.001 067	0.7187
1.74	2.75	130.60	548.89	2172.4	2721.3	0.001 070	0.6573
1.99	3.00	133.55	561.47	2163.8	2725.3	0.001 073	0.6058
2.24	3.25	136.30	573.25	2155.8	2729.0	0.001 076	0.5620
2.49	3.50	138.88	584.33	2148.1	2732.4	0.001 079	0.5243
2.74	3.75	141.32	594.81	2140.8	2735.6	0.001 081	0.4914
3.0	4.0	143.63	604.74	2133.8	2738.6	0.001 084	0.4625
3.5	4.5	147.93	623.25	2120.7	2743.9	0.001 088	0.4140
4.0	5.0	151.86	640.23	2108.5	2748.7	0.001 093	0.3749
4.5	5.5	155.48	655.93	2097.0	2753.0	0.001 097	0.3427
5.0	6.0	158.85	670.56	2086.3	2756.8	0.001 101	0.3157
6.0	7.0	164.97	697.22	2066.3	2763.5	0.001 108	0.2729
7.0	8.0	170.43	721.11	2048.0	2769.1	0.001 115	0.2404
8.0	9.0	175.38	742.83	2031.1	2773.9	0.001 121	0.2150
9.0	10.0	179.91	762.81	2015.3	2778.1	0.001 127	0.19444
10.0	11.0	184.09	781.34	2000.4	2781.7	0.001 133	0.17753
11.0	12.0	187.99	798.65	1986.2	2784.8	0.001 139	0.16333
12.0	13.0	191.64	814.93	1972.7	2787.6	0.001 144	0.15125
13.0	14.0	195.07	830.30	1959.7	2790.0	0.001 149	0.14084
14.0	15.0	198.32	844.89	1947.3	2792.2	0.001 154	0.13177
16.5	17.5	205.76	878.50	1917.9	2796.4	0.001 166	0.11349
19.0	20.0	212.42	908.79	1890.7	2799.5	0.001 177	0.09963
21.5	22.5	218.45	936.49	1865.2	2801.7	0.001 187	0.08875
24	25	223.99	962.11	1841.0	2803.1	0.001 197	0.07998
29	30	233.90	1008.42	1795.7	2804.2	0.001 217	0.06668
34	35	242.60	1049.75	1753.7	2803.4	0.001 235	0.057070
39	40	250.40	1087.31	1714.1	2801.4	0.001 252	0.049780
49	50	263.99	1154.23	1640.1	2794.3	0.001 286	0.039440
59	60	275.64	1213.35	1571.0	2784.3	0.001 319	0.032440
69	70	285.88	1267.00	1505.1	2772.1	0.001 351	0.027370
79	80	295.06	1316.64	1441.3	2758.0	0.001 384	0.023520
89	90	303.40	1363.26	1378.9	2742.1	0.001 418	0.020480
99	100	311.06	1407.56	1317.1	2724.7	0.001 452	0.018026
119	120	324.75	1491.3	1193.6	2684.9	0.001 527	0.01426
139	140	336.75	1571.1	1066.5	2637.6	0.001 611	0.011485
159	160	347.44	1650.1	930.6	2580.6	0.001 711	0.009306
179	180	357.06	1732.0	777.1	2509.1	0.001 840	0.007489
199	200	365.81	1826.3	583.4	2409.7	0.002 036	0.005834
219.9	220.9	374.14	2099.3	0.0	2099.3	0.003 155	0.003 155

Fuente: Tablas de vapor pág.115, Spirax Sarco, 2001



Fuente: Tablas de vapor pág.116, Spirax Sarco, 2001



Fuente: Guía de referencia técnica, Spirax Sarco, 2012

**Anexo 11 Maximizar eficiencia energética del
sistema de aislamiento**

Maximize System Energy Efficiency With Proper Insulation

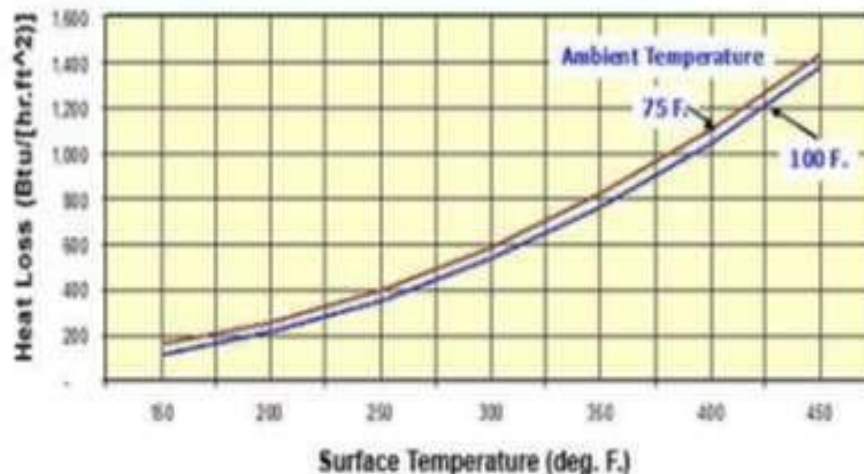
The heat loss calculations require measurement of surface temperature and information on conditions such as ambient temperature, wind velocity, orientation of the surface (vertical, horizontal facing upward or downward, etc.) and condition or emissivity (shiny vs. black or rusted) of the surface.

Figure 1 shows values of heat loss per square foot of the heating system outside surface for a vertical surface with emissivity of 0.9 and wind velocity of zero miles per hour (indoor installation). This graph should be used as a general guide because wall heat loss depends on a number of factors.

Fuente:

<http://www.reliableplant.com/Read/15871/maximize-system-energy-efficiency-with-proper-insulation>

Figure 1. Values of Heat Loss Per Square Foot of Heating Surface



Fuente: Maximización de la eficiencia del sistema de energía ,Reliable Plant, Estados

Unidos, 1996

Tablas Ingenieriles Útiles

Tabla 48-1. Longitud Equivalente de Tubería a Añadir Debido a Accesorios - Tubo Cédula 40

Tamaño de Tubería (in)	Longitud en Metros a Añadir				
	Codo Estándar	T ^o con Salida Lateral	Válvula de Compuerta*	Válvula de Globo*	Válvula de Angulo*
1/2	0.5	0.9	0.1	5.4	2.4
3/4	0.6	1.3	0.2	7.1	3.1
1	0.8	1.6	0.2	9.1	4.0
1 1/4	1.1	2.1	0.3	11.9	5.3
1 1/2	1.2	2.5	0.3	13.9	6.1
2	1.6	3.2	0.4	17.9	7.9
2 1/2	1.9	3.8	0.5	21.3	9.4
3	2.3	4.7	0.6	26.5	11.7
3 1/2	2.7	5.4	0.7	30.6	13.5
4	3.1	6.1	0.8	34.8	15.3
5	3.8	7.7	1.0	43.6	19.2
6	4.6	9.2	1.2	52.4	23.1
8	6.1	12.2	1.6	68.9	30.4
10	7.6	15.3	2.0	86.5	38.2
12	9.1	18.2	2.4	103.1	45.5

* Válvula completamente abierta

Tabla 48-3. Comparación de Tamaños "Nominales" de Tubos

Tamaño de Tubo in	Tamaño de Tubo mm
1/2	15
3/4	20
1	25
1 1/4	32
1 1/2	40
2	50
2 1/2	65
3	80
3 1/2	-
4	100
5	125
6	150
8	200
10	250
12	300
14	350
16	400
18	450
20	500
24	600

Tabla 48-2. "Pérdida de Vapor a Tráves de un Orificio"

TAMANO nominal *	mm	Presión del Vapor, bar (manométrica)							
		1	2	4	7	10	16	25	40
#60	1.02	0.9	1.3	2.1	3.4	4.7	7.2	11	17
3/64	1.19	1.2	1.8	2.9	4.7	6.4	10	15	24
1/16	1.59	2.1	3.1	5.2	8.3	11	18	27	43
5/64	1.98	3.3	4.9	8.1	13	18	28	42	66
3/32	2.38	4.7	7.0	12	19	26	40	61	96
"#38"	2.46	5.0	7.5	13	20	28	43	65	103
7/64	2.78	6.4	10	16	25	35	54	83	130
1/8	3.18	8.4	13	21	33	46	71	108	170
9/64	3.57	11	16	26	42	58	89	137	215
5/32	3.97	13	20	32	52	71	110	169	266
3/16	4.76	19	28	47	75	103	159	243	383
7/32	5.56	26	38	64	102	140	216	331	522
1/4	6.35	33	50	83	133	183	282	432	681
9/32	7.14	42	63	105	168	231	357	546	861
5/16	7.94	52	78	130	208	286	441	675	1,064
11/32	8.73	63	95	157	252	346	534	817	1,288
3/8	9.53	75	113	187	299	411	636	972	1,532
7/16	11.11	102	153	255	407	560	865	1,323	2,085
1/2	12.70	134	200	333	532	731	1,130	1,727	2,723
9/16	14.29	169	253	421	673	926	1,430	2,186	3,447
5/8	15.88	209	313	520	831	1,143	1,765	2,699	4,255
11/16	17.46	253	378	629	1,006	1,383	2,136	3,266	5,149
3/4	19.05	301	450	749	1,197	1,646	2,542	3,887	6,128
7/8	22.23	410	613	1,020	1,630	2,240	3,460	5,290	8,341
1 1/16	26.99	604	904	1,503	2,403	3,303	5,102	7,800	12,298
1 1/4	31.75	836	1,251	2,081	3,326	4,571	7,061	10,796	17,022
1 5/8	41.28	1,412	2,114	3,517	5,621	7,725	11,933	18,246	28,767

* Tamaños de Orificio disponibles en fracciones de plugada o número de tamaño de broca.
Los valores en la tabla son flujos de vapor saturado en kilogramos por hora.
Fórmula de Napier: (Área del orificio, in²)(Presión, psia)/70 • (3.6000 sea/hora)/(2.205 lb/ka)

0

Fuente: Guía de referencia técnica, Spirax Sarco, 2012

Factores de Conversión

Longitud
1 mm = 0.0394 in
1 m = 39.37 in
1 m = 3.281 ft
1 in = 25.4 mm
1 in = 0.0254 m
1 ft = 0.3048 m
1 ft = 12 in*

Área
1 mm ² = 0.00155 in ²
1 cm ² = 0.155 in ²
1 m ² = 10.764 ft ²
1 in ² = 645.16 mm ²
1 in ² = 6.456 cm ²
1 ft ² = 0.0929 m ²

Volumen
1 cm ³ = 0.061 in ³
1 dm ³ = 1 liter = 61.02 in ³
1 dm ³ = 0.0353 ft ³
1 m ³ = 35.31 ft ³
1 in ³ = 16.39 cm ³
1 in ³ = 0.0164 dm ³
1 ft ³ = 28.317 dm ³
1 ft ³ = 0.0283 m ³
1 galón = 231 in ³
1 galón = 0.003785 m ³
1 barril (petróleo) = 42 galón
1 barril (petróleo) = 0.159 m ³

Presión
1 bar = 14.5 psi
1 bar = 100 kPa = 0.1 MPa
1 Pa = 0.0209 lb/ft ²
1 kg/cm ² = 14.22 psi
1 millibar = 1.0197 cm H ₂ O
1 millibar = 0.75 mm Hg
1 cm H ₂ O = 0.98 millibar
1 mm Hg = 1.333 millibar
1 psi = 0.06895 bar
1 psi = 6.895 kPa
1 lb/ft ² = 47.88 Pa

Velocidad
1 m/s = 3.281 ft/sec
1 m/s = 196.85 ft/min
1 ft/sec = 0.305 m/s
1 ft/min = 0.00508 m/s

Masa
1 kg = 2.205 lb
1 lb = 0.454 kg
1 ton (conta) = 2,000 lb
1 ton (conta) = 907 kg
1 ton (larga) = 2240 lb
1 ton (larga) = 1016 kg

Flujo
1 m ³ /h = 4.403 galón/m
1 galón/min = 0.227 m ³ /h

Temperatura
<i>Escala:</i>
°F = 9/5 (°C + 32)
°C = 5/9 (°F - 32)
<i>Diferencia:</i>
ΔT _c = 5/9 ΔT _f
ΔT _f = 9/5 ΔT _c
<i>Absoluta:</i>
°R (Rankine) = °F + 460
°K (Kelvin) = °C + 273

Energía
1 kJ = 0.9478 Btu
1 kJ = 0.2388 kcal = 238.8 cal
1 kWh = 3600 kJ
1 Btu = 1.055 kJ
1 kcal = 4.1868 kJ

Potencia
1 kHP = 0.7457 kW
1 Caldera HP = 35.29 MJ/h
1 ton (refrigeración) = 12,000 Btu/h
1 ton (refrigeración) = 12.649 MJ/h
1 MJ/h = 0.0791 ton (refrigeración)

Calor
1 kJ/kg = 0.4299 Btu/lb
1 kJ/kg·°C = 0.2388 Btu/lb·°F
1 kJ/h·m ² ·°C = 0.04892 Btu/h·ft ² ·°F
1 Btu/lb = 2.326 kJ/kg
1 Btu/lb·°F = 4.1868 kJ/kg·°C
1 Btu/h·ft ² ·°F = 20.4417 kJ/h·m ² ·°C

Notas
Galons son el estandar de EUA.

Fuente: Guía de referencia técnica, Spirax Sarco, 2012



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

	CONCRETO. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN ADOQUINES Y BLOQUES DE CONCRETO PARA PAVIMENTOS	NTP 399.611 y 399.604
SOLICITANTE : CONCRETOS MOLDEADOS S.A.C. NOMBRE DEL PROYECTO : CONTROL DE CALIDAD UBICACIÓN DEL PROYECTO : ANEXO SANTA ANA s/n MOLLEBAYA FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS : 31 mayo , 2019 FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 31 mayo , 2019 FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME : 31 mayo , 2019 CONDICIÓN DEL MUESTREO : Por el Cliente PÁGINA : 1 de 1		N° DE EXPEDIENTE: 793-LC-19 RESISTENCIA DE DISEÑO f 'c = 420 kgf/cm²

ITEM	PROBETA		FECHA		EDAD (días)	AREA (cm ²)	CARGA (kgf)	ESFUERZO DE ROTURA (f 'c)	
	ELEMENTO	CODIGO	VACIADO	ROTURA				(MPa)	(kgf/cm ²)
1	ADOQUIN DE CONCRETO DE 0.20x0.10x.08	S/C	8/05/2019	31/05/2019	23	196.7	113782	56.8	578.5
2	ADOQUIN DE CONCRETO DE 0.20x0.10x.08	S/C	9/05/2019	31/05/2019	22	198.1	128934	62.9	640.9

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Ing. JUAN MANUEL CHOQUE CALDERON
 LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
 EPIC - FAICA - CAMPUS PARQUE INDUSTRIAL

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

DR. Ing. ALEJANDRO VICTOR HIDALGO VALDIVIA
 COORDINADOR DE LOS LABORATORIOS DE
 INGENIERÍA CIVIL

Fuente: Escuela Profesional de Ingenieria Civil, Perú,2019