

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



“PROPUESTA TECNOLÓGICA Y METODOLOGÍA PARA EL AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA ELABORACIÓN DE CONCRETO CON MEZCLADORAS”

TESIS

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

DIEGO DAVID GONZALES SANCHEZ

Lima – Perú

2011

INDICE

| | |
|--|----|
| RESUMEN | V |
| LISTA DE TABLAS | VI |
| LISTA DE CUADROS | VI |
| LISTA DE FIGURAS | VI |
| INTRODUCCION | IX |
| CAPITULO I : CONSIDERACIONES GENERALES | |
| 1.1 PROPIEDADES FISICAS DE LOS AGREGADOS | 1 |
| 1.1.1 Definición de agregados | 1 |
| 1.1.2 Agregado fino | 1 |
| 1.1.3 Agregado grueso | 4 |
| 1.1.4 Agregado global | 9 |
| 1.1.5 Datos modelo de valores de propiedades físicas | 11 |
| 1.2 METODOS DE DISEÑO DE MEZCLA | 12 |
| 1.2.1 Método ACI | 12 |
| 1.2.2 Método agregado global | 16 |
| 1.3 ADITIVOS LIQUIDOS | 20 |
| 1.3.1 Definición | 20 |
| 1.3.2 Clasificación de aditivos | 20 |
| 1.4 FISICA: FUERZA ELASTICA Y CONSERVACION DE LA ENERGIA | 22 |
| 1.4.1 Fuerza elástica | 22 |
| 1.4.2 Conservación de la energía | 22 |
| 1.5 ESTÁTICA | 25 |
| 1.5.1 Centro de gravedad | 25 |

| | |
|---|----|
| 1.6 MECÁNICA DE FLUIDOS | 29 |
| 1.6.1 Fuerza sobre superficies sumergidas | 29 |
| 1.6.2 Flujo por orificios | 30 |
| 1.7 RESISTENCIA DE MATERIALES | 32 |
| 1.7.1 Esfuerzo | 32 |
| 1.7.2 Esfuerzo cortante | 32 |
| 1.7.3 Esfuerzo de aplastamiento | 33 |
| 1.7.4 Factor de seguridad..... | 34 |
| 1.8 INTRODUCCION AL ESTUDIO DEL TRABAJO | 36 |
| CAPITULO II :DISEÑO Y ELABORACION DE EQUIPOS PARA CONCRETO | |
| 2.1 DOSIFICADOR DE ADITIVOS | 38 |
| 2.1.1 Parametros de diseño..... | 38 |
| 2.1.2 Manual de funcionamiento..... | 42 |
| 2.2 DOSIFICADOR DE AGUA..... | 43 |
| 2.2.1 Geometría del recipiente | 43 |
| 2.2.2 Calculo del area humeda (Ah) | 43 |
| 2.2.3 Estimación del volumen máximo del recipiente en función de la relación agua/cemento (a/c)..... | 45 |
| 2.2.4 Calculo del espesor del recipiente | 46 |
| 2.2.5 Calculo del volumen minimo (Vm) | 46 |
| 2.2.6 Calculo del tiempo de evacuación | 47 |
| 2.2.7 Manual de funcionamiento..... | 49 |
| 2.3 DOSIFICADOR DE AGREGADOS..... | 51 |
| 2.3.1 Calculo del volumen del recipiente | 51 |
| 2.3.2 Calculo del ángulo de inclinación..... | 52 |
| 2.3.3 Calculo de las dimensiones del recipiente | 53 |

| | | |
|-------|---|----|
| 2.3.4 | Calculo del centro de masa del cucharon | 54 |
| 2.3.5 | Calculo de fuerzas del cucharon..... | 56 |
| 2.3.6 | Calculo de fuerzas de corte | 57 |
| 2.3.7 | Mecanismo de abertura..... | 59 |
| 2.3.8 | Manual de funcionamiento..... | 60 |
| 2.3.9 | Maqueta funcional | 62 |

CAPITULO III : ANÁLISIS DE PROCESOS DE TRABAJO EN OBRA

| | | |
|-------|---|----|
| 3.1 | ELABORACION DE CONCRETO EN OBRA..... | 65 |
| 3.2 | EQUIPOS Y HERRAMIENTAS PARA LA ELABORACION DE CONCRETO | 65 |
| 3.3 | PARAMETROS Y NORMAS DE CONSTRUCCION..... | 71 |
| 3.4 | DOSIFICACION DE CONCRETO EN OBRA..... | 74 |
| 3.5 | EXPERIENCIAS DE OBRA | 76 |
| 3.5.1 | Empleo de aditivos liquidos para concreto..... | 76 |
| 3.5.2 | Abastecimiento de agua a mezcladora tipo tolva | 82 |
| 3.5.3 | Abastecimiento de agregados a mezcladora tipo tolva | 90 |

CAPITULO IV: APLICACIÓN DE EQUIPOS Y METODOLOGIA PARA ELABORAR CONCRETO

| | | |
|-------|--|-----|
| 4.1 | PROPUESTA PARA LA DOSIFICACION DE ADITIVOS LIQUIDOS..... | 99 |
| 4.1.1 | Fabricación del equipo dosificador de aditivos..... | 99 |
| 4.1.2 | Instalación del equipo dosificador de aditivos | 101 |
| 4.1.3 | Ensayo del equipo dosificador de aditivo | 102 |
| 4.2 | PROPUESTA PARA LA DOSIFICACION DE AGUA | 107 |
| 4.2.1 | Fabricación del equipo dosificador de agua | 107 |
| 4.2.2 | Instalación del equipo dosificador de agua | 109 |
| 4.2.3 | Ensayo de equipo dosificador de agua | 111 |

| | |
|--|------------|
| 4.3 PROPUESTA PARA LA DOSIFICACION DE AGREGADOS | 117 |
| 4.3.1 Fabricación del equipo dosificador de agregados | 117 |
| 4.3.2 Instalación del equipo dosificador de agregados | 122 |
| 4.3.3 Primer ensayo del equipo dosificador de agregados | 122 |
| 4.3.4 Segundo ensayo del equipo dosificador de agregados | 128 |
| CAPITULO V: ANALISIS DE RESULTADOS | |
| 5.1 EQUIPO DOSIFICADOR DE ADITIVOS | 134 |
| 5.2 EQUIPO DOSIFICADOR DE AGUA..... | 136 |
| 5.3 EQUIPO DOSIFICADOR DE AGREGADOS | 138 |
| 5.4 SISTEMA DE DOSIFICACION DE ADITIVOS, AGUA Y AGREGADOS..... | 141 |
| CONCLUSIONES..... | 142 |
| RECOMENDACIONES..... | 144 |
| BIBLIOGRAFIA..... | 145 |

RESUMEN

La presente tesis desarrolla temas vinculados al incremento de la productividad y calidad en la elaboración de concreto en obra con mezcladoras tipo tolva, mediante la aplicación de la física, mecánica de fluidos, resistencia de materiales y el estudio de las propiedades físicas de los agregados entre otras materias. Asimismo se plantea el desarrollo e implementación de equipos y metodologías que suprimen la práctica de efectuar al tanteo el abastecimiento de agregados, agua o aditivos, contribuyendo a reemplazar el tradicional método de abastecer agregados en volumen por el abastecimiento en peso de una manera más fácil y eficiente lo que se traduce en un ahorro de horas hombre y horas máquina para la obtención de un concreto homogéneo.

LISTA DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1.1: Requisitos Granulométricos Agregado Fino | 2 |
| Tabla 1.2: Husos granulométricos del Agregado Grueso | 7 |
| Tabla 1.3: Factor de resistencia $f'c$, Norma – 060 | 13 |
| Tabla 1.4: Volumen de agua en función del Diámetro Nominal Max. | 13 |
| Tabla 1.5: Relación agua/cemento en función del $f'cr$ | 13 |
| Tabla 1.6: Modulo de finura en función del D^n_{max} | 14 |
| Tabla 1.7: Contenido de aire atrapado en función del D^n_{max} | 15 |
| Tabla 2.1: Relaciones agua / cemento (a/c)..... | 45 |
| Tabla 2.2: Tiempo de evacuación en función del diámetro | 48 |

LISTA DE CUADROS

| | |
|--|----|
| Cuadro 1.1: Propiedades Físicas de cantera de agregados Firth | 11 |
| Cuadro 1.2: Valores de esfuerzos en Materiales | 35 |
| Cuadro 1.3: Simbología de procesos según OIT | 36 |
| Cuadro 2.1: Análisis de Aditivos comerciales | 39 |
| Cuadro 3.1: Eficiencia Mezcladoras tipo trompo..... | 68 |
| Cuadro 3.2: Eficiencia Ideal Mezcladoras tipo tolva..... | 69 |
| Cuadro 3.3: Secuencia ideal de abastecimiento de agregados..... | 69 |
| Cuadro 3.4: Porcentajes de tiempo en abastecimiento de agua | 85 |
| Cuadro 3.5: Secuencia real de abastecimiento de agregados y agua a mezcladora tipo tolva..... | 87 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1.1: Determinación grafica del P.U.C.max | 10 |
| Figura 1.2: Determinación grafica del PUC max | 18 |
| Figura 1.3: Fuerza elástica F | 22 |
| Figura 1.4: Balanza de resorte..... | 24 |
| Figura 1.5: Elemento de 3 áreas en el espacio..... | 25 |
| Figura 1.6: Fuerza en un área de plano inclinado | 29 |
| Figura 1.7: Deposito paraboloides con líquido..... | 31 |
| Figura 1.8: Esfuerzo Normal..... | 32 |
| Figura 1.9: Cortante en una barra AB..... | 33 |

| | |
|---|-----|
| Figura 1.10: Perno y placa A | 33 |
| Figura 1.11: Diagrama de recorrido | 37 |
| Figura 1.12: Diagrama de procesos..... | 37 |
| Figura 2.1: Componentes dosificador aditivos | 40 |
| Figura 2.2: Partes del dosificador de aditivos | 42 |
| Figura 2.3: Geometría del recipiente del Dosificador de Agua | 43 |
| Figura 2.4: Ejes para cálculo de Área Húmeda Ah | 44 |
| Figura 2.5: Partes del Dosificador de Agua..... | 49 |
| Figura 2.6: Sistema de abertura de cucharones | 51 |
| Figura 2.7: Sección de un cucharon | 52 |
| Figura 2.8: Dimensiones de recipiente | 54 |
| Figura 2.9: Centro de Masa de Cucharon..... | 55 |
| Figura 2.10: Fuerzas internas del cucharon..... | 56 |
| Figura 2.11: Fuerzas externas aplicadas a pasador | 57 |
| Figura 2.12: Fuerzas de corte en pasador de cucharon..... | 58 |
| Figura 2.13: Mecanismo de Abertura (A: Desplazado, B: Cerrado) | 59 |
| Figura 2.14: Partes del Dosificador de Agregados | 60 |
| Figura 3.1: Esquema de recipientes | 77 |
| Figura 3.2: Croquis ubicación cilindros de aditivos y mixer | 78 |
| Figura 3.3: Diagrama de recorrido abastecimiento de agua al tanteo | 84 |
| Figura 3.4: Balanza con plataforma de transito..... | 91 |
| Figura 3.5: Operario ingresando con carretilla cargada a plataforma de balanza | 91 |
| Figura 3.6: Operario controlando el peso manualmente | 92 |
| Figura 3.7: Diagrama de recorrido para el abastecimiento de agregados en peso | 92 |
| Figura 3.8: Secuencia de graduación volumétrica de carretilla | 95 |
| Figura 3.9: Diagrama de recorrido abastecimiento de agregados en volumen..... | 97 |
| Figura 4.1: Nivel de instalación del equipo dosificador..... | 101 |
| Figura 4.2: Croquis de distribución en planta dosificadora | 102 |
| Figura 4.3: Secuencia de empleo del dosificador de aditivos | 103 |
| Figura 4.4: Diagrama de recorrido en proceso de dosificación de agua | 111 |
| Figura 4.5: Vista Frontal de Dosificador de Agregados a escala..... | 117 |

| | |
|--|-----|
| Figura 4.6: Secuencia de abertura de cucharón de compuerta inferior | 128 |
| Figura 4.7: Diagrama de recorrido de proceso de dosificación de agregados empleando el equipo dosificador | 132 |
| Figura 5.1: Partículas de agregados | 139 |

INTRODUCCION

Los actuales métodos de abastecimiento de agregados a las mezcladoras de concreto, no permiten obtener un concreto homogéneo y aprovechar la máxima eficiencia de la mezcladora en un tiempo reducido, los tiempos improductivos invertidos en esperas e inspecciones al tanteo van consumiendo los recursos de horas hombre y horas maquina, y que en ciclos de producción prolongados el agotamiento físico del personal se refleja en la alteración de las proporciones, por ello, mediante el estudio de las propiedades físicas de los agregados, diseño de mezcla, mecánica de fluidos, resistencia de materiales y la aplicación de conceptos actuales de análisis del trabajo y diseño de maquinas, es posible desarrollar una tecnología y metodología que permitan superar las deficiencias observadas durante el abastecimiento de agregados en obra, que generalmente se realiza en volumen y no en peso, dado que este proceso demanda un menor tiempo que el invertido en pesar cada componente; por ello en la presente investigación se brindan las soluciones que permiten ahorrar el tiempo de pesado y surtido de agregados de una manera más productiva que el método tradicional de volumen, lo que se traduce en ahorro de recursos y se obtienen los beneficios de un concreto homogéneo.

CAPITULO I

CONSIDERACIONES GENERALES

1.1 PROPIEDADES FISICAS DE LOS AGREGADOS

1.1.1 DEFINICIÓN DE AGREGADOS

Los agregados para concreto son aquellos granos inorgánicos, inertes que son aglomerados o acumulados por la pasta de cemento, para formar una determinada estructura resistente.

De acuerdo con la Norma NTP 400.011 (agregados, definición y clasificación de agregados par uso de mortero y concretos) se define como agregado al conjunto de partículas, de origen natural o artificial, que pueden ser tratados o elaborados, y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por esta Norma, se los denomina también áridos.

Los agregados ocupan generalmente del 60 al 80% del volumen de concreto por tanto, sus características influyen en las propiedades del mismo, en las proporciones de mezcla y en la economía.

1.1.2 AGREGADO FINO

Según la norma NTP 400.011, se define como agregado fino, a aquel material que pasa por el tamiz 9,51mm (malla 3/8") y queda retenido en el tamiz 74um (Malla N°200), proveniente de la desintegración natural o artificial de rocas. El agregado puede consistir de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duro, compacto y resistentes.

Entre las propiedades físicas tenemos:

- a) Granulometría
- b) Peso Unitario
- c) Peso Especifico
- d) Porcentaje de Absorción
- e) Contenido de Humedad
- f) Cantidad de Material que pasa la Malla N°100
- g) Superficie especifica

a) GRANULOMETRIA (Norma de ensayo NTP 400.012)

La granulometría es la distribución de las partículas de materiales granulares de varios tamaños que generalmente se expresan en términos de porcentajes acumulados mayores o menores que cada una de las series de tamaños o de aberturas de mallas, o los porcentajes entre ciertos rangos de aberturas de mallas. Los requisitos de granulometría del ASTM C-33 para agregados finos se muestran en la Tabla 1.1:

| TAMIZ | PORCENTAJE DE PESO (MASA) QUE PASA | | | |
|----------------|------------------------------------|----------|----------|----------|
| | LIMITES TOTALES | *C | M | F |
| 9.5 mm (3/8") | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 4.75 mm (N°4) | 89 – 100 | 95 – 100 | 89 – 100 | 89 – 100 |
| 2.36 mm (N°8) | 65 – 100 | 80 – 100 | 65 – 100 | 80 – 100 |
| 1.18 mm (N°16) | 45 – 100 | 50 – 85 | 45 – 100 | 70 – 100 |
| 600 um (N°30) | 25 – 100 | 25 – 60 | 25 – 80 | 55 – 100 |
| 300 um (N°50) | 5 – 70 | 10 – 30 | 5 – 48 | 5 – 70 |
| 150 um (N°100) | 0 – 12 | 2 – 10 | 0 - 12* | 0 – 12 |

Tabla 1.1: Requisitos Granulométricos Agregado Fino

a.1 Modulo de Finura (Mf): (Norma de ensayo NTP 400.012)

Es una caracterización numérica, que representa la distribución volumétrica de las partículas de agregados, se obtiene de la suma de los porcentajes retenidos acumulativos de la serie estándar. El módulo de fineza del agregado fino se mantendrá dentro del límite de ± 0.2 del valor asumido para la selección de las proporciones del concreto; siendo recomendable que el valor asumido este entre los módulos 2.2 y 2.8 para producir concretos de buena trabajabilidad y reducida segregación; y que las que se encuentran entre 2.8 y 3.2 son las más favorables para los concretos de alta resistencia.

$$Mf = \frac{1 \times \sum \% \text{Retenidos Acumulados (N° 3/8", 4, 8, 16, 30, 50, 100)}}{100}$$

b) PESO UNITARIO (Norma NTP 400.017)

Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos, se determinan dos pesos unitarios:

b.1 Peso Unitario Suelto (P.U.S.)

Es el peso por unidad de volumen que ocupa un agregado luego de haber sido extraído de su estado natural, el cual se determina mediante el acomodo de agregado, sin ejercer presión, en un recipiente de volumen estandarizado.

b.2 Peso Unitario Compactado (P.U.C.)

Es un ensayo físico que consiste en determinar la densidad de un agregado mediante el acomodo del mismo en un recipiente de $1/10p^3$ de volumen, acomodado en capas en donde se ejerce una determinada presión.

c) PESO ESPECIFICO (Norma NTP 400.022)

Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen de las mismas, sin considerar los vacíos entre ellas, lo cual es necesario en el diseño de mezcla.

Las Normas distinguen tres maneras de expresarlos en función de las condiciones de saturación, por medio de procedimientos estandarizados determinados en laboratorio; a valores bajos se les atribuye porosidad, absorbencia y debilidad, mientras que valores altos indican que poseen buena calidad.

d) PORCENTAJE DE ABSORCION (Norma NTP 400.018)

Es la capacidad de los agregados de llenar con agua los vacíos internos en las partículas, su cálculo representa el porcentaje de agua que necesita para llegar a la condición de saturado superficialmente seco.

- e) **CONTENIDO DE HUMEDAD (Norma ASTM C566)**
Es la cantidad de agua superficial que retienen en un momento determinado las partículas de agregado, contribuye a incrementar el agua de mezcla en el concreto.

- f) **CANTIDAD DE MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 100**
Tiene trascendencia en los agregados pues pueden afectar en la resistencia del concreto, esto hace que la mezcla requiera mayor cantidad de agua.

- g) **SUPERFICIE ESPECIFICA**
Se define como el área superficial total de las partículas de agregado referida al peso o al volumen absoluto, es otra caracterización numérica de la granulometría de agregados, que si bien no es tan práctica en su aplicación, es importante desde el punto de vista que permite comprender conceptualmente varias relaciones y propiedades entre los agregados y la pasta de cemento.

1.1.3 AGREGADO GRUESO

Según la norma NTP 400.012, se define como agregado grueso aquel material que queda retenido en el tamiz 4,76 mm. (N°4) proveniente de la desintegración natural o mecánica de la roca.

Entre las propiedades físicas tenemos:

- a) Peso Unitario
 - b) Peso Específico
 - c) Granulometría
 - d) Porcentaje de Absorción
 - e) Contenido de Humedad
 - f) Superficie Específica
-
- a) **PESO UNITARIO (Norma NTP 400.017)**
Se denomina así al peso que alcanza un determinado volumen unitario considerando los vacíos, es decir convertir cantidades en peso a cantidades en volumen.

Este valor es requerido cuando se trata de agregados ligeros o pesados y en caso de proporcionarse el concreto por volumen.

a.1 Peso Unitario Suelto

Es el peso por unidad de volumen que ocupa un agregado luego de haber sido extraído de su estado natural, el cual se determina mediante el acomodo de agregado, sin ejercer presión, en un recipiente de volumen estandarizado.

a.2 Peso Unitario Compactado

Es el peso por unidad de volumen que ocupa un agregado luego de haber sido compactado en 3 capas en un recipiente de volumen estandarizado, con 25 golpes en cada capa con una varilla cara lisa, punta roma de 60cm.

La relación entre el peso unitario suelto y compactado, debe estar en el orden de 0.87 y 0.96.

b) PESO ESPECIFICO (Norma NTP 400.021)

Es la relación del peso del agregado grueso entre el volumen de los mismos, sin considerar los vacíos existentes entre ellos, siendo esencial su cálculo, porque de ellos dependerá la resistencia y la durabilidad del concreto.

Es un indicador de la calidad del concreto, correspondiendo los valores elevados a agregados de buen comportamiento y los valores bajos a agregados débiles.

Procedimiento:

Se obtiene una muestra representativa de 500gr.

La muestra se pone en remojo por 24h.

Se llena de agua el balde de la balanza hidrostática

Se calibra la balanza colocando piedras normalizadas en el platillo para ser nivelada, se pesa la canastilla dentro del agua.

Se anota el peso cuando deje de gotear la salida del depósito de la balanza hidrostática, restándose el peso de las piedras en el platillo.

Se pesa el material dentro de la canastilla sumergida en su estado saturado superficialmente seco.

El material pesado se lleva al horno por 24 h.

Se pesa el material secado al horno.

Con los datos se obtenidos se realizan operaciones para obtener:

b.1 Peso Especifico de Masa.

b.2 Peso Especifico saturado superficialmente seco.

b.3 Peso especifico aparente.

b.1 Peso Especifico de Masa (P.E.M.)

Es la relación a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de material permeable (Incluye poros permeables e impermeables naturales del material) a la masa en el aire de la misma densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gas.

b.2 Peso Especifico Saturado Superficialmente Seco (P.E.S.S.S.)

La definición es idéntica a b.1, a excepción de que la masa incluye el agua en los poros permeables, pero sin que tengan agua sobre la superficie de la partícula.

b.3 Peso especifico aparente (P.E.A.)

La definición es similar a b.1, a excepción de que si el material es un sólido, el volumen es aquel de la porción impermeable.

c) GRANULOMETRIA (Norma NTP 400.012)

Se denomina análisis granulométrico a la representación numérica de la distribución volumétrica de las partículas del agregado por tamaños.

Es recomendable tener en consideración lo siguiente:

- La granulometría seleccionada deberá ser de preferencia continua.
- La granulometría seleccionada deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto, con una adecuada trabajabilidad y

consistencia en función de las condiciones de colocación de la mezcla.

-La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 11/2" y no más del 6% del agregado que pasa la malla de 1/4".

| N° A.S.T.M | TAMAÑO NOMINAL | % QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS | | | | | | | | | | | | |
|---------------|-----------------------|---|------------------|----------------|------------------|----------------|--------------------|----------------|------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| | | 100 mm 4" | 90 mm 3.5" | 75 mm 3" | 63 mm 2.5" | 50 mm 2" | 37,5 mm 1.5" | 25 mm 1" | 19 mm 3/4" | 12,5 mm 1/2" | 9,5 mm 3/8" | 4,75 mm N°4 | 2,36 mm N°8 | 1,18 mm N°16 |
| 1 | 3 1/2" a 1 1/2" | 100 | 90 a 100 | | 25 a 60 | | 0 a 15 | | 0 a 5 | | | | | |
| 2 | 2 1/2" a 1 1/2" | | | 100 | 90 a 100 | 35 a 70 | 0 a 15 | | 0 a 5 | | | | | |
| 3 | 2" a 1" | | | | 100 | 90 a 100 | 35 a 70 | 0 a 15 | | 0 a 5 | | | | |
| 357 | 2" a N°4 | | | | 100 | 95 a 100 | | 35 a 70 | | 10 a 30 | | 0 a 5 | | |
| 4 | 1 1/2" a 3/4" | | | | | 100 | 90 a 100 | 20 a 55 | 0 a 15 | | 0 a 5 | | | |
| 467 | 1 1/2" a N°4 | | | | | 100 | 95 a 100 | | 35 a 70 | | 10 a 30 | 0 a 5 | | |
| 5 | 1" a 1/2" | | | | | | 100 | 90 a 100 | 20 a 55 | 0 a 10 | 0 a 5 | | | |
| 56 | 1" a 3/8" | | | | | | 100 | 90 a 100 | 40 a 85 | 10 a 40 | 0 a 15 | 0 a 5 | | |
| 57 | 1" a N°4 | | | | | | 100 | 95 a 100 | | 25 a 60 | | 0 a 10 | 0 a 5 | |
| 6 | 3/4" a 3/8" | | | | | | | 100 | 90 a 10 | 20 a 55 | 0 a 15 | 0 a 5 | | |
| 67 | 3/4" a N°4 | | | | | | | 100 | 90 a 100 | | 20 a 55 | 0 a 10 | 0 a 5 | |
| 7 | 1/2" a N°4 | | | | | | | | 100 | 90 a 100 | 40 a 70 | 0 a 15 | 0 a 5 | |
| 9 | 3/8" a N°8 | | | | | | | | | 100 | 85 a 100 | 10 a 30 | 0 a 10 | 0 a 5 |

Tabla 1.2 : Husos granulométricos del Agregado Grueso

c.1 Modulo de Finura (Norma NTP 400.012)

Es la suma de los porcentajes totales retenidos en las mallas estándar y divididos entre cien.

Sirve como medida del valor lubricante del agregado ya que a mayor modulo de finura menor valor lubricante, igualmente menor será la demanda de agua por área superficial.

$$M_f = \frac{1}{100} \times \sum \% \text{Ret. Acumulados (N° 11/2", 3/4", 3/8", 4,8,16,30,50,100)}$$

c.2 Tamaño máximo del Agregado

Es una medida del agregado que se utiliza para seleccionar el agregado según las condiciones geométricas del encofrado y del refuerzo de acero, en suma corresponde a la menor malla por la que pasa toda la muestra del agregado.

El Reglamento Nacional de la Construcción especifica que el agregado debe cumplir lo siguiente:

- Menor $1/5 \times b$ (b= menor dimensión del encofrado)
- Menor $1/3 \times h$ (h=altura de la losa)
- Menor $3/4$ del esparcimiento mínimo libre entre fierros.
- Menor $3/4$ del recubrimiento para no presentar cavidades.

c.3 Tamaño nominal máximo

Corresponde a la malla más pequeña que produce el primer retenido (malla que pasa 95-100%), es el tamiz inmediato superior al que retiene el 15% o más en forma acumulada del material.

d) PORCENTAJE DE ABSORCION (Norma NTP 400.021)

Es la cantidad de agua absorbida por el agregado después de ser sumergida en agua, por 24h. , esta capacidad de absorción se determina por el incremento de peso de una muestra secada al horno después de estar sumergida en agua y de ser secada superficialmente.

e) CONTENIDO DE HUMEDAD

Se define como la cantidad de agua superficial que retienen en un momento determinado las partículas de agregado, contribuye a incrementar el agua de mezcla en el concreto.

f) SUPERFICIE ESPECIFICA

Es la relación entre la superficie de las partículas y su volumen, para la determinación de la superficie específica debe tenerse en cuenta dos suposiciones:

Que todas las partículas son esféricas

El tamaño medio de las partículas que pasan un tamiz y quedan retenidas en otro; es igual al promedio de las dos aberturas d' y d'' y el diámetro de las partículas será:

$$d = \frac{d' + d''}{2}$$

1.1.4 AGREGADO GLOBAL

Es una mezcla de agregado fino y grueso en proporciones determinadas en laboratorio y que no se encuentran en estado natural en las canteras.

El agregado en su conjunto forman parte de la masa del concreto, pues ocupan las tres cuartas partes de este por lo cual es fundamental que cumplan con determinadas características para ser usados en la fabricación de concreto.

Dentro de sus principales propiedades físicas tenemos:

- a) Peso Unitario Compactado del Agregado Global
- b) Modulo de Finura del Agregado Global

a) PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GLOBAL

Es un ensayo que ayuda a determinar la mayor densidad de las combinaciones de agregado grueso y agregado fino posibles, se busca el mayor peso unitario compactado porque esta combinación de máxima densidad creara un volumen con mínimos vacios, necesitando menor cantidad de pasta de cemento cuando forme parte del concreto.

Procedimiento:

- Combinar la arena y piedra en proporciones arbitrarias
- Llenar el recipiente en 3 capas, con 25 golpes por capa.
- Enrasar la superficie
- Pesar el material con el recipiente
- Efectuar los cálculos.

Gráficamente se puede estimar la mejor proporción de Agregado Fino y Grueso al graficar los pesos unitarios compactados obtenidos vs. los porcentajes empleados;

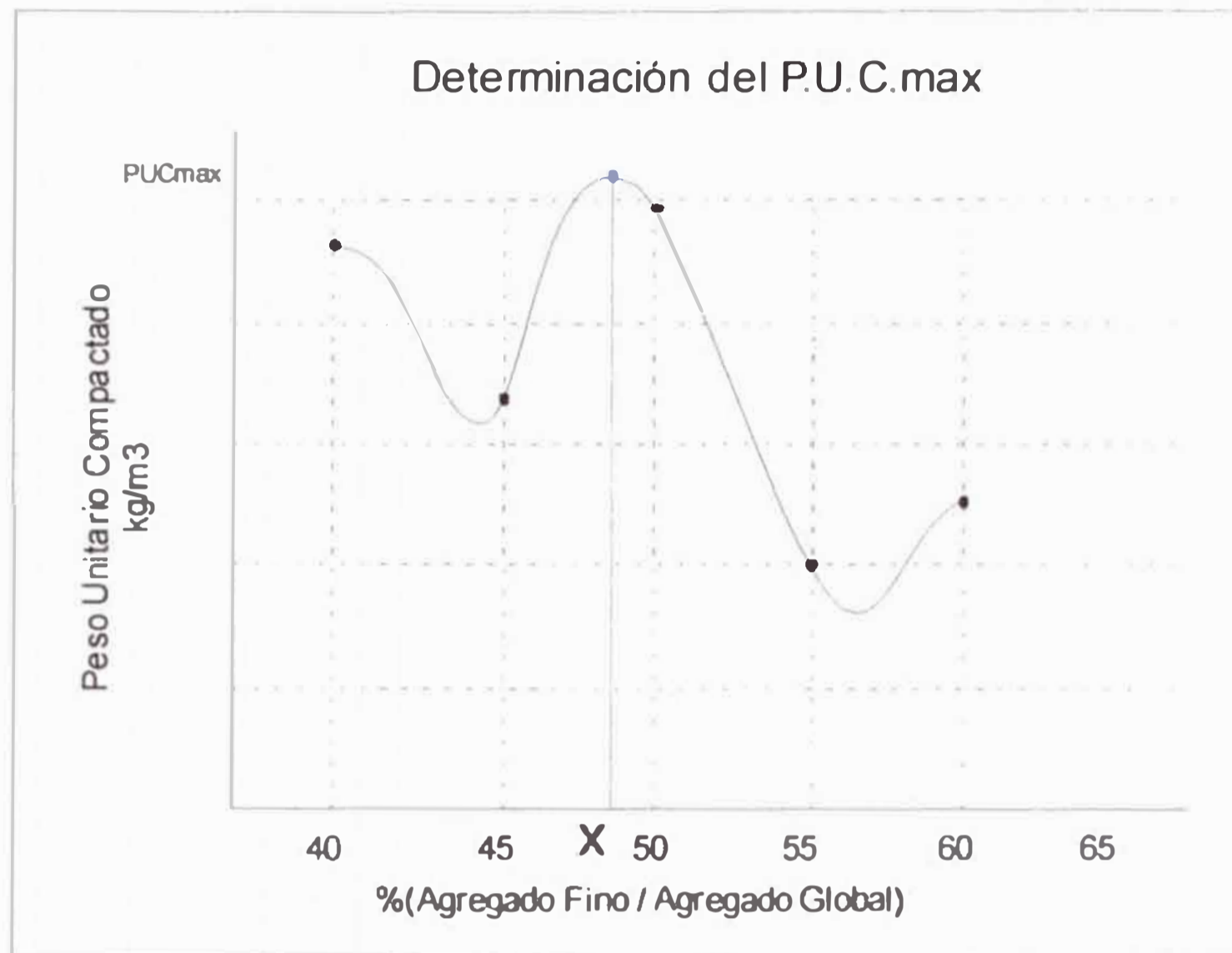


Figura 1.1 : Determinación grafica del P.U.C.max

b) MODULO DE FINURA DEL AGREGADO GLOBAL (Mg)

Resulta del modulo de finura del agregado fino y el agregado grueso influenciados por los porcentajes que intervienen en la combinación, es decir:

$$A + B = 1$$

$$A \times m_f + B \times m_g = M_g$$

Donde:

A= % de Agregado Fino

B= % de Agregado Grueso

m_f= Modulo de finura del Agregado Fino

m_g= Modulo de finura del Agregado Grueso

M_g= Modulo de Finura del Agregado Global.

Como referencia su valor debe de estar comprendido entre < 5.2 – 5.4>.

1.1.5 DATOS MODELO DE VALORES DE PROPIEDADES FISICAS

Se adjuntan datos referenciales de las propiedades físicas de los agregados grueso y fino extraídos de una cantera de Lima, a fin de servir como base y ejemplo en los capítulos posteriores.

| | AGREGADO FINO | AGREGADO GRUESO |
|--|---------------------------|--------------------------|
| Peso Especifico de Masa Seco | 2.583 gr/cm ³ | 2.784 gr/cm ³ |
| Peso Especifico de Masa Superficial Seco | 2.623 gr/cm ³ | 2.797 gr/cm ³ |
| Peso Especifico Aparente | 2.70 gr/cm ³ | 2.823 gr/cm ³ |
| Peso Aparente o Unitario Suelto | 1.619 gr/cm ³ | 1.378 gr/cm ³ |
| Peso Unitario Compactado | 1.947 gr/cm ³ | 1.593 gr/cm ³ |
| Porcentaje de Absorción | 1.59% | 0.47% |
| Contenido de Humedad | 1.56% | 0.20% |
| Superficie Especifica | 50.32 cm ² /gr | 1.1 cm ² /gr |
| Modulo de Finura | 3.01 | 7.68 |
| Material que pasa por la Malla 200 | 9.30% | - |
| Tamaño Máximo | | 1 1/2" |
| Tamaño Máximo Nominal | | 1 " |

Cuadro 1.1: Propiedades Físicas de cantera de agregados Firth, datos extraídos de Tesis Ing. Jorge Huarcaya, UNI - FIC

1.2 METODOS DE DISEÑO DE MEZCLA

Los métodos de diseño de mezcla más empleados en nuestro medio podrían resumirse en dos, siendo:

Método ACI

Método Agregado Global

Pese a la existencia de más métodos científicamente probados, pero en este capítulo sólo se tocarán estos dos métodos por su trascendencia en la dosificación de concreto.

| Tipo de Concreto | Peso por Unidad de Volumen (Kg/m ³) |
|--------------------|--|
| Concretos Pesados | 2800 a 6000 |
| Concretos Normales | 2200 a 2400 |
| Concretos Livianos | < 1900 |

Rangos de Densidades de Tipos de concreto

1.2.1 METODO ACI

El Método del ACI resulta ser un método de partida conservador y científicamente respaldado, por ello es empleado para el cálculo inicial de los diseños de mezcla, que en algunos casos se puede ajustar a nuestra realidad y en otros casos se puede apreciar que el diseño posee un mayor porcentaje de agregado grueso cuando se realiza el batido, ya que el acomodo ideal de los agregados depende de un equilibrio entre las granulometrías de los agregados finos y gruesos para obtener el mayor peso unitario posible.

Por ejemplo, se desea elaborar un concreto de resistencia $f'c=175\text{kg/cm}^2$ con slump de 3"-4", con el agregado extraído de la cantera Firth (Cuadro 1.1).

Procedimiento:

Paso 1: Elección de la resistencia $f'cr$

Se tiene que elegir un valor de resistencia conservador que contemple las posibles pérdidas de resistencia que pudiera tener el concreto al momento de su elaboración o en el curado final.

Como se desconoce la desviación estándar solicitado para el diseño utilizamos la tabla 4.3.2b de resistencia a la compresión promedio.

| f'c | f'cr |
|--------------|----------|
| menos de 210 | f'c + 70 |
| 210 a 350 | f'c + 84 |
| sobre 350 | f'c + 98 |

Tabla 1.3: Factor de resistencia f'c, Norma - 060

Obtenemos el $f'cr = f'c + 70 = 245 \text{ kg/cm}^2$

Paso 2: Calculo del Agua

Conocido el Tamaño Nominal Máximo ($D^n \text{ max}$) = 1" y el slump requerido de 3"-4" (75mm. – 100mm.) se procede a emplear la tabla del ACI.

| Asentamiento mm. | D ⁿ Max | | | | | | | |
|---------------------|-------------------------------|------|------|-----|------|-----|-----|-----|
| | 3/8" | 1/2" | 3/4" | 1" | 1.5" | 2" | 3" | 6" |
| | 9.5 | 12.5 | 19 | 25 | 37.5 | 50 | 75 | 150 |
| | Concreto sin aire incorporado | | | | | | | |
| 25 a 50 | 207 | 199 | 190 | 179 | 166 | 154 | 130 | 113 |
| 75 a 100 | 228 | 216 | 205 | 193 | 181 | 169 | 145 | 124 |
| 150 a 175 | 243 | 228 | 216 | 202 | 190 | 178 | 160 | - |

Tabla 1.4: Volumen de agua en función del Diámetro Nominal Max.

De la tabla obtenemos 193 lt. de agua

Paso 3: Determinación de la cantidad de Cemento

Se determina primero la relación agua/cemento (a/c) para luego determinar la cantidad de cemento, utilizando para ello la tabla del ACI.

| f'cr | Agua / Cemento (a/c) | |
|------|----------------------|----------|
| | Sin Aire | Con Aire |
| 420 | 0.41 | - |
| 350 | 0.48 | 0.4 |
| 280 | 0.57 | 0.48 |
| 210 | 0.68 | 0.59 |
| 140 | 0.82 | 0.74 |

Tabla 1.5: Relación agua/cemento en función del f'cr.

Como no encontramos un valor de a/c para $f'_{cr}=245$, procedemos a interpolar;

| | |
|-----|------|
| 280 | 0.57 |
| 245 | X = |
| 210 | 0.68 |

Finalmente $x = a/c = 0.625$, y el agua es 193lt., por tanto el peso de cemento es de 308.8 kg.

Paso 4: Calculo del contenido de Piedra

Conocido el modulo de finura de la arena $M_f = 3.1$ y el $D_n \text{ max} = 1''$ (25mm.) se procede a emplear la tabla del ACI.

| Tamaño Nominal Maximo mm. | Mf Arena | | | | |
|------------------------------|----------|------|------|------|------|
| | 2.4 | 2.6 | 2.8 | 3 | 3.2 |
| 9.5 | 0.5 | 0.48 | 0.46 | 0.44 | 0.42 |
| 12.5 | 0.59 | 0.57 | 0.55 | 0.53 | 0.51 |
| 19 | 0.66 | 0.64 | 0.62 | 0.6 | 0.58 |
| 25 | 0.71 | 0.69 | 0.67 | 0.65 | 0.63 |
| 37.5 | 0.75 | 0.73 | 0.71 | 0.69 | 0.67 |
| 50 | 0.78 | 0.76 | 0.74 | 0.72 | 0.7 |
| 75 | 0.82 | 0.8 | 0.78 | 0.76 | 0.74 |
| 150 | 0.87 | 0.85 | 0.83 | 0.81 | 0.79 |

Tabla 1.6: Modulo de finura en función del $D^n \text{ max}$.

Como no encontramos un valor para $M_f = 3.1$ procedemos a interpolar

| | |
|-----|--------|
| 3.2 | 0.63 |
| 3.1 | b/bo = |
| 3 | 0.65 |

Resultando $b/bo = 0.64$, y el Peso de la Piedra será = $b/bo \times$ (P.U.C. de la piedra);

$$\text{Peso Piedra} = 0.64 \times (1593) = 1019.52 \text{ kg.}$$

Paso 5: Calculo del contenido de Aire Atrapado

Se procede a emplear la tabla del ACI ingresando el Diámetro Nominal Máximo del agregado grueso se determina 1.5% de aire atrapado.

| | D ⁿ max. | | | | | | | |
|------------------|---------------------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|
| Pulgadas (plg.) | 3/8" | 1/2" | 3/4" | 1" | 1.5" | 2" | 3" | 6" |
| Milímetros (mm.) | 9.5 | 12.5 | 19 | 25 | 37.5 | 50 | 70 | 150 |
| Aire Atrapado | 3% | 2.50% | 2% | 1.50% | 1% | 0.50% | 0.30% | 0.20% |

Tabla 1.7: Contenido de aire atrapado en función del Dⁿmax.

Paso 6: Calculo de la Arena por diferencia de volúmenes

| | Diseño Seco A | Peso Especifico B | Vol.Absoluto (A/B)x10 ⁻³ |
|---------------|------------------|----------------------|---|
| Cemento | 308.8 | 3.15 | 0.098 |
| Agua | 193.0 | 1 | 0.193 |
| Arena | X | 2.7 | Vol. Abs. Arena |
| Piedra | 1019.52 | 2.823 | 0.361 |
| Aire Atrapado | 1.5% | - | 0.015 |
| | | Sumatoria | 0.667 |
| | | | -1 |
| | | Restando | 0.333 |

$$\text{Vol. Abs. Arena} = 0.333 = (X) / 2.7 \times 10^{-3}$$

$$\text{Diseño Seco de la Arena} = X = 898.6 \text{ Kg.}$$

Paso 7: Calculo de Diseño de Obra

Se corrige el Diseño Seco por humedad y se Obtiene el contenido de agua real.

| | Diseño Seco A | Diseño Obra C=A x (1 + %H) | Diseño Unitario Obra D=C / Peso Cemento |
|---------|------------------|--------------------------------|--|
| Cemento | 308.8 | 308.8 | 1.00 |
| Agua | 193 | 196 | 0.63 |
| Arena | 898.6 | 912.6 | 2.96 |
| Piedra | 1019.52 | 1021.6 | 3.31 |

El Aporte de agua en el diseño de obra se determino por lo siguiente:

$$\text{Agua de la Piedra} = \text{Peso Seco} (\% \text{Humedad} - \% \text{Absorción}) = -2.75 \text{lt.}$$

$$\text{Agua de la Arena} = \text{Peso Seco} (\% \text{Humedad} - \% \text{Absorción}) = -0.27 \text{lt.}$$

Se observa que el material está seco, por tanto se agregan 3lt.

Paso 8 : Calculo de la Dosificación en Peso y Volumen

Una vez obtenido el Diseño unitario de obra y con los Pesos Unitarios Suelos (P.U.S.) conocidos de los agregados, se procede a hacer los siguientes cálculos:

| | Dosificación en Peso (kg) $E = D \times 42.5$ | Dosificación en Volumen (p3) $F = E \times 35.5 / P.U.S.$ |
|---------|--|--|
| Cemento | 42.5 | 1 |
| Agua | 27.0 | 27 lt. |
| Arena | 125.6 | 2.8 |
| Piedra | 140.6 | 3.6 |

1.2.2 METODO AGREGADO GLOBAL

Desde los comienzos del empleo del concreto los investigadores vienen dedicando preferentemente atención a la granulometría del total de agregados, a esta característica particular de cada concreto lo relacionan directamente con la compacidad final de la cual dependen muchas de sus virtudes, en especial la resistencia mecánica, durabilidad, estabilidad de volumen e impermeabilidad.

El propósito de este diseño de mezcla es seleccionar las proporciones más económicas de cada uno de los materiales disponibles, para producir un concreto en el estado endurecido de la mínima calidad requerida.

Para el cálculo de las cantidades de agregado integrantes en el diseño de mezcla es necesario determinar un diseño primario empleando el método del ACI, por ejemplo; se desea elaborar un concreto de resistencia $f'c=175kg/cm^2$ con slump de 3"-4", con el agregado extraído de la cantera Firth (Cuadro 1.1) empleando el método del agregado global.

Procedimiento:

Paso 1: Elección de la resistencia $f'cr$

Como se desconocen los datos estadísticos de la desviación estándar de rotura de probetas, se emplean los valores de la tabla 4.3.2b de la Norma – 060, obteniendo:

$$f'_{cr} = f'_c + 70 = 245 \text{ kg/cm}^2.$$

Paso 2: Calculo del Agua

Empleando la tabla del ACI que relaciona el asentamiento con el Diámetro Nominal Máximo se tiene;

$$\text{Agua} = 193\text{lt.}$$

Paso 3: Determinación de la cantidad de Cemento

Siguiendo la misma secuencia descrita en el diseño del ACI al emplear las tablas se determina:

$$\text{Cemento} = 308.8 \text{ kg.}$$

Paso 4: Determinación de la Proporción Arena / Piedra

Se procede a determinar experimental y gráficamente el mayor Peso Unitario Compactado (PUC) de la combinación de agregados grueso y fino, con la finalidad de crear una máxima densidad que minimice el volumen de vacios, obteniendo así un concreto de mayor resistencia a la compresión.

Empleando distintas proporciones entre la combinación de agregados se procede a determinar el mayor peso unitario compactado según lo descrito en la sección 1.1.4;

| | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|
| % Agregado Fino | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 |
| % Agregado Grueso | 60 | 55 | 50 | 45 | 40 |
| Peso Unitario Compactado kg/m ³ | 2150 | 2115 | 2160 | 2000 | 2060 |

Se grafican los resultados y se obtiene gráficamente el peso unitario compactado máximo (P.U.C.max), identificando así a la mayor combinación posible de agregado fino y agregado grueso en porcentaje, siendo para este ejemplo el valor de 48% de agregado fino, según la figura 1.2.

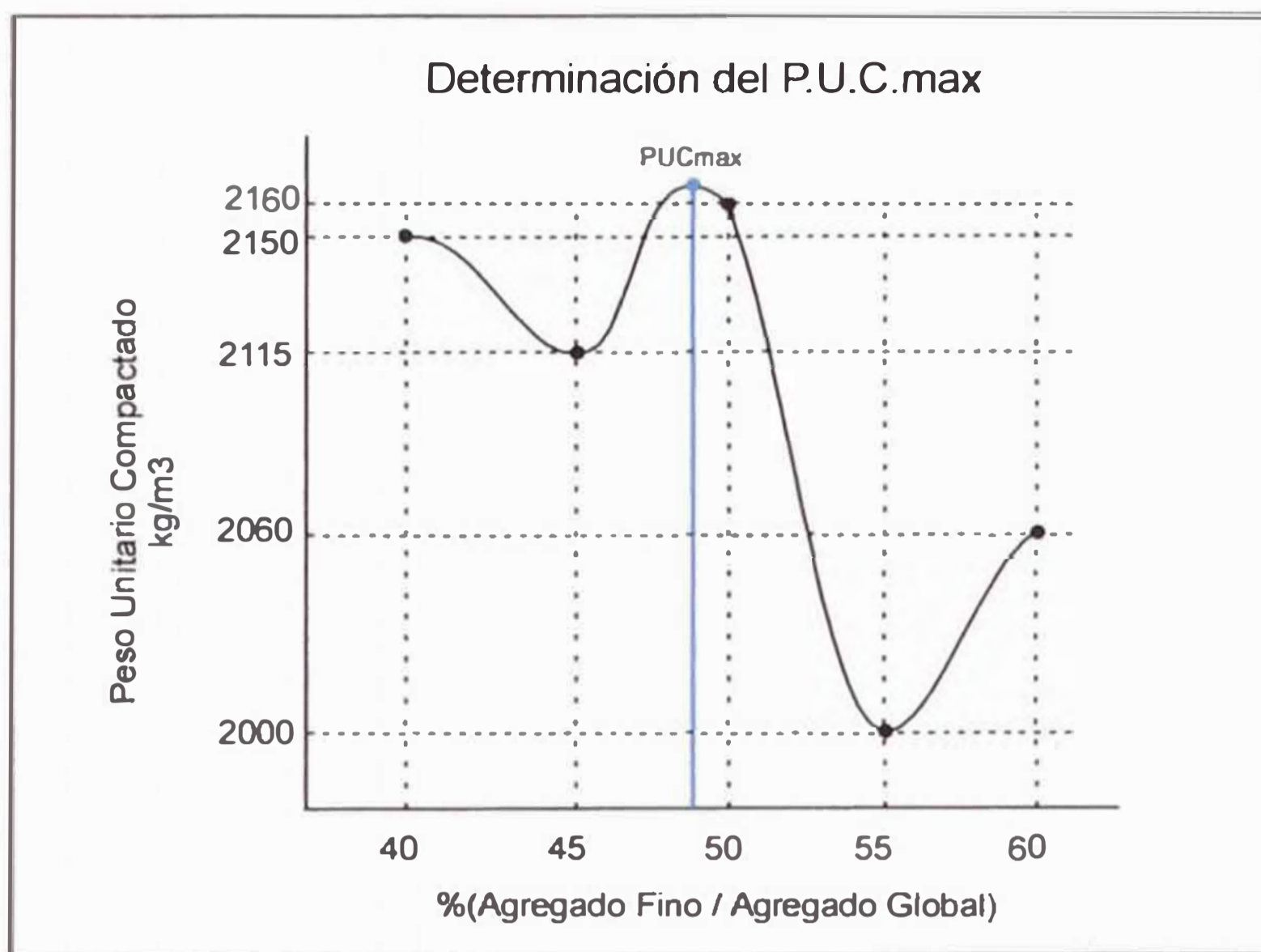


Figura 1.2 : Determinación grafica del PUC max.

Paso 5: Calculo del contenido de Aire Atrapado

Se procede a emplear la tabla del ACI en función al Diámetro Nominal Máximo del agregado grueso, resultando 1.5% de aire atrapado

Paso 6: Calculo del Diseño Seco

Al conocer la proporción existente entre arena y piedra de 48% y 52% respectivamente, se procede a calcular la sumatoria de los volúmenes absolutos, para luego restar esta sumatoria con la unidad a fin de obtener un volumen absoluto que será distribuido entre los porcentajes obtenidos del P.U.C.max encontrado, de la siguiente manera:

| | Diseño Seco A | Peso Especifico B | Vol.Absoluto (A/B) × 10 ⁻³ |
|---------------|------------------|----------------------|--|
| Cemento | 308.8 | 3.15 | 0.098 |
| Agua | 193.0 | 1 | 0.193 |
| Aire Atrapado | 1.5% | - | 0.015 |
| | | Sumatoria | 0.306 |
| | | | -1 |
| | | Restando | 0.694 |

Se procede a distribuir 0.694 entre los volúmenes absolutos faltantes de arena y piedra;

$$\text{Volumen absoluto de Arena} = 0.694 \times 0.48 = 0.333$$

$$\text{Volumen absoluto de Piedra} = 0.694 \times 0.52 = 0.361$$

Reemplazando valores se tiene:

| | Diseño Seco A | Peso Especifico B | Vol.Absoluto (A/B) x 10 ⁻³ |
|---------------|------------------|----------------------|--|
| Cemento | 308.8 | 3.15 | 0.098 |
| Agua | 193.0 | 1 | 0.193 |
| Arena | A | 2.7 | 0.333 |
| Piedra | P | 2.823 | 0.361 |
| Aire Atrapado | 1.5% | - | 0.015 |

Donde:

$$(A / 2.7) \times 10^{-3} = 0.333 \quad \longrightarrow \quad A = 899.4 \text{ kg.}$$

$$(P / 2.823) \times 10^{-3} = 0.361 \quad \longrightarrow \quad P = 1018.7 \text{ kg.}$$

Finalmente se obtiene el diseño seco:

| | Diseño Seco A | Dosificacion en Peso para 42.5kg |
|---------------|------------------|-------------------------------------|
| Cemento | 308.8 | 42.5 |
| Agua | 193.0 | 26.6 |
| Arena | 899.4 | 123.8 |
| Piedra | 1018.7 | 140.2 |
| Aire Atrapado | 0.0 | 0.0 |

Para el cálculo del diseño de obra y la dosificación en peso y volumen, se procede a corregir el contenido de agua aportante de los agregados en función al contenido de humedad, análogamente a los pasos 7 y 8 de la sección 1.2.1 del método ACI.

1.3 ADITIVOS LIQUIDOS

1.3.1 DEFINICION

Los aditivos del concreto son productos capaces de disolverse en agua, que se adicionan durante el mezclado en porcentajes no mayores del 5% de la masa del cemento, con el propósito de producir una modificación en el comportamiento del concreto en su estado fresco y/o en condiciones de trabajo.

1.3.2 CLASIFICACION DE ADITIVOS

Los aditivos se clasifican por su naturaleza en

-Aditivos Químicos.- Norma ASTM C-260-86 y C-1017-85

-Aditivos Minerales.- Norma ASTM C-618-94 y C-989-93

Los aditivos minerales están referidos a cenizas volantes, microsilice y la escoria de producción de acero, mientras que los aditivos químicos abarcan principalmente a:

- a) Aditivos Plastificantes
- b) Aditivos Superplastificantes
- c) Aditivos Incorporadores de Aire
- d) Aditivos Controladores de Fragua

a) ADITIVOS PLASTIFICANTES

Sirven para lograr concretos mas trabajables y plásticos, para un asentamiento constante, permiten reducir la cantidad de agua de la mezcla y si se mantiene constante la cantidad de cemento, la resistencia aumenta. Si la relación entre la cantidad de agua y el cemento no varía, al reducir la cantidad de agua se disminuirá la cantidad de cemento y se obtendrá un concreto con igual resistencia pero con menor cantidad de cemento en la mezcla.

b) **ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES**

Permite reducir hasta tres o cuatro veces la cantidad de agua de diseño, estos aditivos se usan en concretos de alta resistencia y en concretos muy fluidos.

c) **ADITIVOS INCORPORADORES DE AIRE**

Se usan para añadir al concreto burbujas de aire uniforme, favorece la resistencia del concreto al deterioro producido por el calor y las heladas alternas, también son usados para mejorar la trabajabilidad de la mezclas.

d) **ADITIVOS CONTROLADORES DE FRAGUA**

Estos aditivos pueden ser aceleradores o retardadores; los aceleradores incrementan la velocidad de fraguado y los retardadores, por el contrario incrementan el tiempo de reacción del cemento, son usados en obras donde se requiera mantener el concreto trabajable por un mayor tiempo.

1.4 FÍSICA: FUERZA ELÁSTICA Y CONSERVACION DE LA ENERGÍA

1.4.1 FUERZA ELÁSTICA

Todo cuerpo elástico como un resorte reacciona contra la fuerza deformadora para recuperar su forma original. Como ésta, según la ley de Hooke, es proporcional a la deformación producida, la fuerza deformadora tendrá que tener el mismo valor y dirección, pero su sentido será el contrario.

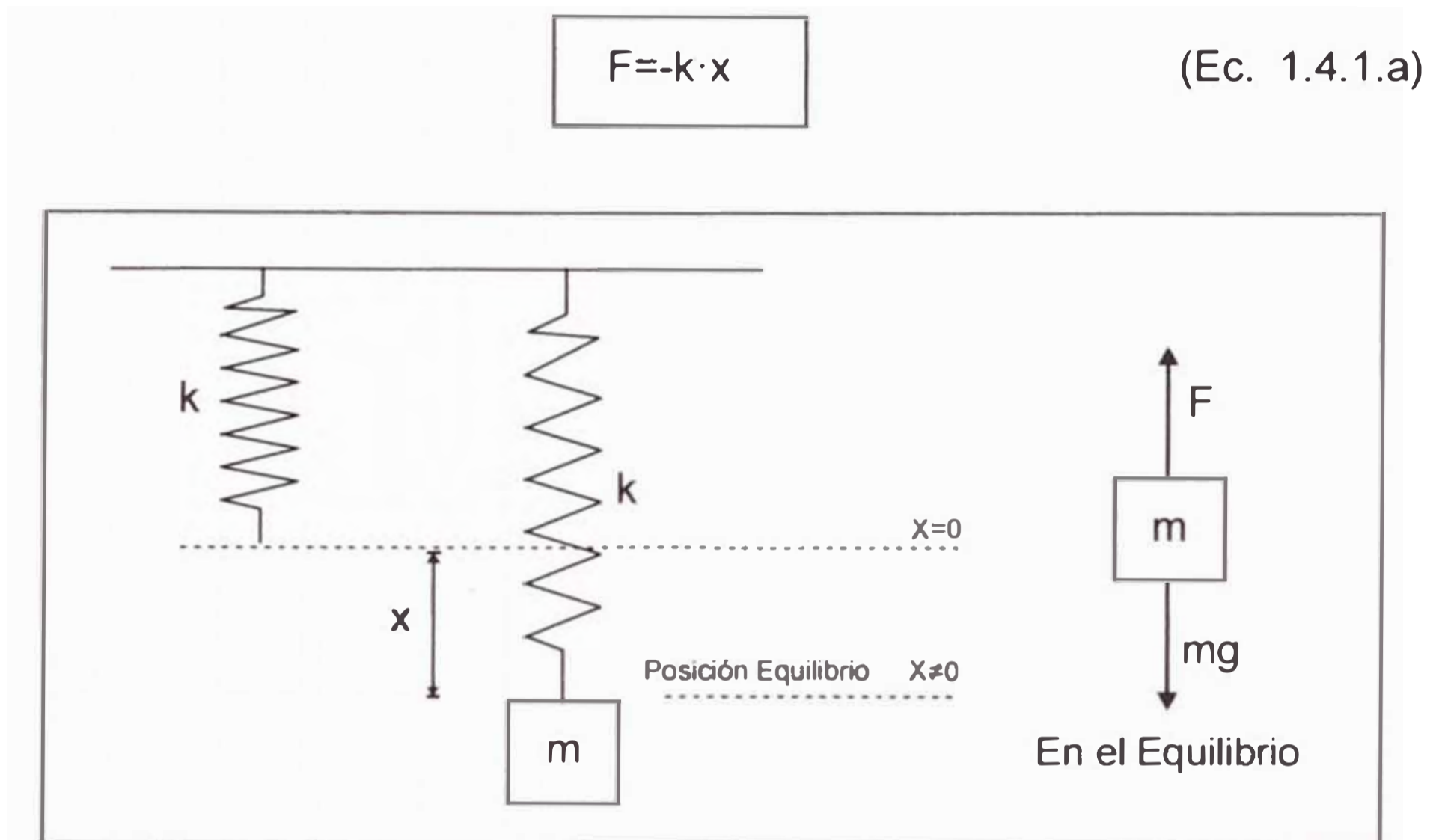


Figura 1.3: Fuerza elástica F

k representa la constante elástica (o recuperadora) del resorte y depende de su naturaleza y geometría de construcción. Es decir, es un valor que proporciona el fabricante sobre el muelle u otro objeto elástico en cuestión y que depende del material que esté fabricado y de su forma. El valor de la fuerza elástica es, por tanto, variable, puesto que depende en cada caso del valor que corresponde a la deformación x .

1.4.2 CONSERVACION DE LA ENERGÍA

Enfocándonos en un sistema donde intervienen fuerzas conservativas como la fuerza del peso y la fuerza elástica de un resorte, podemos afirmar que la energía se conserva si:

- La variación de la energía es igual a cero

$$\Delta E = 0, \Delta E = \Delta U + \Delta K$$
(Ec. 1.4.2.a)

El trabajo efectuado por cada fuerza conservativa es igual a la variación de la energía potencial.

$$W = \Delta U$$

(Ec. 1.4.2.b)

Donde:

ΔK = Variación de la energía cinética

$$\frac{1}{2}.m.(V_f^2 - V_0^2)$$

(Ec. 1.4.2.c)

W = Trabajo

ΔU = Variación de la energía potencial = $\Delta U_g + \Delta U_e$

ΔU_e = Variación de energía potencial Elástica

$$\frac{1}{2}.K.(x_f^2 - x_0^2)$$

(Ec. 1.4.2.d)

ΔU_g = Variación de la energía Potencial Gravitatoria

$$(m_f - m_0).g.(h_f - h_0)$$

(Ec. 1.4.2.e)

Ejemplo:

Sobre una balanza de resorte de masa total 0.3kg y constante elástica del resorte $K=50\text{N/m}$ (Figura 1.4), el sistema se estira 5cm. y se deja en equilibrio. Estando el sistema en esta posición, incide sobre el platillo de la balanza una masa de 0.1kg con una velocidad de 10m/s. ¿Cuál es la distancia máxima que desciende el platillo contado desde la posición de equilibrio (x_0) si el choque es inelástico. ($g=10\text{m/s}^2$)?

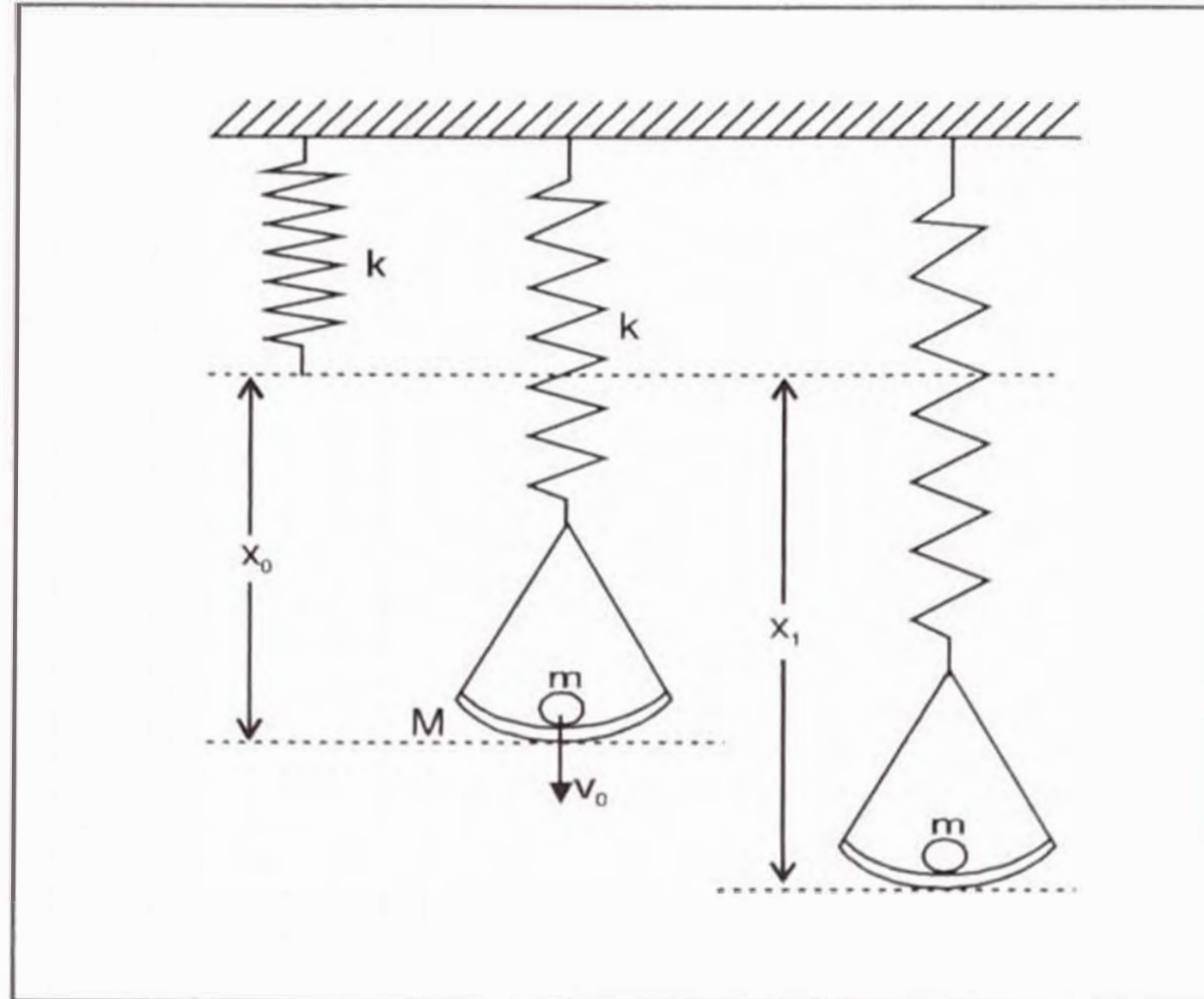


Figura 1.4: Balanza de resorte

Solución:

Aplicando el Principio de la Conservación de la Cantidad de Movimiento:

$$M_f \times V_f = M_0 \times V_0 \quad (\text{Ec.1.4.2.f})$$

$$M(0) + m.v_0 = (M+m).V_f$$

$$V_f = (m.v_0) / (M+m) = (0.1 \times 10) / (0.1+0.3) = 2.5 \text{ m/s.}$$

Aplicando el Principio de la Conservación de la Energía (Ec. 1.4.2.a):

$$\Delta U_g + \Delta U_e + \Delta K = 0$$

$$[0 - (m+M).g.(x_1-x_0)] + [\frac{1}{2} K x_1^2 - \frac{1}{2} K x_0^2] + [0 - \frac{1}{2}.(m+M)V_f^2]$$

Reemplazando valores ($K=50\text{N/m}$, $x_0=0.05\text{m}$, $V_f = 2.5\text{m/s}$, $m=0.1\text{kg}$, $M=0.3\text{kg}$):

$$25.x_1^2 - 4.x_1 - 1.11 = 0$$

$$X_1 = 0.31\text{m.}$$

Finalmente la distancia solicitada es $X_1 - X_0 = 0.31 - 0.05 = 0.26\text{m.}$

1.5 ESTÁTICA

1.5.1 CENTRO DE GRAVEDAD

Cada cuerpo está constituido por partículas, las cuales son atraídas por la Tierra con determinadas fuerzas que resultan ser paralelas siempre y cuando las dimensiones del cuerpo no sean muy grandes, dichas fuerzas tienen una resultante denominada Peso y su punto de aplicación se encuentra justamente en el centro de gravedad C_g del cuerpo.

Características:

El centro de gravedad de un cuerpo puede estar dentro o fuera del cuerpo.

El centro de gravedad de un cuerpo que está definido en el plano, quedara perfectamente determinado con respecto a un sistema de ejes coordenados, por una abscisa (x) y una ordenada (y), si esta en el espacio se agrega una coordenada (z).

El centro de gravedad no varía con la posición del cuerpo, pero si depende de la forma geométrica.

Ejemplo:

Se desea determinar el centro de gravedad del siguiente elemento compuesto por 3 áreas planas en el espacio.

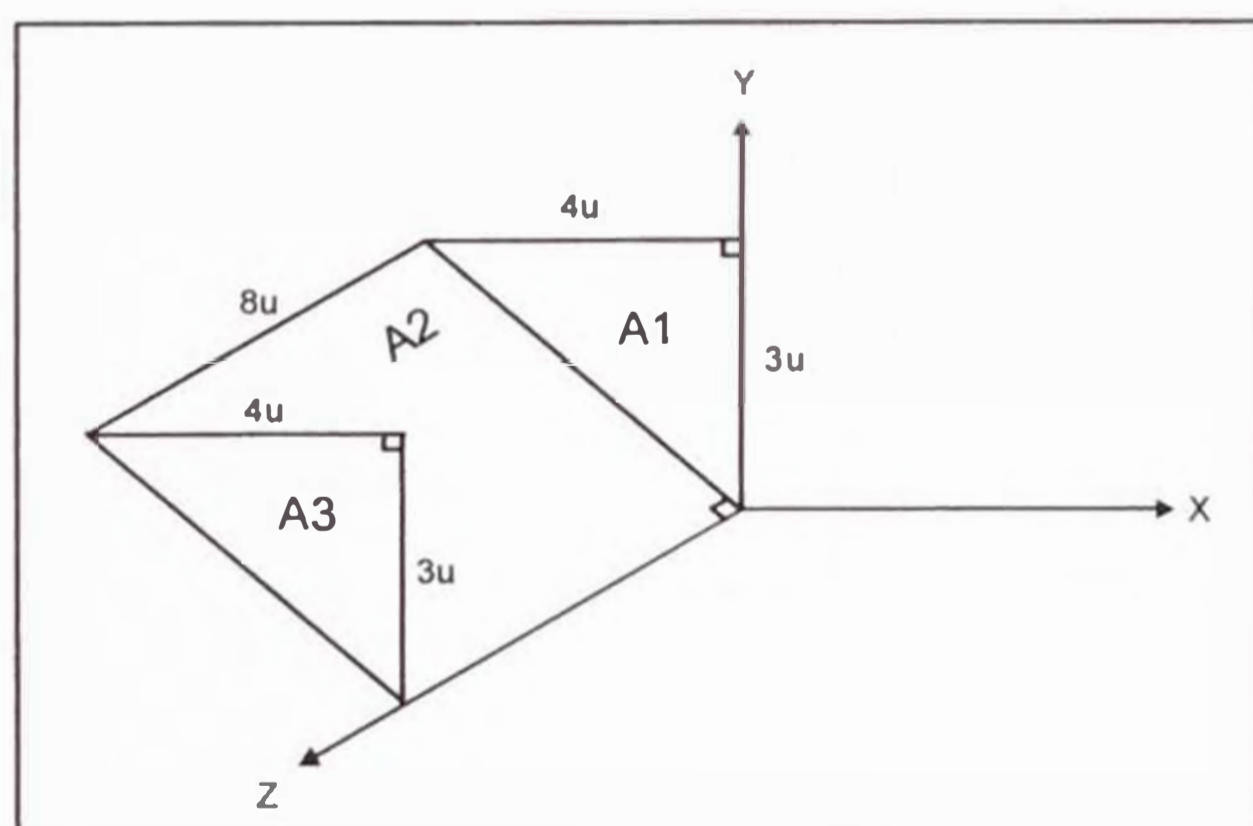
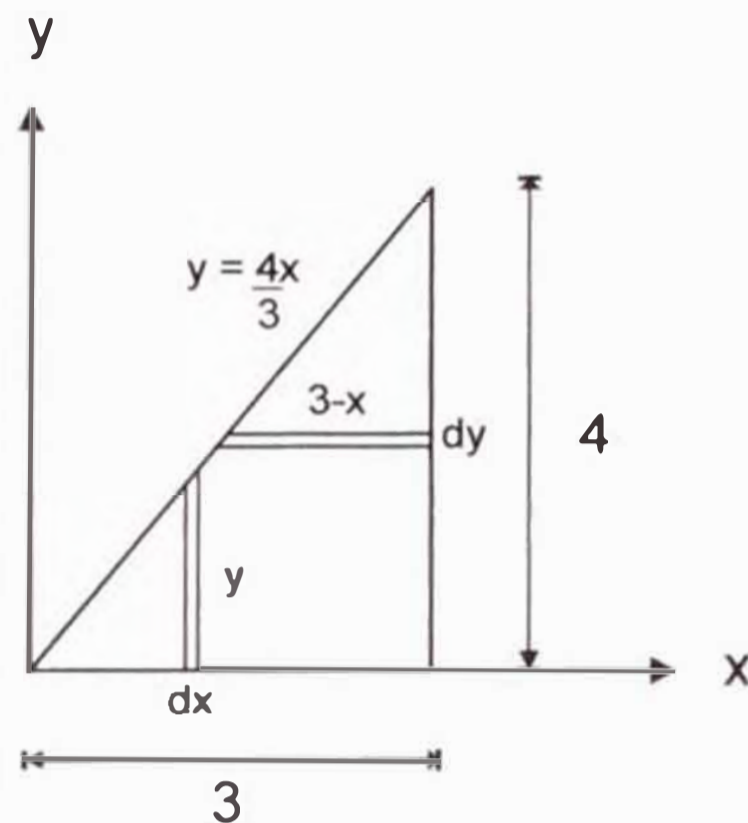


Figura 1.5: Elemento de 3 áreas en el espacio

Solución:

Se aprecia que el elemento está conformado por 3 áreas conocidas, (A1, A3 son triángulos y A2 rectángulo) por ello se procede a calcular el centro de gravedad de cada una de ellas en un eje provisorio;



Calculo de \bar{X}_{cg} :

$$\bar{X}_{cg} = \frac{\int x dA}{\int dA}, \quad dA = y dx$$

$$\bar{X}_{cg} = \frac{\int x \cdot y \cdot dx}{6} = \frac{1}{6} \cdot \int_0^3 x \left(\frac{4x}{3}\right) dx = \frac{2}{9} \int_0^3 x^2 dx = 2u.$$

Calculo de \bar{Y}_{cg} :

$$\bar{Y}_{cg} = \frac{\int y dA}{\int dA}, \quad dA = (3-x) dy$$

$$\bar{Y}_{cg} = \frac{\int y \cdot (3-x) \cdot dy}{6} = \frac{1}{6} \int_0^4 y \cdot \left(3 - \frac{3y}{4}\right) \cdot dy = \frac{4u}{3}.$$

Se demuestra que el centro de gravedad de un triángulo rectángulo se ubica a 1/3 de distancia a partir del ángulo de 90°.

Luego el centro de gravedad de los 3 elementos estará dado por:

$$\bar{X} = \frac{\sum A \cdot x}{\sum A}, \quad \bar{Y} = \frac{\sum A \cdot y}{\sum A}, \quad \bar{Z} = \frac{\sum A \cdot z}{\sum A}$$

| Figura | Área (A) | x | y | z | Ax | Ay | Az |
|--------|----------|------|-----|---|-----|----|-----|
| A1 | 6 | -4/3 | 2 | 0 | -8 | 12 | 0 |
| A2 | 40 | -2 | 3/2 | 4 | -80 | 60 | 160 |
| A3 | 6 | -4/3 | 2 | 8 | -8 | 12 | 48 |
| Σ | 52 | | | Σ | -96 | 84 | 208 |

Finalmente:

$$(\bar{X}, \bar{Y}, \bar{Z}) = \left(\frac{-96}{52}, \frac{84}{52}, 4 \right)$$

1.5.2 CENTRO DE MASA

En este caso se consideran las tres dimensiones de los cuerpos, entonces la ubicación del centro de masa de un elemento referido a un eje de coordenadas estará dado por:

Para una distribución continua de masa:

$$\bar{X}_{cm} = \frac{\int x dV}{\int dV}, \quad \bar{Y}_{cm} = \frac{\int y dV}{\int dV}, \quad \bar{Z}_{cm} = \frac{\int z dV}{\int dV}$$

Para el caso de una distribución discreta de masa :

$$\rho = \frac{m}{V_i}, \quad r_{cm} = \frac{\sum m_i \cdot r_i}{\sum m_i} = \frac{\sum \rho \cdot V_i \cdot r_i}{\sum \rho \cdot V_i} = \frac{\sum V_i \cdot r_i}{\sum V}$$

Finalmente;

$$\bar{X}_{cm} = \frac{\sum V \cdot x}{\sum V}, \quad \bar{Y}_{cm} = \frac{\sum V \cdot y}{\sum V}, \quad \bar{Z}_{cm} = \frac{\sum V \cdot z}{\sum V}$$

Ejemplo:

Determinar el Centro de Masa de la Figura 1.5, si todas las áreas poseen un espesor e.

Solución:

Procedemos a hacer los cálculos tomando en consideración el espesor "e" de las tres áreas que conforman el elemento en el espacio.

| Elemento | Volumen (V) | x | y | z | Vx | Vy | Vz |
|----------|-------------|------|-------------|-------------|------|------------------------|-------------------------|
| V1 | 6.e | -4/3 | 2 | e/2 | -8e | 12e | 3e ² |
| V2 | 40.e | -2 | 3/2+(5/8).e | 4+e | -80e | 60e + 25e ² | 160e + 40e ² |
| V3 | 6.e | -4/3 | 2 | 8 + (3/2).e | -8e | 12e | 48e + 9e ² |
| Σ | 52.e | | | Σ | -96e | 84e + 25e ² | 208e + 52e ² |

Finalmente:

$$(\bar{X}_{cm}, Y_{cm}, Z_{cm}) = \left(\frac{-96}{52}, \frac{84 + 25e}{52}, 4+e \right)$$

1.6 MECÁNICA DE FLUIDOS

1.6.1 FUERZA SOBRE SUPERFICIES SUMERGIDAS

En el diseño de dispositivos y objetos sumergidos es necesario calcular las magnitudes y ubicaciones de las fuerzas que actúan tanto en superficies planas como curvas.

En esta sección se consideran solo superficies planas, tal como se muestra a continuación;

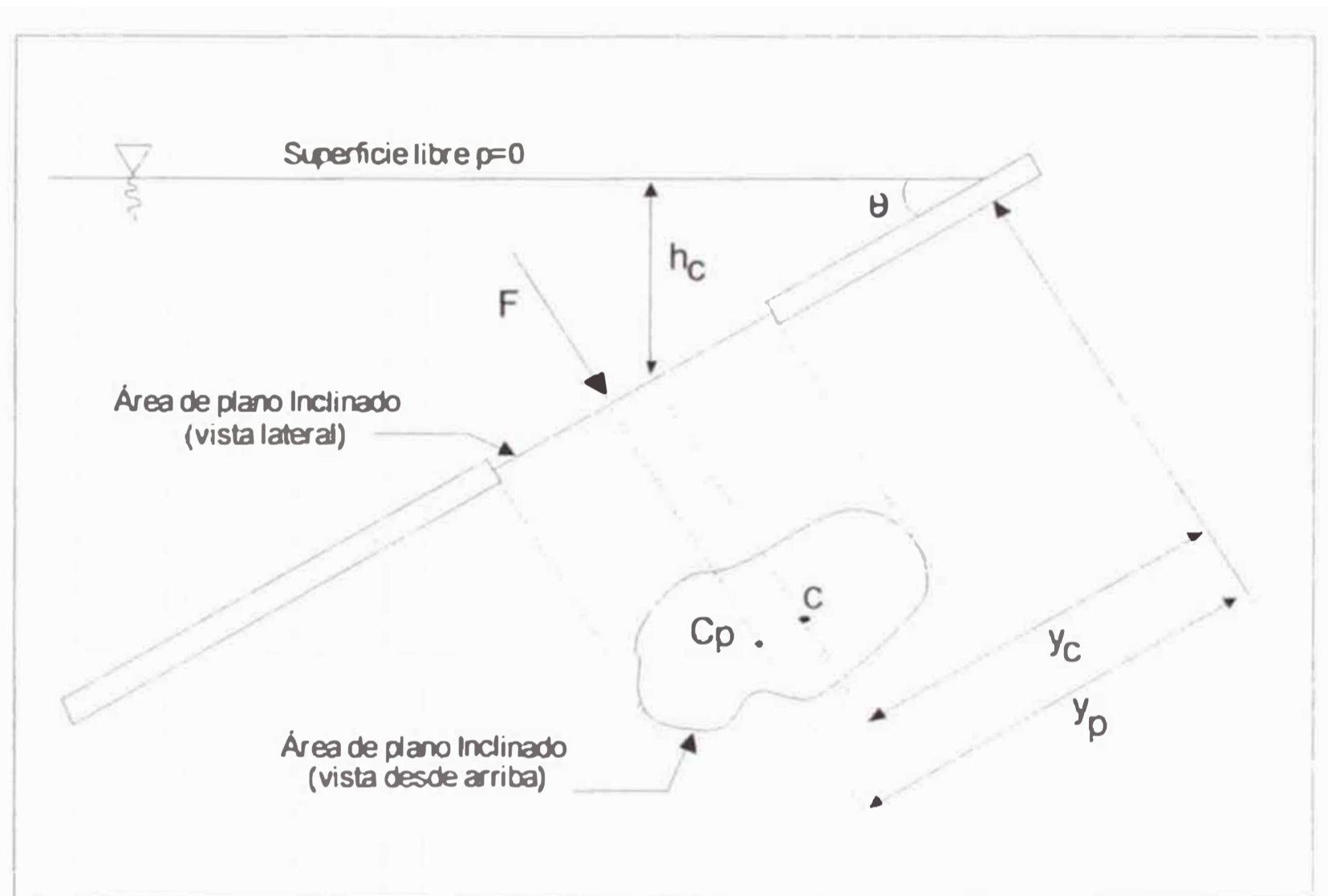


Figura 1.6: Fuerza en un área de plano inclinado

La fuerza sobre una superficie plana es la presión en el centroide multiplicado por el área, la fuerza en general no actúa en el centroide.

$$F = P_c \times A = \rho \times h_c \times A \quad (\text{Ec.1.6.1.a})$$

Donde:

ρ = Peso específico del líquido (kg/m^3)

h_c = Altura desde superficie libre hasta C

C = Centroide

P_c = Presión en el centroide

El centro de presión C_p es el punto donde actúa la resultante de las fuerzas y su ubicación esta denotada en el plano inclinado por y_p .

$$y_p = y_c + \frac{I}{A \times y_c} \quad (\text{Ec.1.6.1.b})$$

Donde:

y_p = Distancia inclinada desde superficie libre hasta C_p

I = Momento de inercia de la compuerta

y_c = Distancia inclinada desde superficie libre hasta centroide

A = Área de la compuerta

Nota:

La fuerza en una compuerta rectangular con el borde superior al ras de la superficie del líquido está ubicada a dos tercios hacia abajo.

1.6.2 FLUJO POR ORIFICIOS

La dinámica de fluidos aporta las formulas y condiciones necesarias para poder determinar el tiempo de vaciado de un liquido a través de un orificio en el recipiente que lo contiene, tal como se puede apreciar en el ejemplo detallado a continuación.

Ejemplo:

Un deposito metálico tiene la forma de un paraboloide cuya meridiana está dada por la ecuación $y=0.4x^2$ (Figura 1.7). En su vértice existe un orificio de 5cm. de diámetro. Inicialmente el depósito contiene agua hasta una altura de 2.5m. Suponiendo un coeficiente de descarga $C_d=0.62$, Calcular el tiempo de vaciado total.

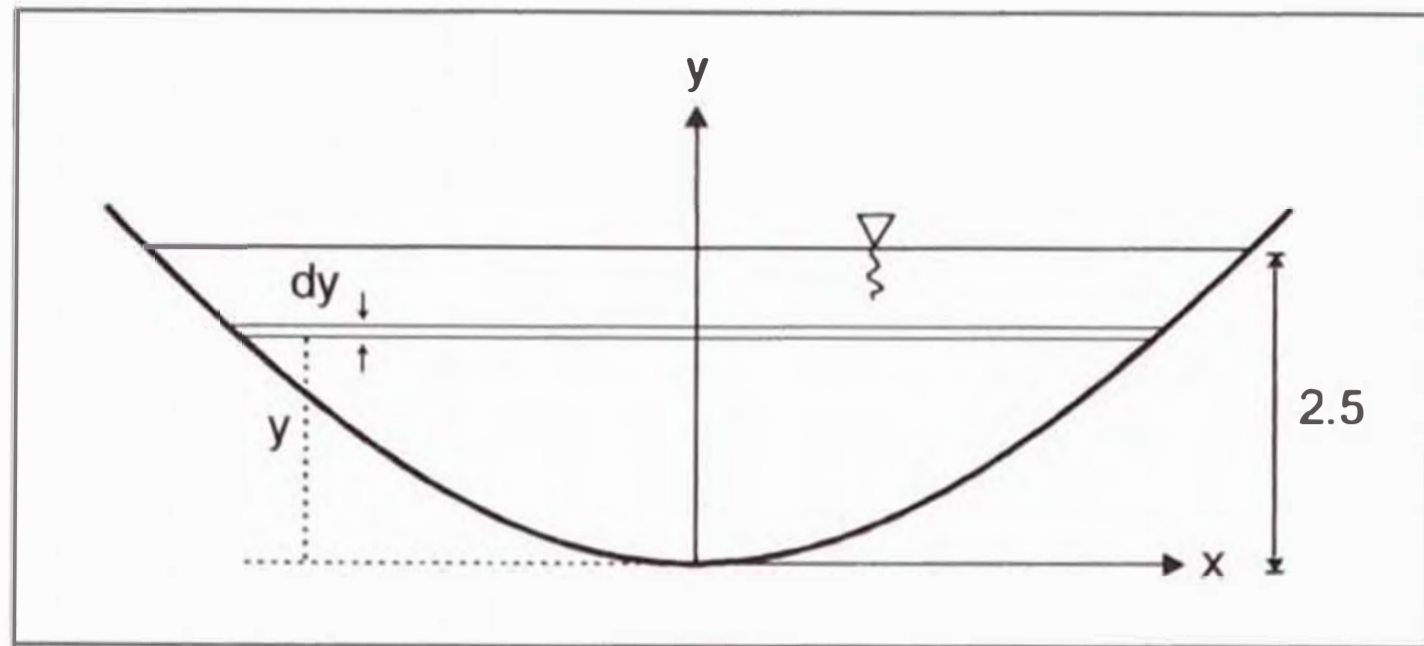


Figura 1.7: Depósito paraboloidal con líquido

Solución:

En un instante dado, la velocidad teórica de salida es:

$$V = \sqrt{2gy} \quad (\text{Ec. 1.6.2.a})$$

El caudal estará dado por:

$$Q = V \cdot A \cdot C_d = \sqrt{2gy} \cdot \pi \cdot \frac{d^2}{4} \cdot C_d \quad (\text{Ec. 1.6.2.b})$$

En un mismo tiempo dt el volumen que pasa por el orificio será igual al cambio de volumen en el depósito, luego:

$$Q \cdot dt = \pi \cdot x^2 \cdot dy \quad (\text{Ec. 1.6.2.c})$$

Despejando dt de la ecuación 1.6.2.c y reemplazando Q de la ecuación 1.6.2.b;

$$dt = \frac{\pi \cdot x^2 \cdot dy}{Q} = \frac{4 \cdot \pi \cdot x^2}{\sqrt{2gy} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot C_d} = \frac{10 \cdot y^{1/2}}{C_d \cdot d^2 \cdot \sqrt{2g}} \cdot dy$$

Integrando en función del tiempo;

$$t = \int_0^t dt = \frac{10}{C_d \cdot d^2 \cdot \sqrt{2g}} \int_0^{2.5} y^{1/2} \cdot dy = \frac{10}{C_d \cdot d^2 \cdot \sqrt{2g}} \left[\frac{2}{3} \cdot y^{3/2} \right]_0^{2.5}$$

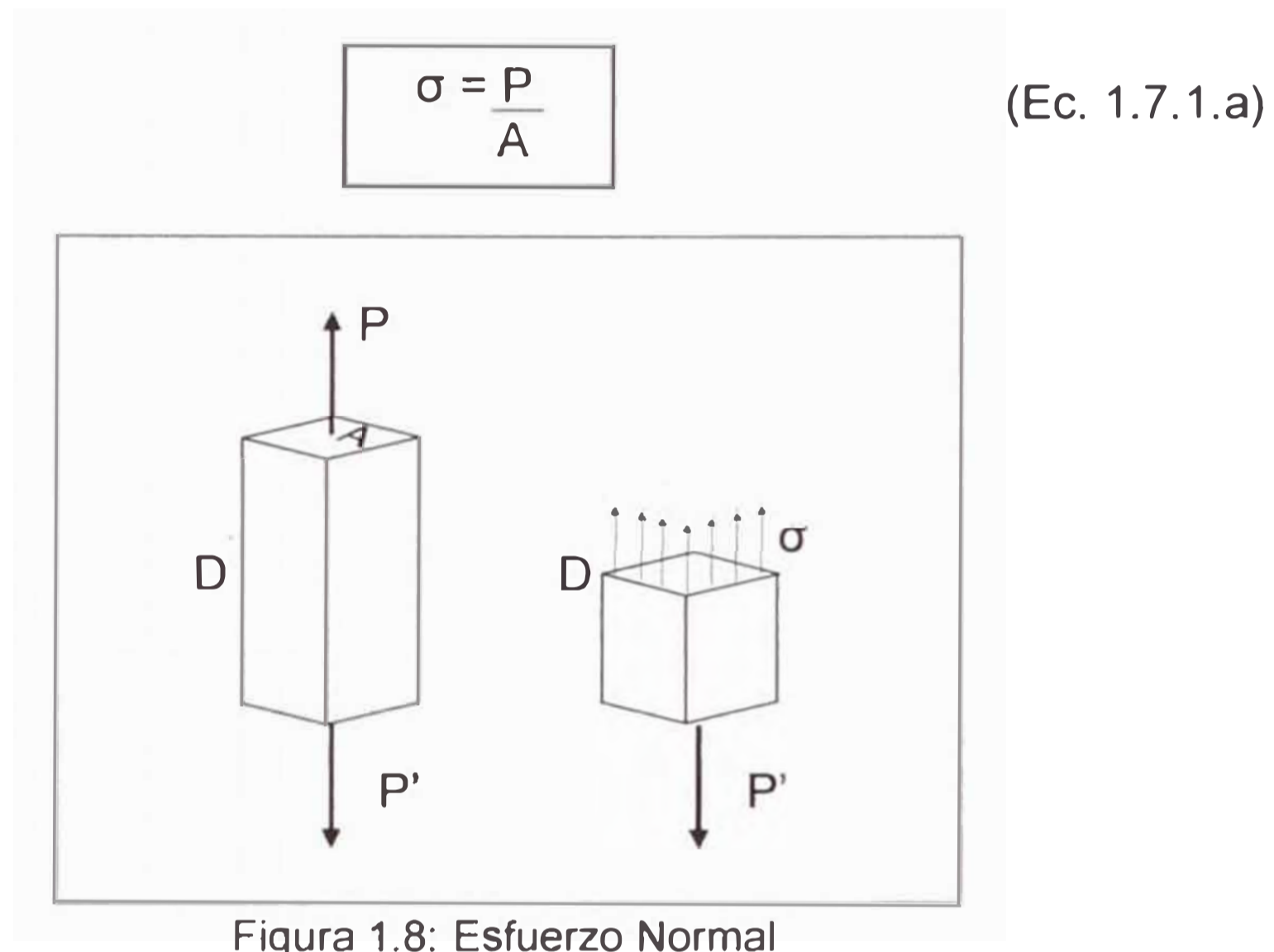
Finalmente el tiempo de evacuación resultante t,

$$t = 3840 \text{ s.} = 64 \text{ min.}$$

1.7 RESISTENCIA DE MATERIALES

1.7.1 ESFUERZO

La fuerza por unidad de área, o la intensidad de las fuerzas distribuidas a través de una sección dada, se llama esfuerzo sobre esa sección y se representa con la letra griega σ (sigma). El esfuerzo en un elemento con área transversal A sometido a una carga axial P (Figura 1.8), se obtiene por lo tanto al dividir la magnitud P de la carga entre el área A .



Se empleará un signo positivo para indicar un esfuerzo de tensión (el elemento a tensión) y un signo negativo para indicar un esfuerzo compresivo (el elemento a compresión).

1.7.2 ESFUERZO CORTANTE

La aplicación de fuerzas transversales P y P' a un elemento AB como se muestra en la Figura 1.9, produce un tipo diferente de esfuerzo, al efectuar un corte en C entre los puntos de aplicación de las 2 fuerzas (Figura 1.9), obtenemos el diagrama de la porción AC que se muestra en la Figura 1.10, donde se concluye que deben existir fuerzas internas en el plano de la selección y que su resultante es igual a P .

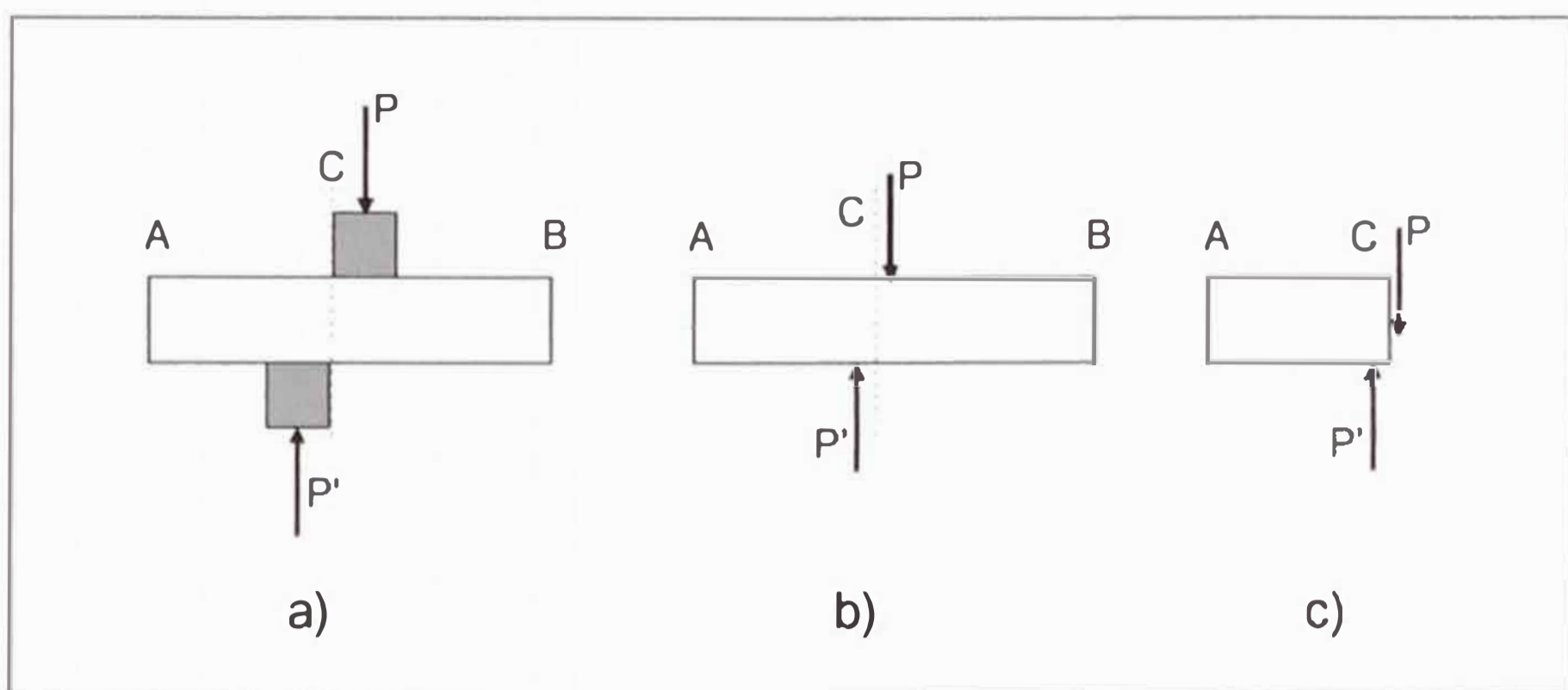


Figura 1.9: Cortante en una barra AB

Estas fuerzas internas elementales se conocen como fuerzas cortantes, y la magnitud P de su resultante es el cortante en la sección.

Al dividir el cortante P entre el área A de la sección transversal, se obtiene el esfuerzo cortante promedio de la sección representado por la letra griega τ (tau).

$$\tau = \frac{P}{A} \quad (\text{Ec.1.7.2.b})$$

Los esfuerzos cortantes se encuentran comúnmente en pernos, pasadores y remaches utilizados para conectar diversos elementos estructurales.

1.7.3 ESFUERZO DE APLASTAMIENTO

Los pernos, pasadores y remaches crean esfuerzos en la superficie de apoyo o superficie de contacto de los elementos que conectan. Por ejemplo el perno de la Figura 1.10 ejerce una fuerza P sobre la placa A igual y opuesta a la fuerza F ejercida por la placa sobre el perno.

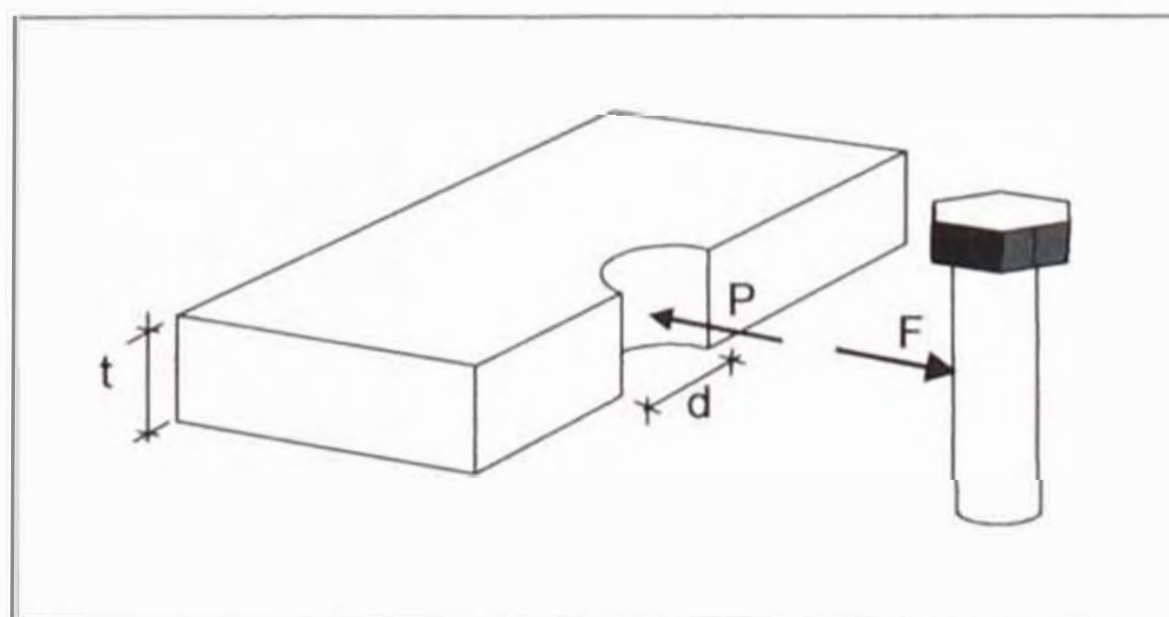


Figura 1.10: Perno y placa A

La fuerza P representa la resultante de las fuerzas elementales distribuidas en la superficie interior de un medio cilindro de diámetro “d” y longitud “t”, igual al espesor de la placa. Como la distribución de estas fuerzas, y de los esfuerzos correspondientes es muy complicada, en la práctica se utiliza un valor nominal promedio σ_b para el esfuerzo, llamado esfuerzo de aplastamiento.

$$\sigma_b = \frac{P}{t \times d} \quad (\text{Ec. 1.7.3})$$

1.7.4 FACTOR DE SEGURIDAD

La máxima carga que puede soportar un elemento estructural o un componente de maquinaria en condiciones normales de uso es considerablemente más pequeña que la carga última.

Esta carga más pequeña se conoce como la carga permisible y, en ocasiones, como la carga de trabajo o carga de diseño. Así, solo una fracción de la capacidad última de carga del elemento se utiliza cuando se aplica la carga permisible. El remanente de la capacidad portadora de carga del elemento se mantiene en reserva para asegurar su desempeño seguro. La razón de la carga última a la carga permisible se emplea para definir el factor de seguridad

$$\text{Factor de Seguridad} = \text{F.S.} = \frac{\text{Carga última}}{\text{Carga permisible}} \quad (\text{Ec.1.7.4.a})$$

Una definición alterna del factor de seguridad se basa en el uso de esfuerzos:

$$\text{Factor de Seguridad} = \text{F.S.} = \frac{\text{Esfuerzo Ultimo}}{\text{Esfuerzo Permisible}} \quad (\text{Ec.1.7.4.b})$$

Las dos expresiones dadas para el factor de seguridad en las ecuaciones 1.7.4.a y 1.7.4.b son idénticas cuando existe una relación lineal entre la carga y el esfuerzo.






| Material | | Densidad kg/m ³ | Tensión MPa | Cortante MPa |
|----------|-------------------------|-------------------------------|----------------|-----------------|
| Acero | Estructural ASTM - A-36 | 7860 | 250 | 145 |
| Aluminio | (99% Al) | 2710 | 95 | 55 |
| Cobre | Laminado en Frio | 8470 | 410 | 250 |
| Aleación | Monel 400 (Ni - Cu) | 8830 | 585 | 345 |

Cuadro 1.2 : Valores de esfuerzos en Materiales
(Fuente: Mecánica de Materiales, Beer Jhonston)

1.8 INTRODUCCION AL ESTUDIO DEL TRABAJO

Con el fin de registrar todos los hechos relativos al método existente de elaboración de concreto en obra, es necesario realizar anotaciones claras y concisas para idear un método perfeccionado, por ello aplicaremos las técnicas del Estudio del Trabajo que tienen por objetivo examinar de qué manera se está realizando una actividad, simplificando o modificando el método operativo para reducir el trabajo innecesario, así como el uso antieconómico de recursos, además de fijar el tiempo normal para la realización de una actividad.

Para describir las diversas actividades que se pudieran desarrollar durante el proceso de elaboración de concreto en obra emplearemos los símbolos descritos en el Cuadro 1.3 y los Diagramas de Recorrido y Diagramas de procesos que son empleados en el Método del Estudio del Trabajo.

| Símbolo | Definición | Descripción |
|---|------------------------|---|
|  | Operación | Este símbolo será utilizado cuando: <ul style="list-style-type: none"> - Se produce una alteración en el producto. - Se facilita o recibe información de cálculos - El objeto se monta o desmonta. |
|  | Inspección | Este símbolo será utilizado cuando se realice una actividad que verifique la calidad o cantidad. |
|  | Transporte | Indica el movimiento de los trabajadores, materiales y equipo de A → B dentro de una obra. |
| D | Demora | Demora en el desarrollo de los hechos <ul style="list-style-type: none"> - Espera del abastecedor de agregados al regreso de la tolva. |
|  | Almacenamiento | Deposito de un elemento u objeto <ul style="list-style-type: none"> - Almacenamiento de Cemento |
|  | Actividades Combinadas | Cuando se desea indicar que varias actividades son ejecutadas al mismo tiempo o por el mismo operario en el mismo lugar de trabajo. <ul style="list-style-type: none"> - Nivelación de ladrillo guía (inspección y operación) - Vaciado de columnas (Transporte y Operación) |

Cuadro 1.3: Simbología de procesos según OIT

1.8.1 Diagrama de Recorrido

Es una secuencia grafica donde se visualiza la distribución de las locaciones y elementos que intervienen durante el recorrido de un determinado proceso de producción.

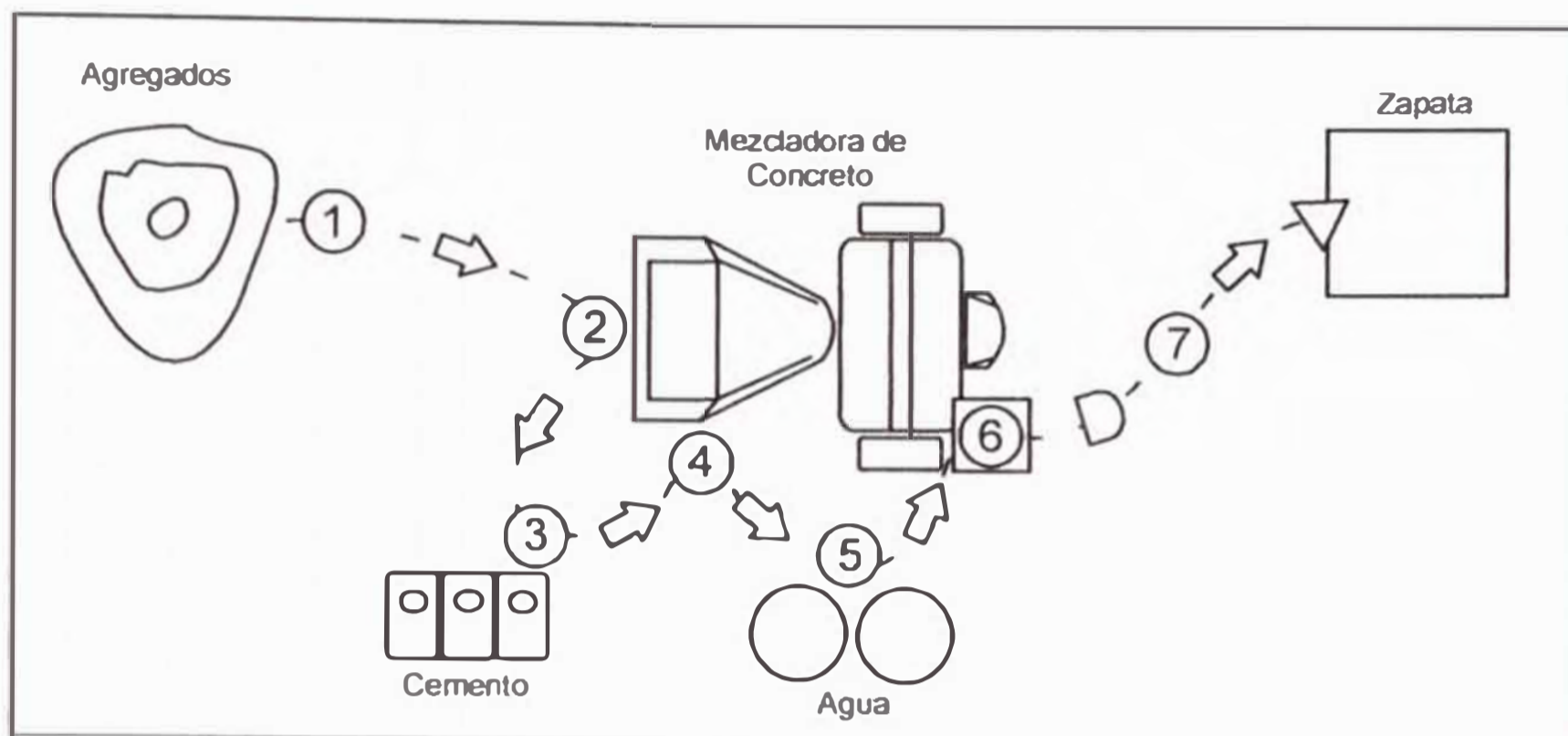


Figura 1.11: Diagrama de recorrido

1.8.2 Diagrama de Procesos

Es una secuencia grafica de símbolos que describen el orden en que se realizan las actividades durante un proceso de producción.

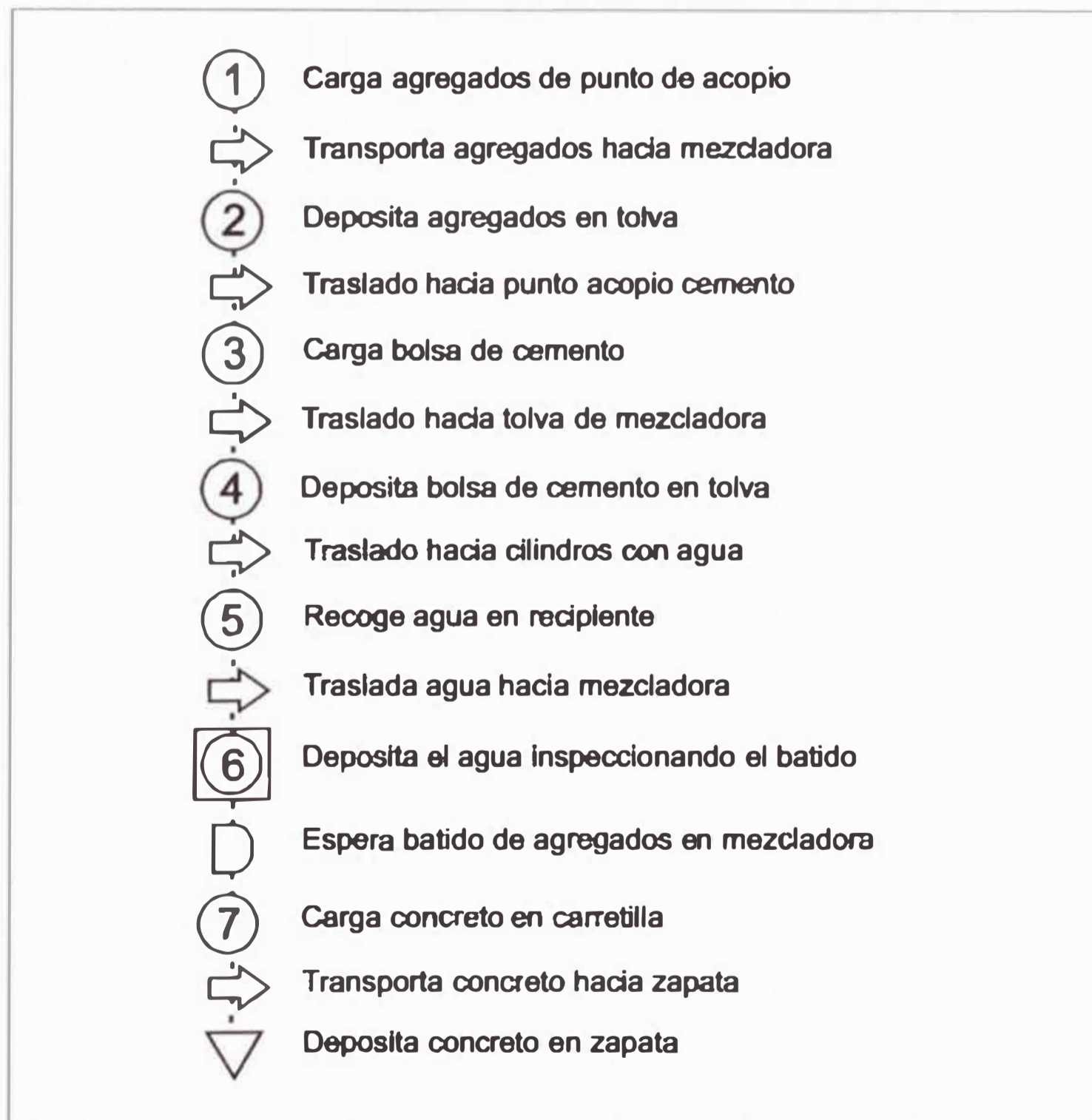


Figura 1.12: Diagrama de procesos

CAPITULO II

DISEÑO Y ELABORACION DE EQUIPOS PARA CONCRETO

2.1 DOSIFICADOR DE ADITIVOS

2.1.1 PARAMETROS DE DISEÑO

La fabricación del equipo dosificador de aditivos está orientado a la creación de un recipiente de volumen variable y graduable, que permita almacenar y surtir aditivos líquidos de una manera constante, el cual contemplar los siguientes parámetros de diseño:

- a) Determinación del Volumen Mínimo y Máximo
- b) Principio de Vasos Comunicantes
- c) Sistema de Volumen Graduable

a) DETERMINACION DEL VOLUMEN MINIMO Y MAXIMO

El volumen mínimo y máximo del dosificador de aditivos estará en función a las especificaciones técnicas de los aditivos líquidos que se expenden actualmente en el mercado, este rango debe abarcar los diferentes volúmenes requeridos para una dosificación equivalente a 42.5 kg. de cemento.

Realizando un cuadro comparativo (Cuadro 2.1) con 2 marcas comerciales se establece un rango de volúmenes detallado a continuación:

| | |
|----------------|----------|
| Volumen Mínimo | 28ml. |
| Volumen Máximo | 1700 ml. |
| Media | 481 ml. |

Se aprecia que la media es de 481 ml., por tanto se elige un valor próximo y entero de 500 ml., a fin de elaborar un mecanismo que pueda surtir aditivo líquido dosificado continuamente.

Cuadro 2.1 : Análisis de Aditivos comerciales

| CUADRO 2.1.1.a : ANALISIS DE ADITIVOS COMERCIALES PARA TANDAS DE 42.5KG. DE CEMENTO | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------|-------------------------|-------------------|----------------|-------|-------|------|---------------------------------------|-------|--|
| Marca | Aditivo | Tipo | Densidad (kg/lt.) | % Peso Cemento | | Onzas | | Por tanda de 42.5kg. De Cemento (ml.) | | |
| | | | | min | max | min | max | min | max | |
| Sika | Plastiment HE 98 | Plastificante | 1.18 | 0.30% | 0.70% | | | 108 | 252 | |
| | Sigunit L-22 | Acelerante | 1.5 | 3% | 6% | | | 850 | 1700 | |
| | Sika Aer | Incorporador Aire | 1.02 | 0.015% | 0.12% | | | 6 | 50 | |
| | Sika Rapid 1 | Acelerante | 1.27 | 0.50% | 3% | | | 167 | 1004 | |
| | Sikament 290N | Plastificante | 1.18 | 0.30% | 0.60% | | | 108 | 216 | |
| | | Superplastificante | | 0.60% | 1.40% | | | 216 | 504 | |
| | Sikament 306 | Superplastificante | 1.19 | 0.50% | 1% | | | 179 | 357 | |
| | | reductor | | 1% | 2.80% | | | 357 | 1000 | |
| | Sikament TM36 | Superplastificante | 1.19 | 0.50% | 1% | | | 179 | 357 | |
| | | reductor | | 1% | 2% | | | 357 | 714 | |
| Zeta | Z Fragua N°5 | Acelerante | 1.21 | | | | | 400 | 1500 | |
| | Z Aer | Incorporador Aire | 1.02 | | | 0.75 | 1 | 21 | 28 | |
| | Z Fluidizante S.R. | Superplastificante | 1.25 | | | 6 | 12 | 136 | 272 | |
| | | Reductor de Agua | | | | | 18 | - | 408 | |
| | Z RR Plast | Plastificante | 1.22 | | | 3 | 6 | 70 | 139 | |
| | | Superplastificante | | | | 6 | 12 | 139 | 279 | |
| | Z Reductor | Reductor | | | | | 187 | 250 | | |
| | Z Fluidizante I.R. | Plastificante | 1.07 | | | 6 | 8 | 159 | 212 | |
| | Z Fluidizante R.E. | Plastificante | 1.08 | | | 4 | 6 | 105 | 157.5 | |
| | Z Ferro | Protección del concreto | 1.1 | 0.40% | 1.50% | | | 155 | 580 | |
| Z Antiheladizo | Acelerante y plastificante | | | | | | 250 | 500 | | |
| Z Retar VZ | Retardante | 1.06 | | | 2 | 4 | 53.5 | 107 | | |

b) PRINCIPIO DE VASOS COMUNICANTES

El principio de vasos comunicantes refiere que 2 recipientes conectados inferiormente y que intercambian un líquido, alcanzarán un mismo nivel de espejo de agua en los recipientes, independientemente del volumen de los mismos, siempre y cuando el líquido este en reposo y los recipientes no se encuentren aislados de la presión atmosférica.

Este principio es utilizado en las redes de agua, al ubicar reservorios en puntos elevados se logra distribuir agua potable en lugares menos elevados, para que las tuberías, funcionando como vasos comunicantes, distribuyan el agua con suficiente presión, por tanto la concepción de un equipo dosificador de aditivos líquidos debe de contemplar el principio de vasos comunicantes a efectos de contar con un recipiente de almacenamiento y otro recipiente interconectado tipo embolo, en el cual se pueda almacenar y graduar un aditivo líquido antes de ser surtido.

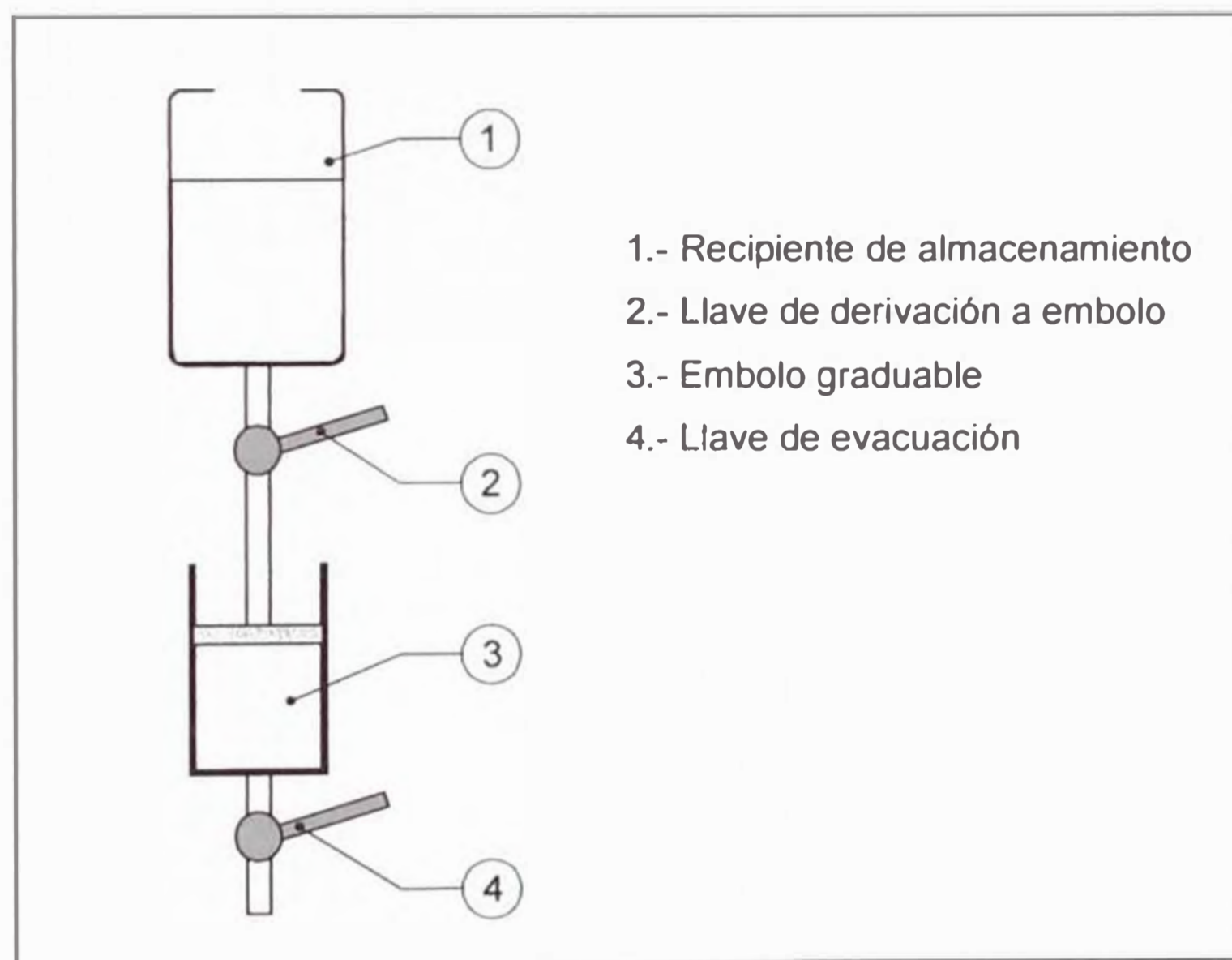


Figura 2.1: Componentes dosificador aditivos

Como se aprecia en los componentes básicos del equipo dosificador de aditivos (Figura 2.1) , se emplea el principio de vasos comunicantes para poder desplazar un liquido entre 2 recipientes interconectados entre si, a los cuales se les añadió llaves de control para ajustar el ingreso y evacuación de aditivos.

c) SISTEMA DE VOLUMEN GRADUABLE

Todo mecanismo de control debe de tener contar con una escala graduable a efectos de poder adoptar diferentes volúmenes de control con el mismo recipiente, esto se logrará gracias a la implementación de un tornillo sin fin que controlará el desplazamiento de un embolo en el recipiente del dosificador.

Este tornillo sin fin permitirá ajustar el volumen del recipiente y mantenerlo estático para poder recibir el aditivo liquido contenido en el depósito de almacenamiento.

La escala adoptada para el funcionamiento del dosificador de aditivos será de mililitros (ml.) y para el caso de aditivos especificados en onzas se procederá a emplear la siguiente equivalencia de conversión:

$$1 \text{ onza} = 28.35 \text{ gr.}$$

Ejemplo:

Se desea emplear 6 onzas de Z Fluidizante (densidad = 1.25 kg/lit)

$$6 \text{ onzas} \times \frac{28.35 \text{ gr.}}{1 \text{ onza}} \times \frac{1 \text{ kg.}}{1000 \text{ gr}} \times \frac{\text{lit.}}{1.25 \text{ kg.}} = 0.136 \text{ lit}$$

Por tanto el equivalente al utilizar 6 onzas de aditivo será el empleo de 0.136 lit. de aditivo.

2.1.2 MANUAL DE FUNCIONAMIENTO

Se detallan las partes del equipo y el procedimiento de uso.

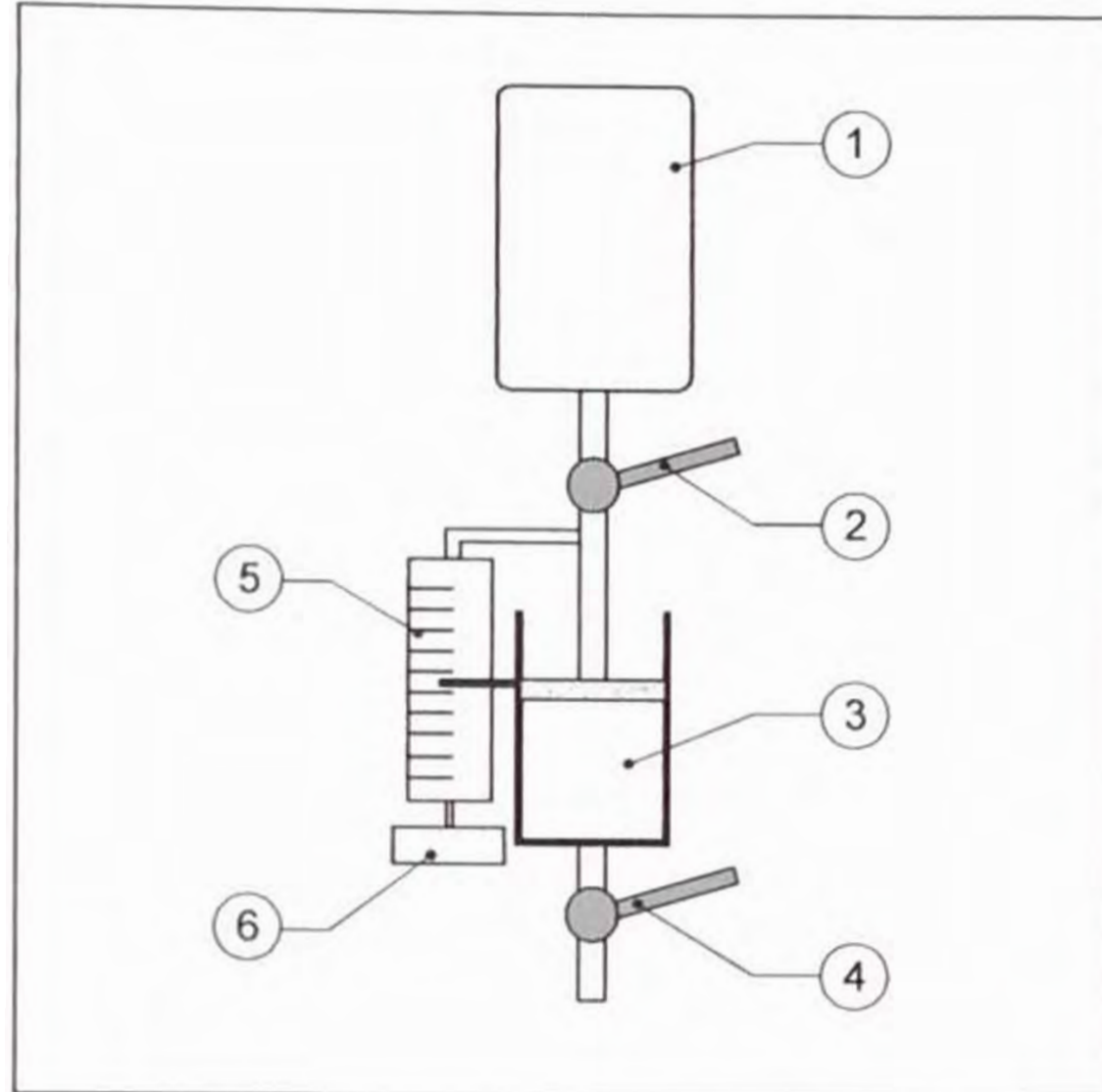


Figura 2.2: Partes del Dosificador de Aditivos

Desglose de Partes:

- 1- Recipiente de Almacenamiento.
- 2- Llave de derivación a embolo
- 3- Embolo graduable
- 4- Llave de Evacuación
- 5- Escala
- 6- Perilla

Procedimiento:

Paso 1: Con la llave de Ingreso (2) cerrada, se procede a verter el aditivo líquido en el recipiente de almacenamiento (1).

Paso 2: Graduar el volumen de aditivo requerido con la perilla (6), verificar el volumen en la escala grafica (5)

Paso 3: Cerrar la llave de evacuación (4) y abrir la llave de Ingreso (2).

Paso 4: Cerrar la Llave de ingreso (2) luego de 5seg.

Paso 5: Abrir la llave de Evacuación (4) y obtener el aditivo graduado requerido, repetir procedimiento desde paso 3.

2.2 DOSIFICADOR DE AGUA

La creación del equipo dosificador de agua está orientado a la implementación de un recipiente de volumen graduable que permita almacenar y evacuar agua para el amasado de concreto empleado en una tanda de 42.5kg. de cemento, el mismo que pueda ser adosado a la tolva de la mezcladora de concreto con la finalidad de aprovechar el trabajo mecánico y poder verter toda el agua en una sola operación en una cantidad exacta y no al tanteo.

2.2.1 GEOMETRIA DEL RECIPIENTE

La forma geométrica del recipiente para contener el agua de mezclado será el de un cilindro, en vista de que esta forma geométrica al estar apoyado en un punto tangente a la circunferencia, permite obtener un nivel y volumen constante del líquido almacenado en su interior, independientemente del ángulo de la superficie de apoyo, de esta manera el recipiente puede adoptar diferentes posiciones de reposo sin alterar el volumen graduado en su interior.

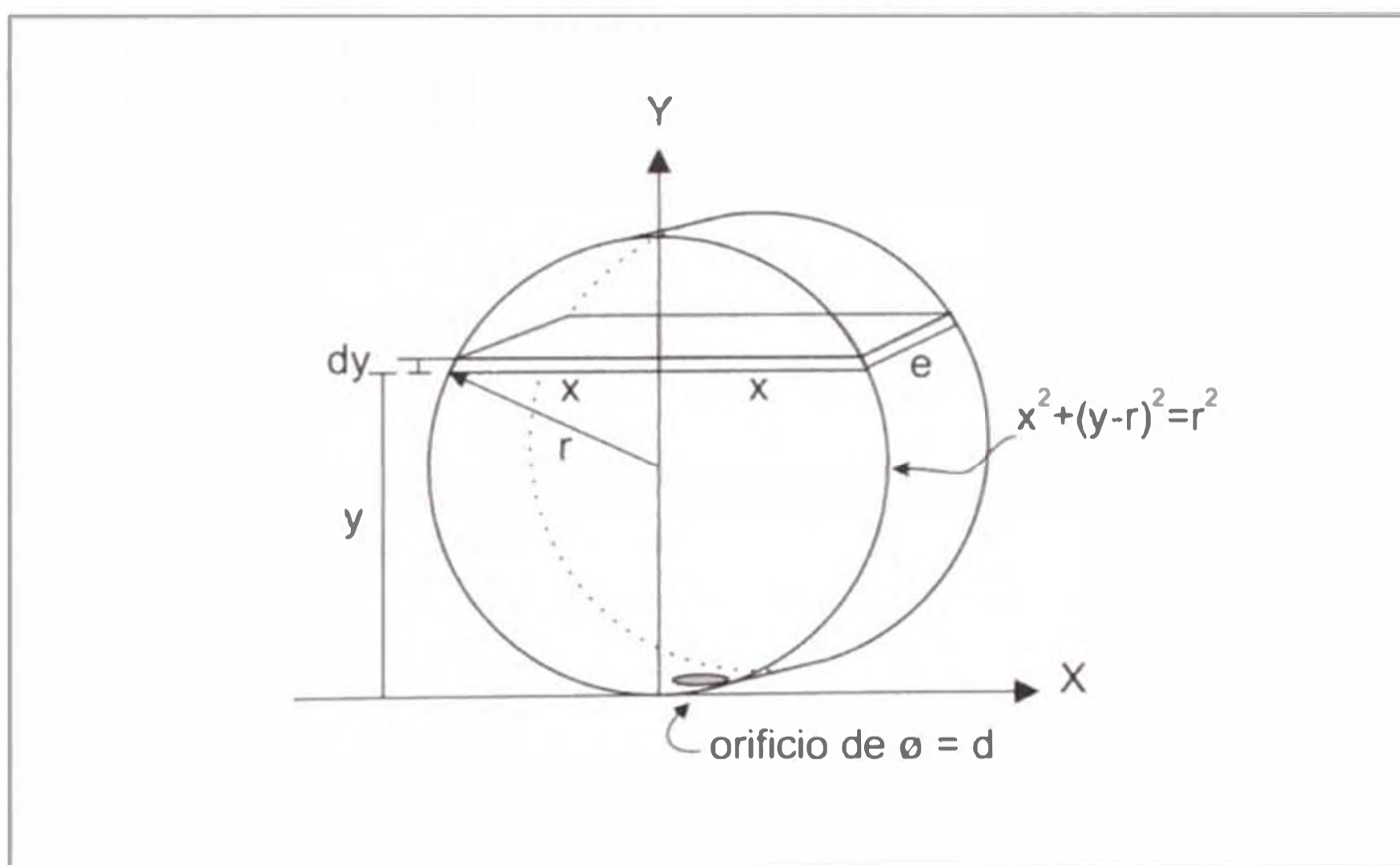


Figura 2.3 : Geometría del recipiente del Dosificador de Agua

2.2.2 CALCULO DEL AREA HUMEDA (Ah)

El área húmeda del recipiente cilíndrico estará comprendida por la superficie que estará en contacto con el agua a una altura menor que

el diámetro ($y < 2r$), con la finalidad de dejar un vacío en la parte superior.

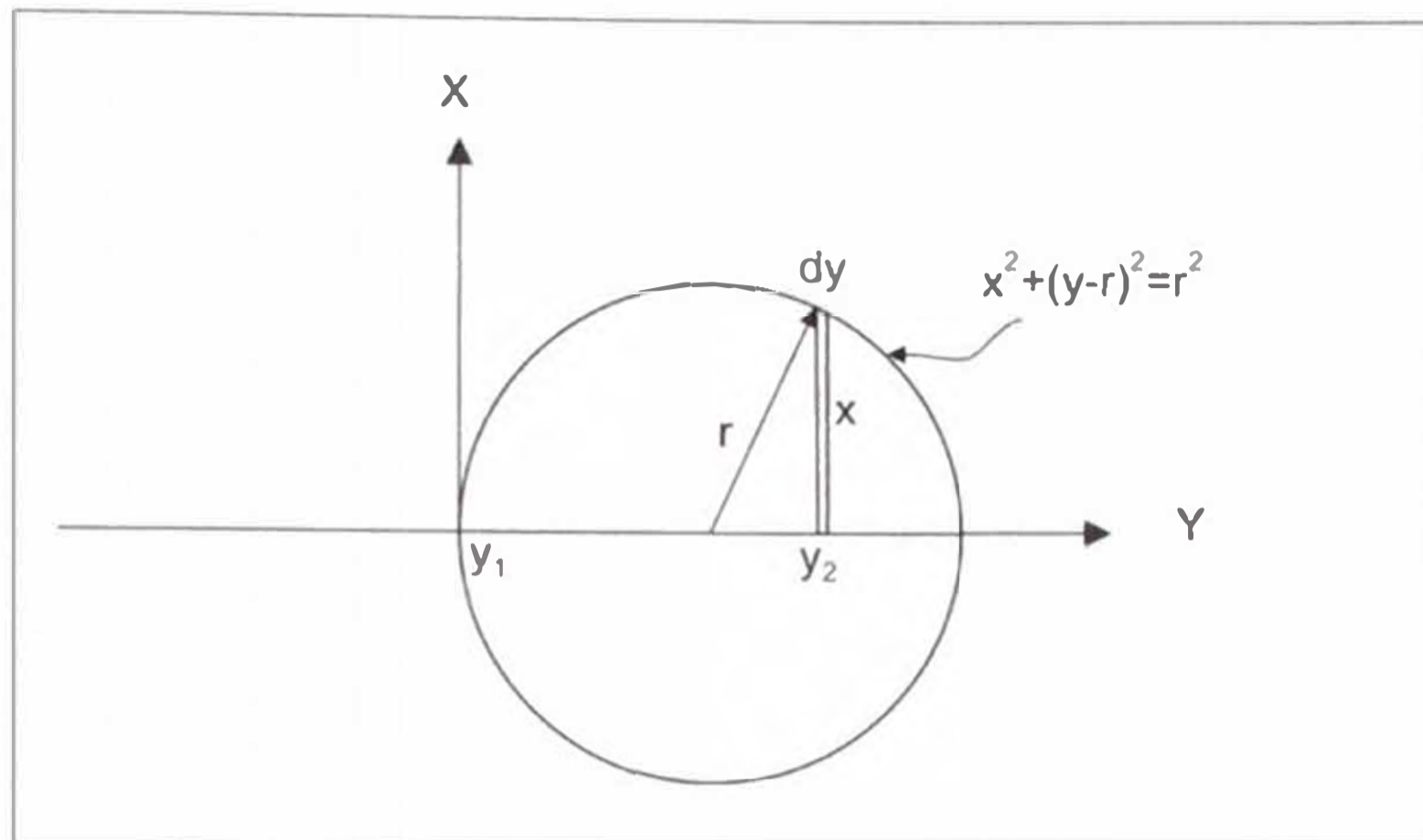


Figura 2.4: Ejes para cálculo de Área Húmeda Ah

Los cilindros comerciales cuentan con un diámetro promedio de 56cm., y al dejar un espacio libre en la parte superior de 8cm., tendremos de que $y=48\text{cm.}$ para un volumen máximo.

El área húmeda (Ah) de la sección del cilindro, sería el doble del área A que es el resultado obtenido de evaluar la integral definida entre el intervalo $\langle y_1, y_2 \rangle$;

$$Ah=2A \quad , \quad A = \int_{y_1}^{y_2} x dy$$

Despejando x de la ecuación de la circunferencia se obtiene:

$$A = \int_0^{0.48} \sqrt{r^2 - (y-r)^2} dy$$

Finalmente para $r=0.28\text{m.}$ se obtiene el área húmeda Ah:

$$A = 0.112 \text{ m}^2 \quad , \quad \boxed{Ah = 0.224\text{m}^2}$$

2.2.3 ESTIMACION DEL VOLUMEN MAXIMO DEL RECIPIENTE EN FUNCION DE LA RELACION AGUA/CEMENTO (a/c).

La relación a/c puede dar un estimado del tipo de concreto que se va obtener, en vista de que sus rangos pueden determinar si es un diseño de mezcla elaborado por resistencia o duración, y esta relación podrá brindar información del agua requerida para una tanda de 42.5kg. de cemento o el equivalente a 1bolsa de cemento, por tanto elaboramos el siguiente cuadro:

| Agua (litros) | Cemento (kg.) | Relación (a/c) |
|---------------|---------------|----------------|
| 40 | 42.5 | 0.94 |
| 39 | 42.5 | 0.92 |
| 38 | 42.5 | 0.89 |
| 37 | 42.5 | 0.87 |
| 36 | 42.5 | 0.85 |
| 35 | 42.5 | 0.82 |
| 34 | 42.5 | 0.80 |
| 33 | 42.5 | 0.78 |
| 32 | 42.5 | 0.75 |
| 31 | 42.5 | 0.73 |
| 30 | 42.5 | 0.71 |
| 29 | 42.5 | 0.68 |
| 28 | 42.5 | 0.66 |
| 27 | 42.5 | 0.64 |
| 26 | 42.5 | 0.61 |
| 25 | 42.5 | 0.59 |
| 24 | 42.5 | 0.56 |
| 23 | 42.5 | 0.54 |
| 22 | 42.5 | 0.52 |
| 21 | 42.5 | 0.49 |
| 20 | 42.5 | 0.47 |
| 19 | 42.5 | 0.45 |

Tabla 2.1: Relaciones agua / cemento (a/c)

Según el cuadro elaborado por tanda de 42.5kg. de cemento se elige 38lt. de agua como máximo que puede almacenar el dosificador de agua.

2.2.4 CALCULO DEL ESPESOR DEL RECIPIENTE

El espesor del recipiente será el resultado de multiplicar la superficie húmeda por el espesor “e” de las paredes paralelas del cilindro para obtener 38lt.;

$$(Ah) x (e) = 0.038 \text{ m}^3.$$

Despejando se obtiene:

$$e = 0.17 \text{ m.}$$

2.2.5 CALCULO DEL VOLUMEN MINIMO (Vm)

El volumen mínimo que puede graduarse en el dosificador de agua estará comprendido por el agua que puede quedar almacenada para una altura $y=r$, en vista de que el dispositivo regulador no puede evacuar niveles de agua por debajo de este nivel, por tanto el volumen mínimo será:

$$(\text{Área de media circunferencia}) \times (\text{espesor 'e'}) = Vm$$

$$[(\pi \cdot r^2) / 2] \cdot e = Vm$$

Para $e = 0.17\text{m.}$ y $r = 0.28\text{m.}$;

$$Vm = 21 \text{ lt.}$$

Luego en el cuadro de relaciones a/c se puede deducir que el rango de volumen de agua está comprendido entre $< 21\text{lt.} - 38\text{lt.} >$, para elaborar concreto en las relaciones de a/c $< 0.49 - 0.89 >$, lo cual es un rango aceptable para abarcar diseños de mezcla por resistencia, para el caso de diseños de mezcla por durabilidad para a/c < 0.45 , se tendrán que elaborar ciertos ajustes al espesor “e” del dosificador de agua.

2.2.6 CALCULO DEL TIEMPO DE EVACUACION

Aplicando los principios de la mecánica de fluidos para flujos por orificios se tiene:

La velocidad de salida en el orificio estará dada por:

$$V = \sqrt{2 \cdot g \cdot y}$$

Donde:

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

y = Altura de agua contenida

El caudal de evacuación esta dado por:

$$Q = C_d \cdot A \cdot V = C_d \cdot (\pi \cdot d^2 / 4) \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot y}$$

Donde:

C_d = 0.7 coeficiente de descarga

d = diámetro de orificio

De la Figura 2.3, se debe cumplir que en un tiempo determinado la variación de caudal de salida por el orificio de diámetro "d" en el tiempo, es igual a la variación de volumen en el interior del recipiente, siendo:

$$Q \cdot dt = 2 \cdot X \cdot e \cdot dy$$

Despejando:

$$dt = \frac{1}{Q} \cdot 2 \cdot X \cdot dy \quad (\text{Ec. 2.2.6.a})$$

Al despejar X de la ecuación de la circunferencia e integrando en la ecuación 2.2.6.a, se tiene:

$$t = \int_0^{0.48} \frac{1}{C_d \cdot (\pi \cdot d^2 / 4) \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot y}} \cdot 2 \cdot \sqrt{r^2 - (y-r)^2} \cdot e \cdot dy \quad (\text{Ec.2.2.6.b})$$

Para un volumen máximo de 38lt, se tiene que $y_{max}=0.48$ y dando valores a $C_d=0.7$ (estimado), $díametro=d$, $r=0.28m.$, $g=9.81m/s^2$ y $e=0.17m.$, se obtiene una ecuación del tiempo en función del diámetro luego de resolver la integral definida:

$$t = 0.0369 / d^2 \quad (\text{Ec. 2.2.6.c})$$

| Diámetro (d) | | Tiempo (t) |
|--------------|--------|------------|
| plg. | m. | s. |
| 2 | 0.0508 | 14.3 |
| 2.5 | 0.0635 | 9.2 |
| 3 | 0.0762 | 6.4 |

Tabla 2.2: Tiempo de evacuación en función del diámetro

De la Tabla 2.2 se elije un diámetro de 2", en vista de que las válvulas de 2" son comerciales a diferencia de la de 2.5", por otro lado las válvulas de 3" implican un mecanismo más pesado para el recipiente del dosificador de agua, por tanto el diámetro del orificio de evacuación será de 2".

Al evaluar la ecuación 2.2.6.b con: diámetro $d = 2" = 0.05m.$, $y = r$ (0.28m.), se obtendrá el tiempo de evacuación mínimo (t_{min}) requerido para el volumen mínimo $V_m=21lt.$, siendo:

$$t_{min} = 10.1\text{seg}$$

Finalmente para un orificio de salida de diámetro $d=2"$ se tendrá un rango de tiempo 't' comprendido entre:

| |
|---------------------------|
| 10.1 seg. < t < 14.3 seg. |
|---------------------------|

2.2.7 MANUAL DE FUNCIONAMIENTO

Se detallan las partes del equipo y el procedimiento de uso.

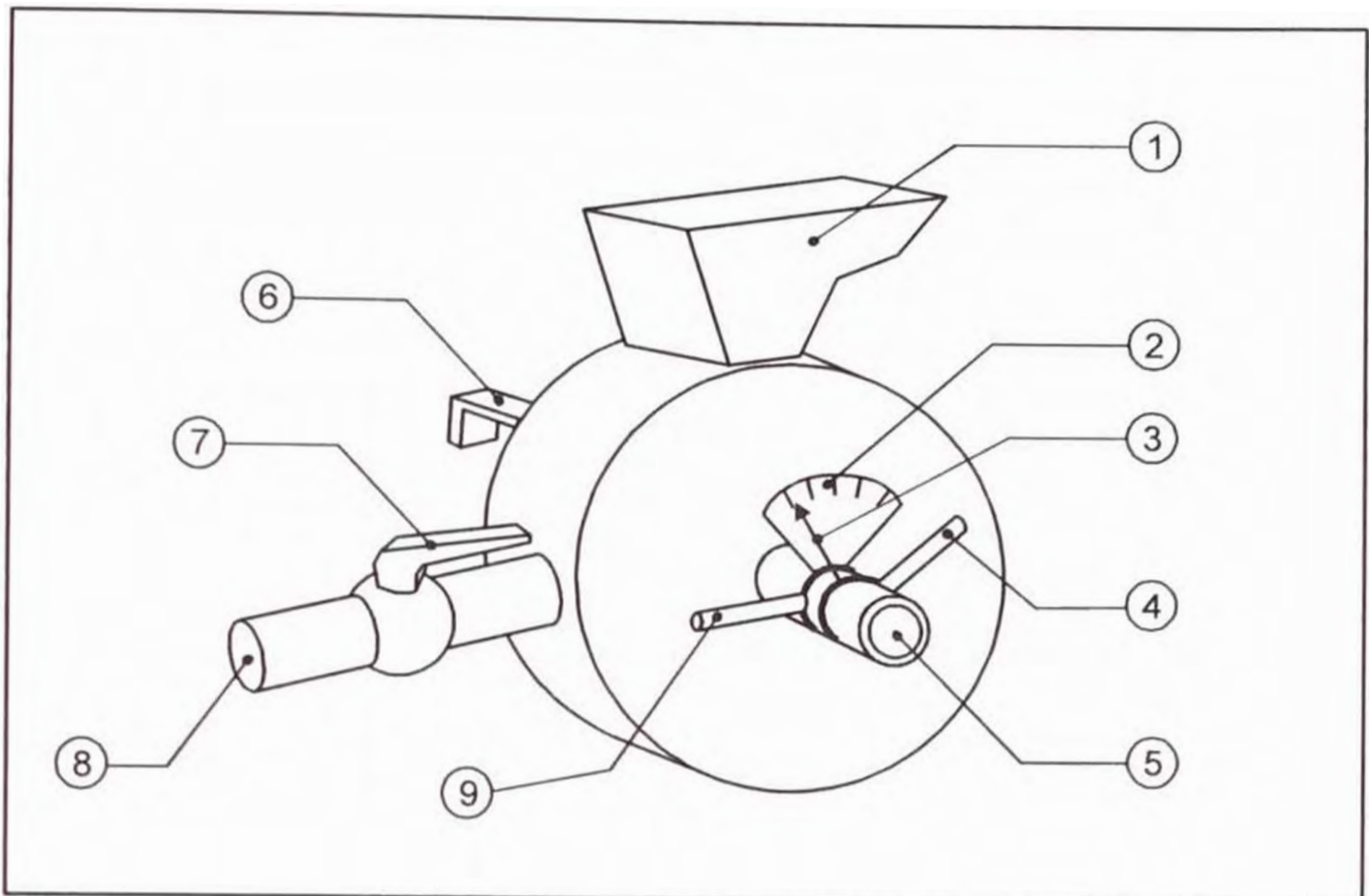


Figura 2.5: Partes del Dosificador de Agua

Desglose de Partes:

- 1- Boquilla de Ingreso de agua.
- 2- Escala grafica en litros adherida a palanca 9.
- 3- Aguja indicadora adosada a palanca 4.
- 4- Palanca reguladora de volumen de almacenamiento de agua.
- 5- Boquilla de evacuación de agua de reboce.
- 6- Gancho sujetador a tolva de mezcladora.
- 7- Llave de paso de 2" para control de evacuación de agua.
- 8- Boquilla de evacuación de agua dosificada.
- 9- Palanca reguladora de nivel horizontal.

Procedimiento:

Paso 1: Adosar el dosificador de agua a la tolva levadiza de la mezcladora por intermedio del gancho 6.

Paso 2: Con la tolva de la mezcladora en la posición de descanso, regular el nivel horizontal con la palanca 9.

Paso 3: Con la palanca 4 regular el volumen requerido a dosificar.

Paso 4: Con la llave de paso 7 cerrada, verter líquido por la boquilla de ingreso hasta observar el rebose de agua por la boquilla de evacuación 5.

Paso 5: Culminado el reboce de agua por la boquilla 5, abrir la llave 7 e izar la tolva de la mezcladora.

Nota: De emplear algún aditivo líquido, se deberá compensar el agua restando el volumen de aditivo en la graduación del dosificador de agua, para luego verter el aditivo una vez culminado el reboce y con la llave de paso abierta.

2.3 DOSIFICADOR DE AGREGADOS

EL equipo dosificador de agregados permitirá almacenar, pesar y surtir agregados mediante un mecanismo de compuertas batientes para poder obtener el peso deseado.

Se emplearán los principios de la Física, Mecánica de Fluidos, Estática, Resistencia de Materiales y los conceptos de Diseño de Mezcla a fin de establecer rangos y parámetros aceptables según las Normas vigentes.

2.3.1 CALCULO DEL VOLUMEN DEL RECIPIENTE

El recipiente que almacenará los agregados, constarán de dos cucharones A y B, batientes en un punto (o) para poder evacuar el agregado una vez pesado hacia una herramienta de acarreo como una carretilla, según se muestra en la Figura 2.6.

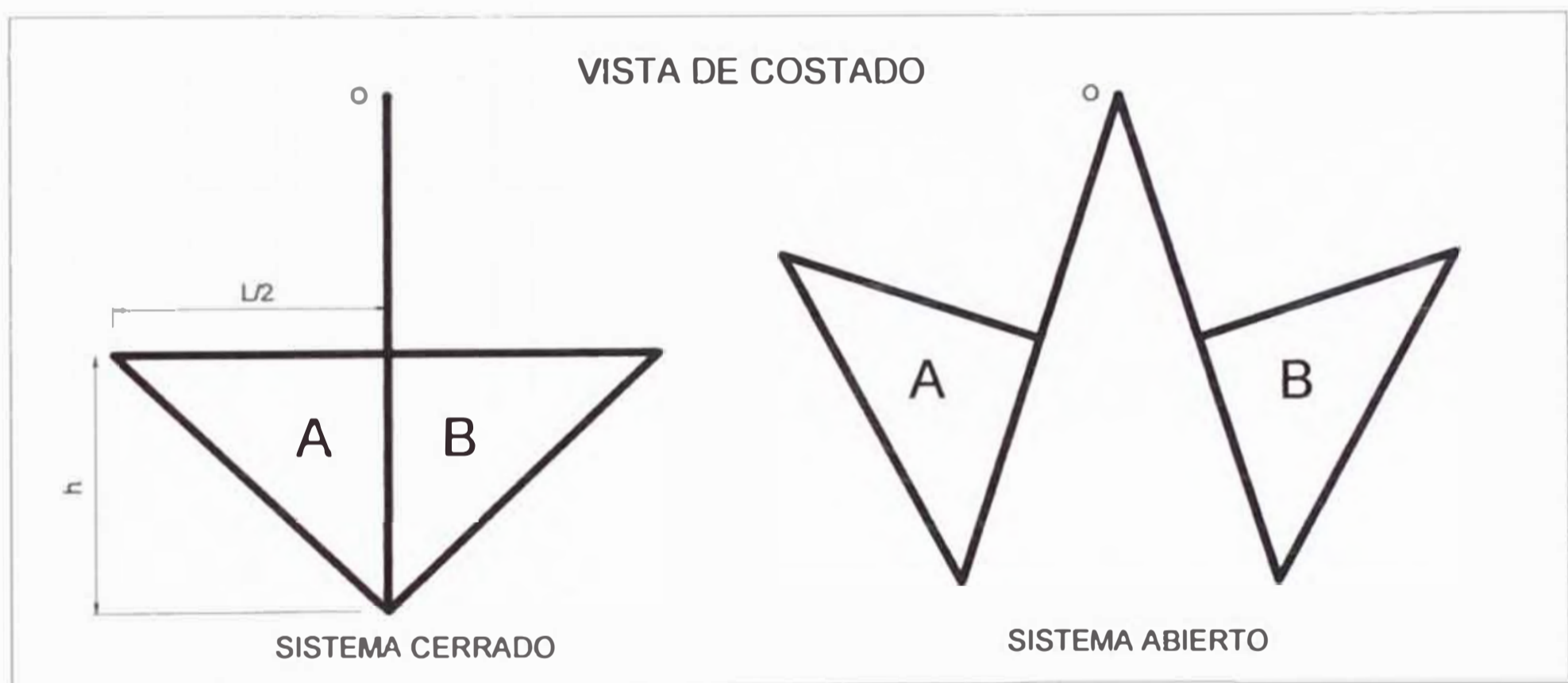


Figura 2.6: Sistema de abertura de cucharones

El recipiente deberá de tener la misma capacidad de almacenamiento de una carretilla, por tanto:

$$\frac{L \times h}{2} \times e = 3p^3 = 0.085\text{m}^3$$

Considerando un ancho $e=0.50\text{m}$. para los cucharones, se tiene :

$$L \times h = 0.34\text{m}^2$$

(Ec. 2.3.1.a)

2.3.2 CALCULO DEL ANGULO DE INCLINACIÓN

El cucharón deberá de poseer un ángulo de inclinación que permita aplicar los principios de la mecánica de fluidos referidos al empuje en compuertas sumergidas inclinadas, a fin de obtener una fuerza resultante del agregado (F_{ag}) que se oponga a la fuerza ejercida por el peso propio del cucharón (F_{pp}) cuando se tome momentos a partir del punto "o", según se observa en la Figura 2.7.

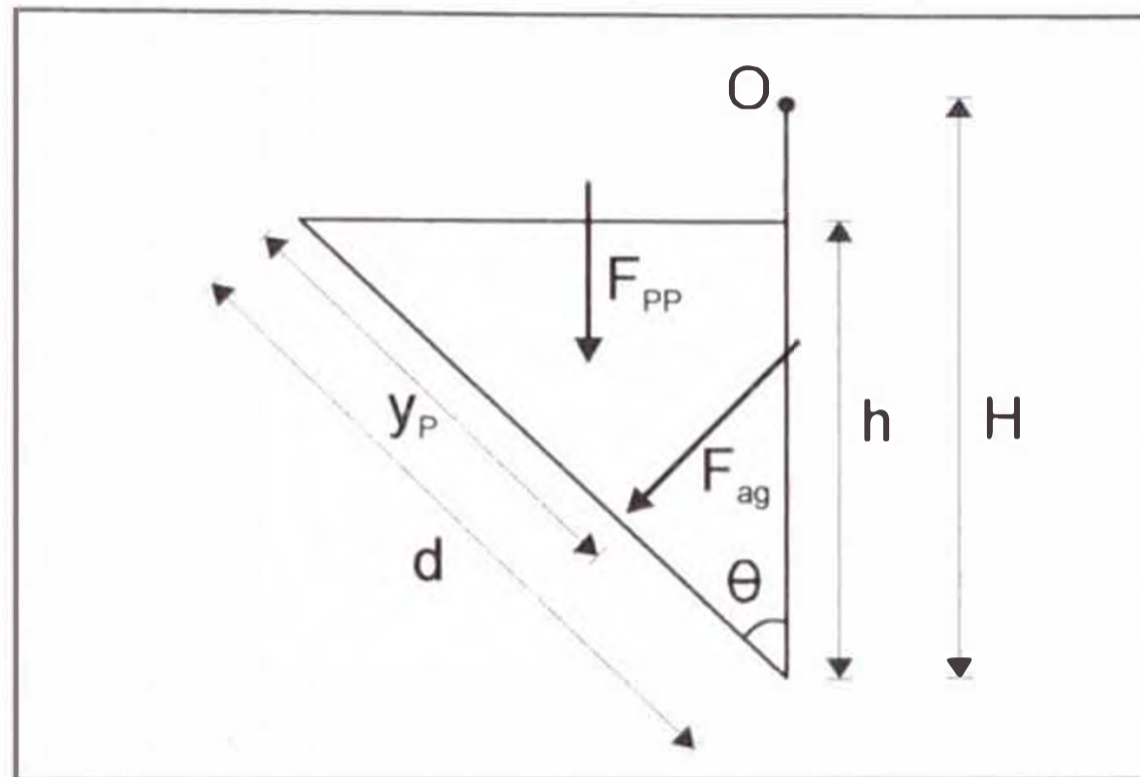
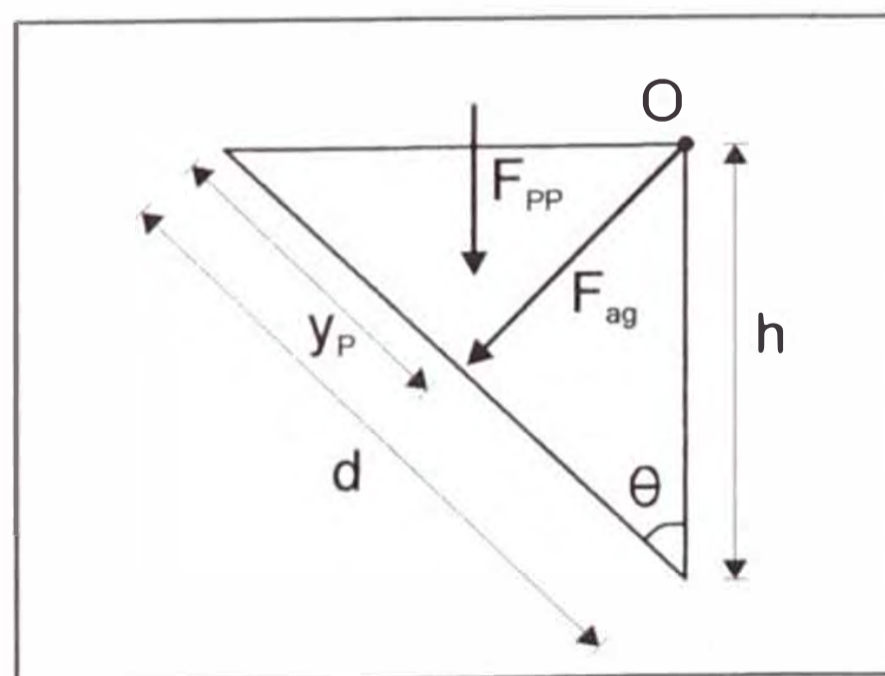


Figura 2.7 : Sección de un cucharón

Existen 2 casos en los cuales la fuerza F_{ag} está actuando en el eje que pasa por el punto o, siendo:

Caso1:

El punto pivot "o" se encuentra al borde del cucharón ($H=h$), aplicando la ecuación 1.6.1.b se determina $y_p = 2/3.d$ para la cara inclinada del cucharón de lado "d" y espesor "e".



Donde:

$$H=d.\cos\theta \quad \dots(i) \quad , \quad (d-y_p)=H.\cos\theta \quad \dots(ii)$$

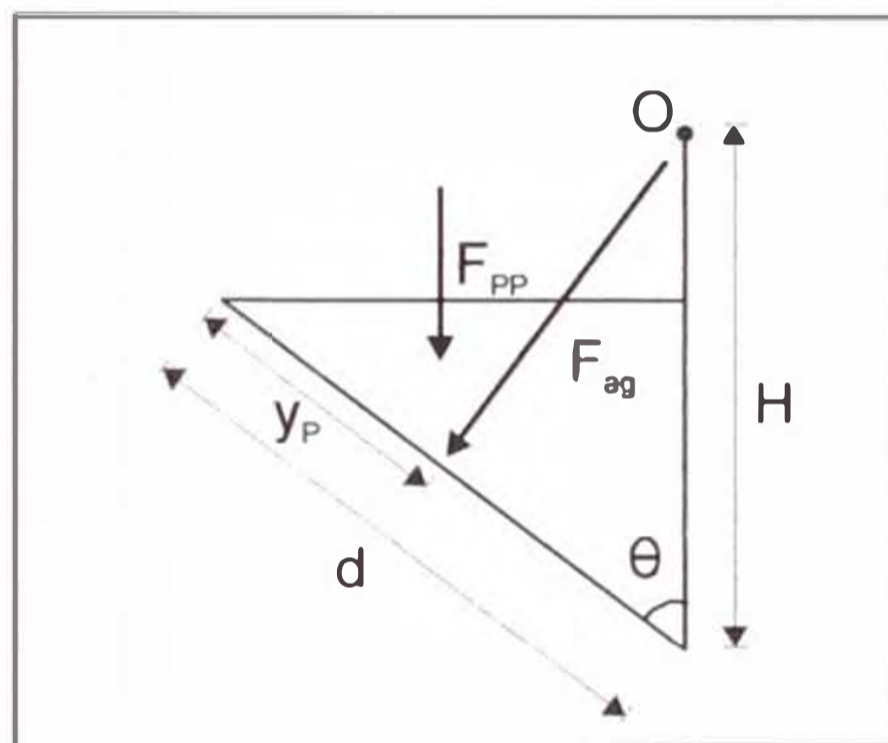
De i , ii :

$$d/3 = d \cdot \cos\theta \times \cos\theta \longrightarrow \cos^2\theta = 1/3 \longrightarrow \theta = 54.73^\circ$$

Se aprecia que “ θ ” debe de ser menor de 54.73° a fin de ejercer un momento con la fuerza F_{ag} que empuja la cara inclinada del cucharón.

Caso 2:

El punto pivot “o” se encuentra apartado del borde superior del cucharón ($h < H$).



Donde:

$$d/3 = H \cdot \cos\theta$$

$$\theta < \text{ArcCos}\left(\frac{d}{3H}\right)$$

(Ec.2.3.2.a)

2.3.3 CALCULO DE LAS DIMENSIONES DEL RECIPIENTE

Considerando el punto pivot “o” apartado del borde del cucharón se asumen los siguientes valores para un primer diseño:

$$h = 0.40\text{m.} , H = 0.80\text{m.}$$

Se tiene:

$$\text{De la ecuación 2.3.1.a , } L = 0.85\text{m.}$$

Entonces:

$$\theta = \text{Arc.Tan} [L/2 / h] = 46.7^\circ$$

De la ecuación 2.3.2.a:

$$46.7^\circ < \text{Arc.Cos} [d/(3H)] = 75.9^\circ \dots\dots\dots \text{ok}$$

Finalmente tenemos:

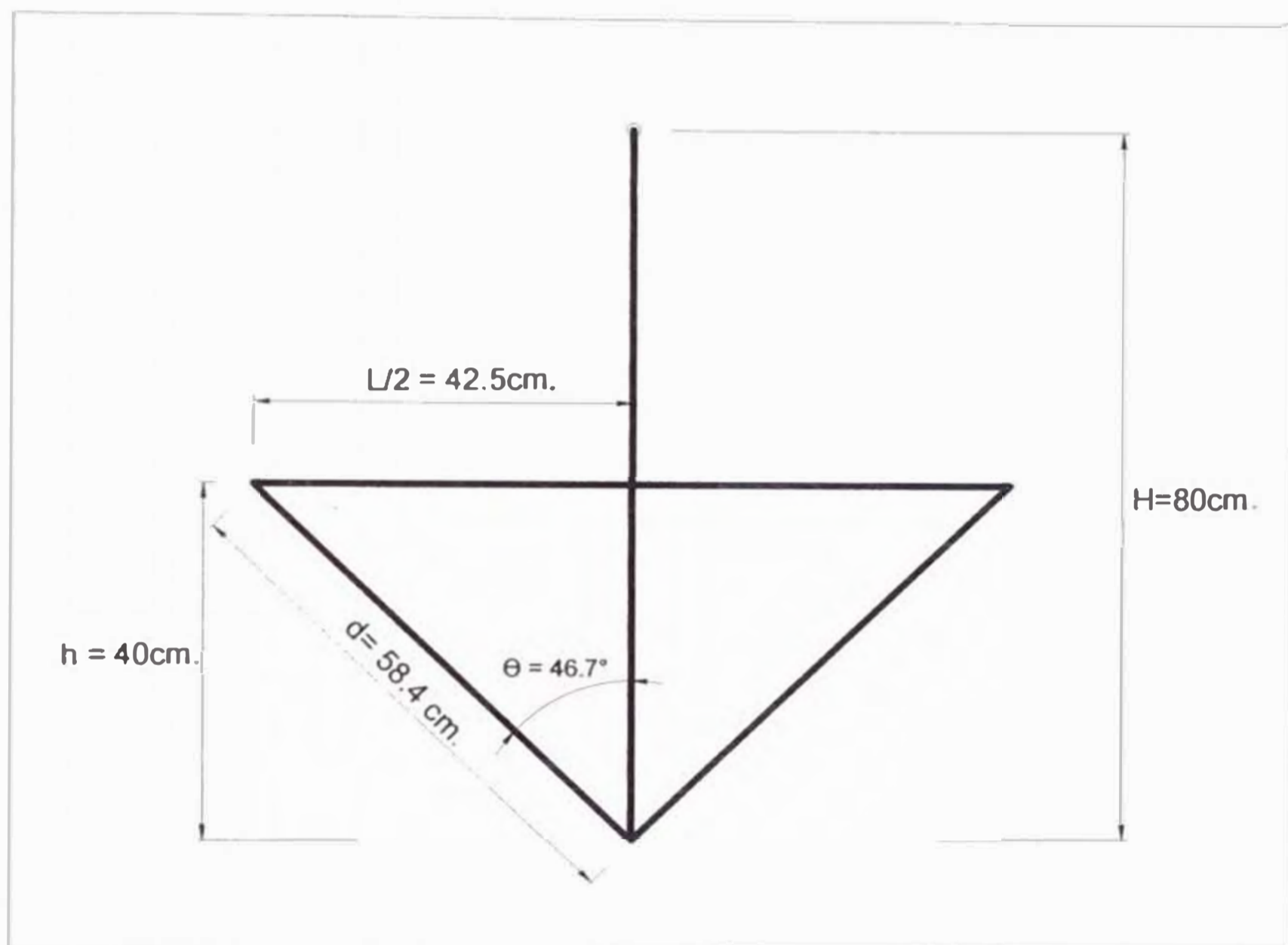


Figura 2.8: Dimensiones de recipiente

2.3.4 CALCULO DEL CENTRO DE MASA DEL CUCHARON

En la Figura 1.5 del Capítulo I, se desarrollo el método para determinar el centro de masa de un elemento compuesto por figuras conocidas, aplicando los mismos principios es posible determina el centro de masa para el cucharon de la Figura 2.8.

La determinación de la masa del cucharon puede efectuarse mediante el pesaje del mismo en una balanza una vez que ha sido construido, pero para efectos de construcción de un equipo se tiene que tener la seguridad de que el diseño enviado a fabricación es el indicado, por

ello en esta parte es necesario emplear programas de diseño como el Solidworks que nos ayuda a hacer simulaciones graficas en 3D y asimismo puede determinar incógnitas faltantes en el diseño como el peso de todos los elementos integrantes del Cucharón (Plancha metálica e=1.5mm, ángulos metálicos de 20x20x2mm., ejes metálicos pivot).

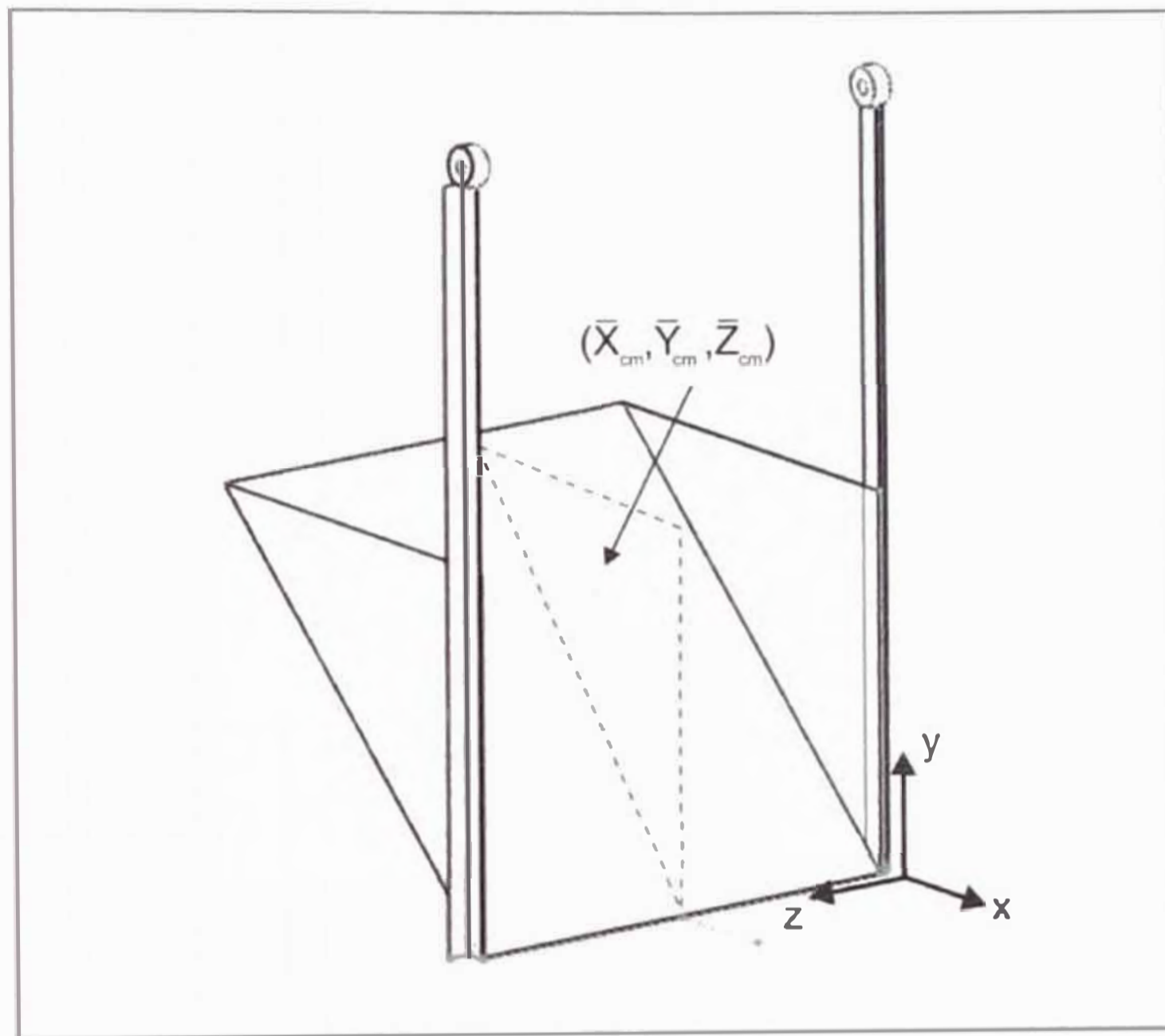


Figura 2.9: Centro de Masa de Cucharón

$$(X_{cm}, Y_{cm}, Z_{cm}) = (-148.3\text{mm} , 284.4\text{mm} , 250\text{mm}).$$

$$\text{Masa} = 6953.32 \text{ gr.}$$

2.3.5 CALCULO DE FUERZAS DEL CUCHARON

Las fuerzas internas involucradas en el cucharon corresponden a la fuerza del peso propio del cucharon (F_{pp}) y a la fuerza del empuje producido por el agregado sobre la cara inclinada (F_{ag}).

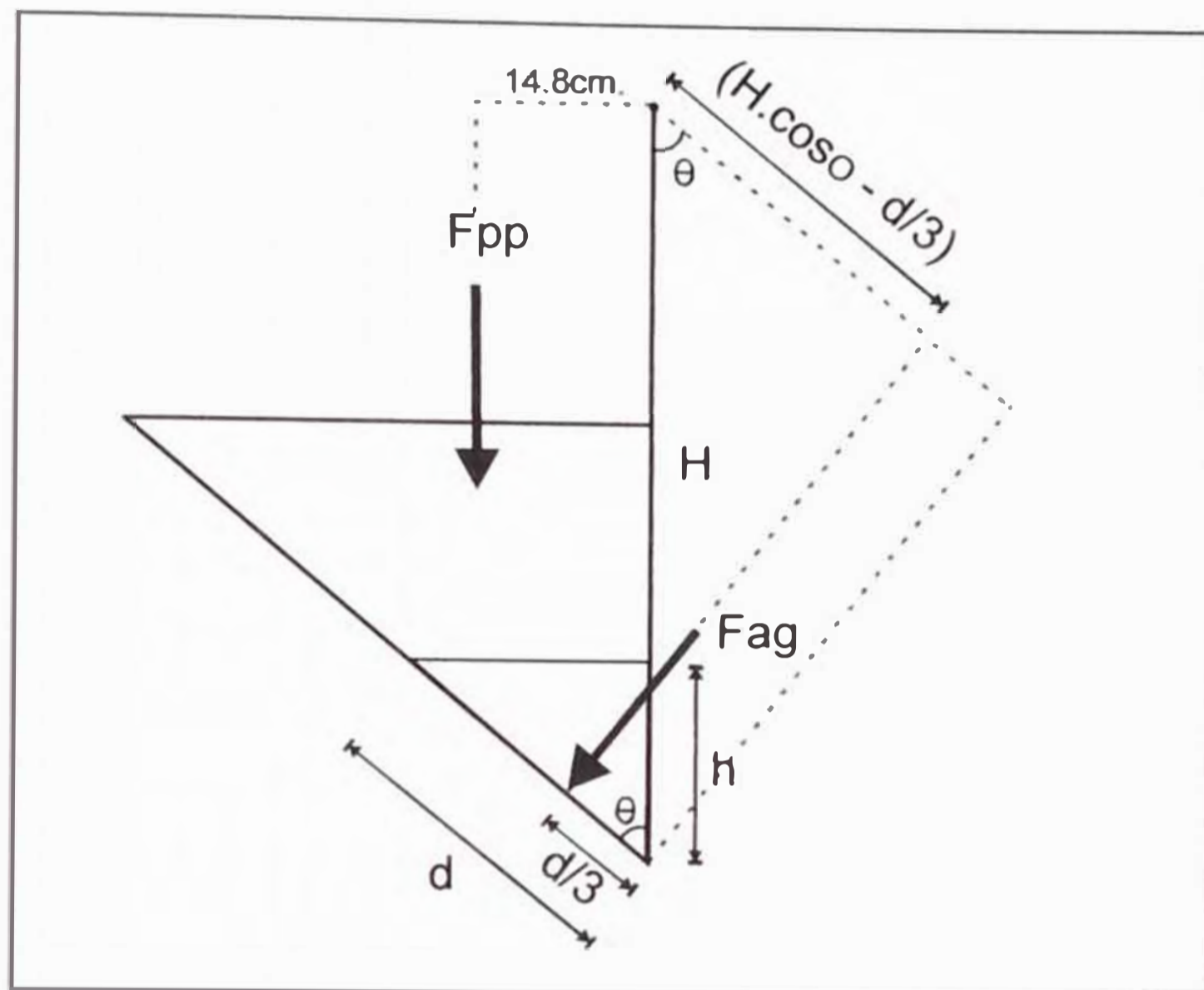


Figura 2.10: Fuerzas internas del cucharon

Tomando momentos en el punto pivot, debe de cumplirse que el momento producido por la fuerza del agregado debe de ser mayor que la fuerza del peso propio del cucharon;

$$F_{pp} \times 0.148 < F_{ag} \times (H \cdot \cos\theta - d/3)$$

De la ecuación 1.6.1.a, se tiene:

$$F_{ag} = (PUS \times h/2 \times d \times e) \times g$$

Donde:

$$PUS = 1619 \text{kg/m}^3 \text{ (Peso Unitario Suelto del Agregado, Cuadro 1.1)}$$

$$h = d \cdot \cos\theta$$

$$g = 9.81 \text{m/s}^2$$

Reemplazando:

$$6.95 \times g \times 0.148 < (PUS \times h/2 \times d \times e) \times g \times (0.8 \times \cos 46.7^\circ - d/3)$$

$$(h+0.055) \times (h-0.058) \times (h-1.12) < 0$$

Como $h < H$, entonces $h = 0.058\text{m} = 6\text{cm}$.

Como $h=6\text{cm}$. entonces se deduce que 2.12kg de agregado en el cucharón serán suficientes para ejercer un momento que obligue a la abertura del mismo; como el recipiente está conformado por dos cucharones entonces 4.24kg. podrán ejercer el momento para la abertura del recipiente.

2.3.6 CALCULO DE FUERZAS DE CORTE

Los puntos críticos a analizar serán los pasadores y pernos sujetos a corte o aplastamiento, tal como es el caso del pasador de sujeción de los cucharones que sirve como eje de giro para el mecanismo de abertura como se detalla en la Figura 2.11.

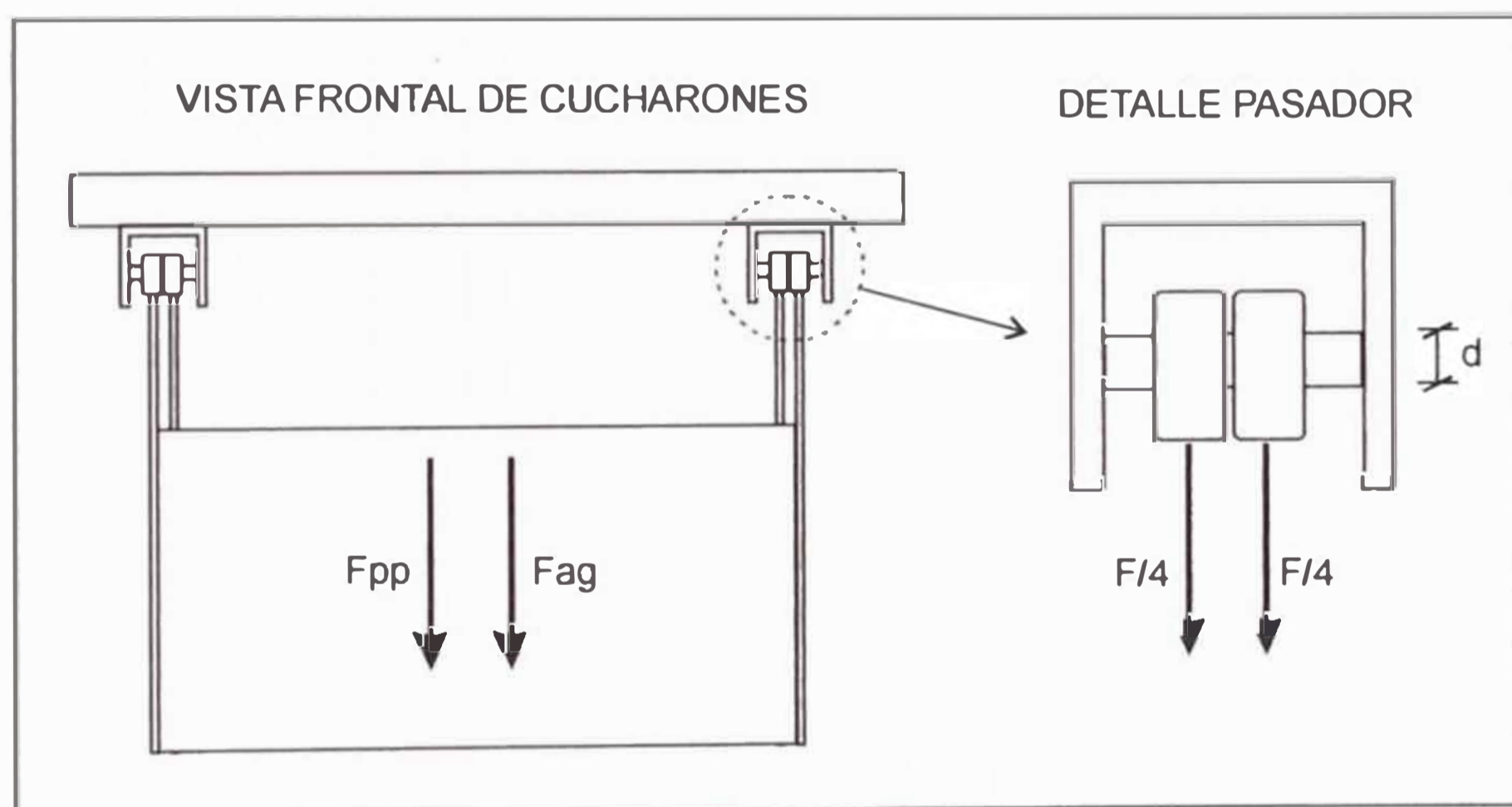


Figura 2.11 : Fuerzas externas aplicadas a pasador

Desglosando las fuerzas involucradas se puede deducir que la fuerza ejercida por el peso propio de los cucharones " F_{pp} " y la fuerza ejercida por el agregado " F_{ag} " serán las únicas fuerzas que conformaran una fuerza resultante " F " que ejercerá corte y aplastamiento en el pasador.

$$F = F_{ag} + F_{pp} \quad (\text{Ec.2.3.6.a})$$

Donde:

$$F_{ag} = (P.U.S.del\ agregado) \times Volumen \times gravedad$$

$$F_{pp} = 2 \times gravedad \times (Masa\ del\ Cucharon)$$

Los cucharones fueron construidos para almacenar una carga máxima de $3 p^3$ ($0.085m^3$) por tanto se tendrá:

$$F_{ag\ max} = (1619\ kg/m^3) \times (0.085m^3) \times (9.81m/s^2) = 1350\ N$$

$$F_{pp} = 2 \times (9.81m/s^2) \times (6.953kg) = 136.4\ N$$

Finalmente:

$$F = 1350 + 136.4 = 1486.4\ N$$

Empleando acero A-36 , del cuadro 1.7, se obtiene un modulo de corte de $\tau_{max} = 145\ N/mm^2$, por tanto al analizar el pasador de la Figura 2.11 y empleando la ecuación 1.7.2.b se tiene;

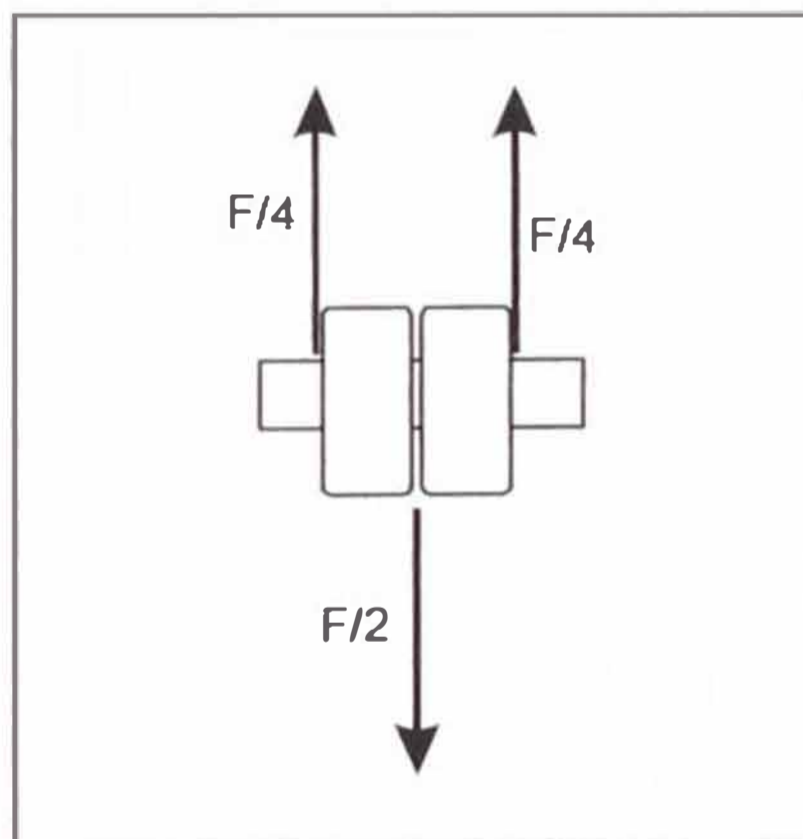


Figura 2.12 : Fuerzas de corte en pasador de cucharon

$$\tau = (F/4) / (\pi.d^2/4) = F / (\pi.d^2) = 1486.4N / (\pi.(15mm.)^2)$$

$$\tau = 2.10\ N/mm^2$$

$$\tau \ll \tau_{max}$$

Se observa que la fuerza de corte es mucho menor que lo permisible para un Acero A-36, por tanto el diámetro del pasador es aceptable.

2.3.7 MECANISMO DE ABERTURA

El mecanismo de abertura tendrá la finalidad de guiar el deslizamiento vertical de los cucharones debido a la acumulación de agregados que van deformando gradualmente los resortes, y que a una deformación específica libere la sujeción de los cucharones para surtir el agregado.

El peso y la longitud de deformación guardan una relación directa expresada en la constante "k" de un resorte, por ello es factible establecer una escala en peso para el empleo del equipo, la misma que será impresa en el mecanismo de abertura.

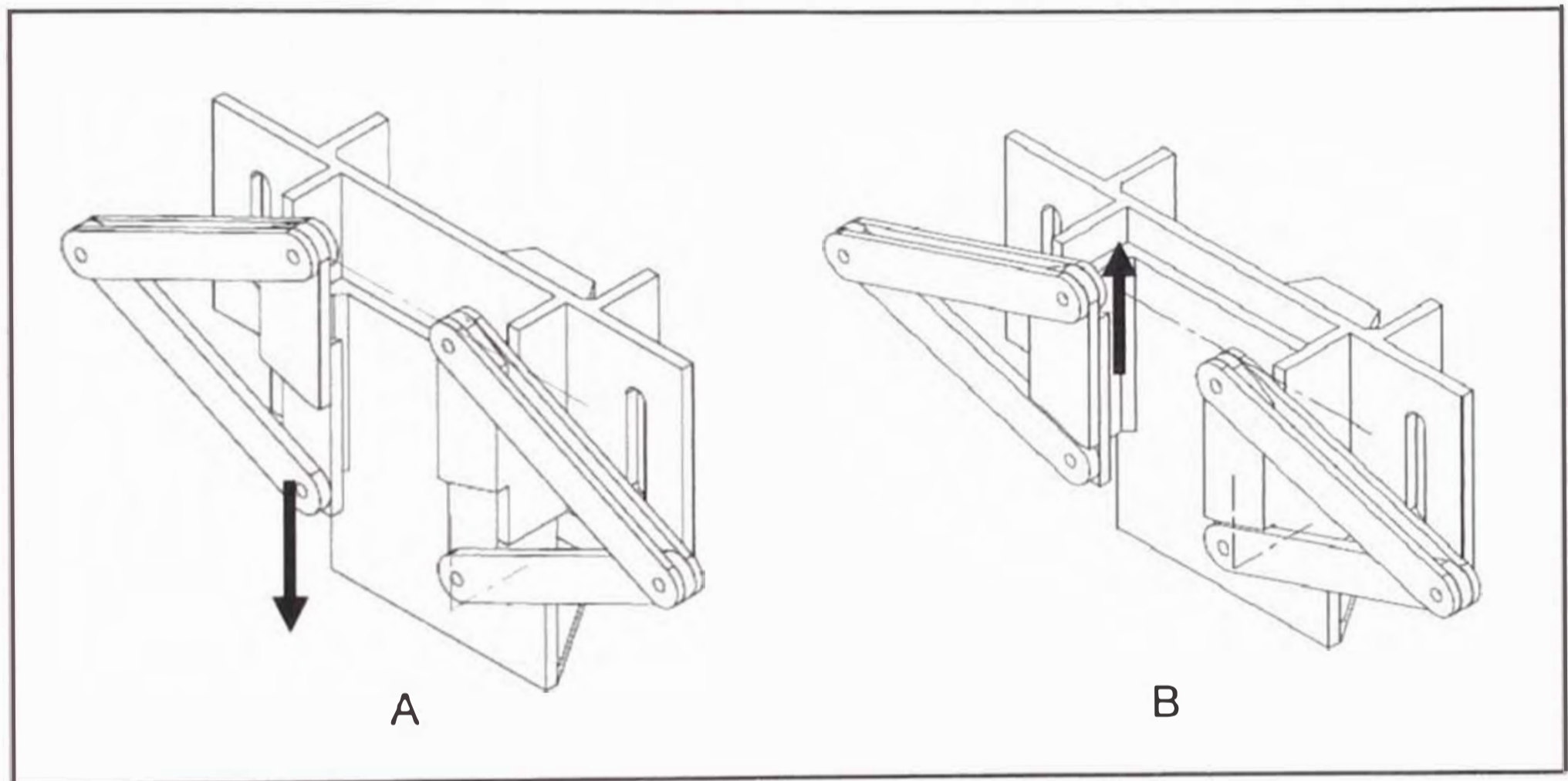


Figura 2.13 : Mecanismo de Abertura (A: Desplazado, B: Cerrado)

En la Figura 2.13, se aprecia que el mecanismo de abertura permitirá adoptar un desplazamiento vertical y a la vez mantener un perfil de rodadura paralelo en todo momento, esto con la finalidad de evitar cambios de sección que atasquen a las guías de los cucharones durante su desplazamiento.

2.3.8 MANUAL DE FUNCIONAMIENTO

Se detallan las partes del equipo y el procedimiento de uso.

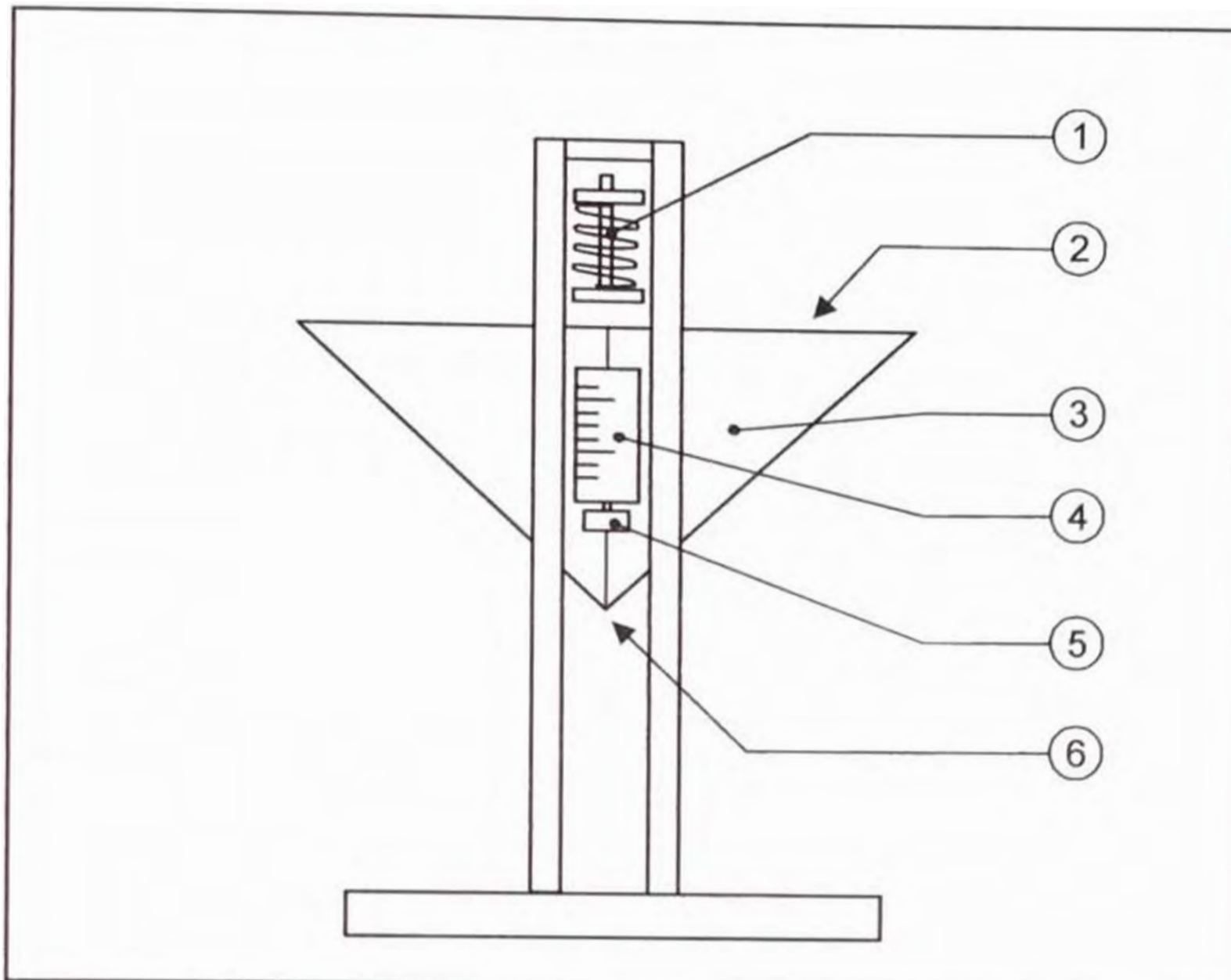


Figura 2.14: Partes del Dosificador de Agregados

Desglose de Partes:

- 1- Resorte de graduación del mecanismo.
- 2- Cavity ingreso de agregados.
- 3- Cucharón de compuertas batientes.
- 4- Mecanismo de abertura con escala en kilogramos.
- 5- Perilla de graduación de peso.
- 6- Zona de evacuación de agregados.

Procedimiento:

Paso 1: Ubicar el dosificador de agregados en una superficie horizontal.

Paso 2: Graduar el peso de agregado a dosificar con la perilla 5.

Paso 3: Colocar una carretilla de carga debajo de la zona de evacuación de agregados.

Paso 4: Llenar el cucharón con agregados a través de la cavity de ingreso.

Paso 5: Continuar el llenado de agregados hasta que la compuerta se abra automáticamente y regrese a su posición inicial.

Paso 6: Retirar la carretilla con el agregado dosificado en peso.

2.3.9 MAQUETA FUNCIONAL

Una vez efectuados los cálculos del diseño preliminar, se procede a elaborar una maqueta funcional a escala, con la finalidad de poder efectuar predicciones acertadas del comportamiento del equipo a un costo no tan significativo en la etapa inicial de diseño.

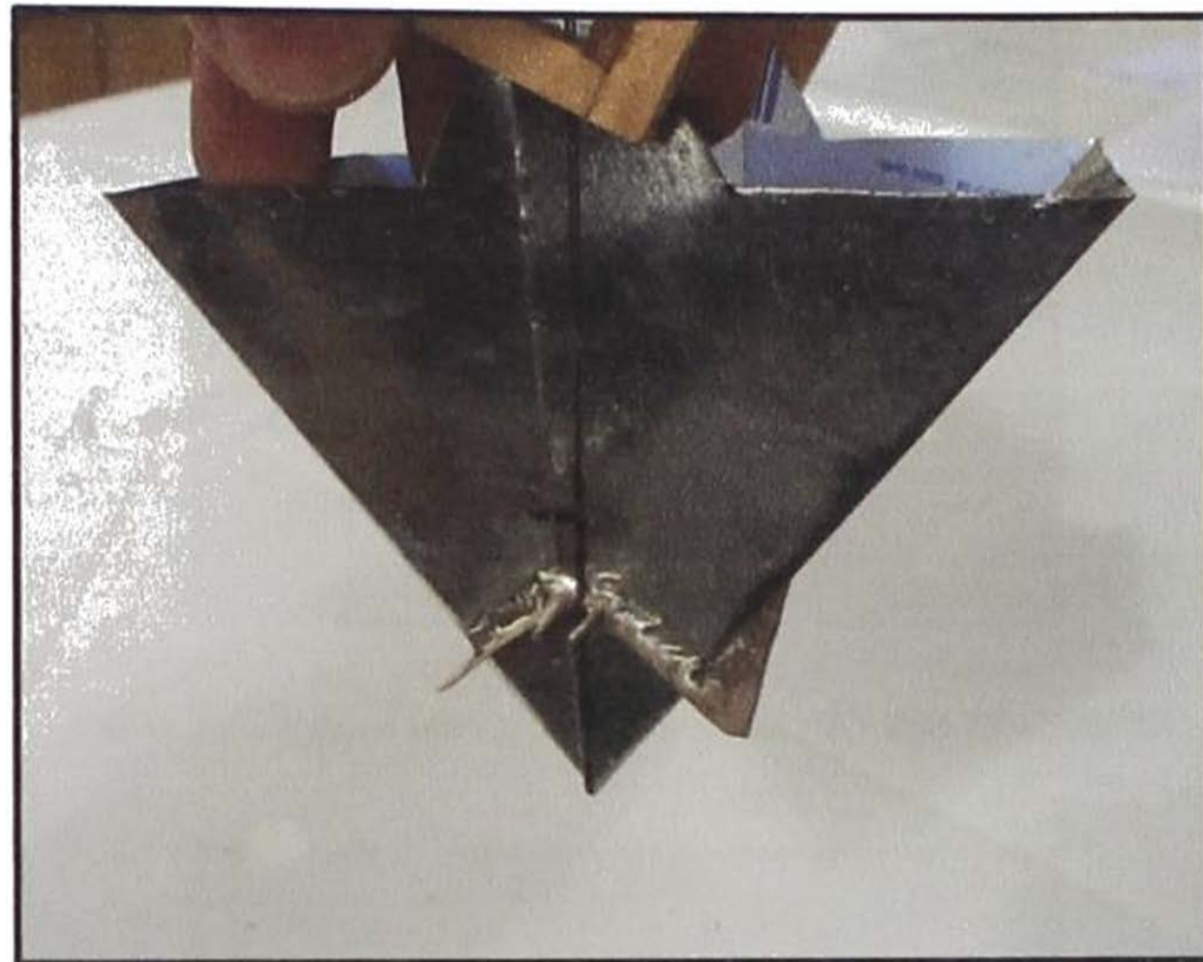


Foto 2.3.9.A: Cucharon cerrado

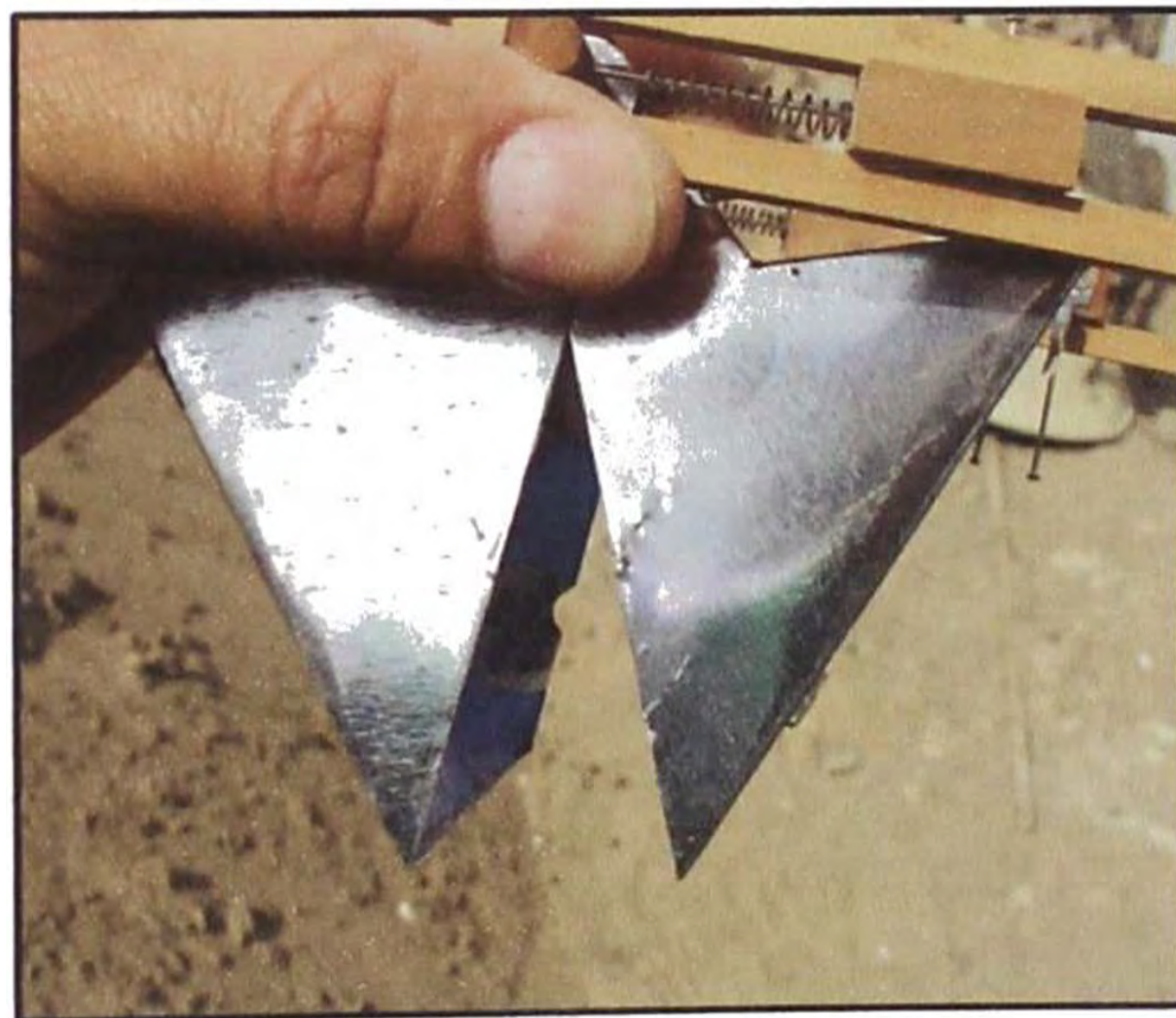


Foto 2.3.9.B: Cucharon abierto

Los cucharones al ser pivotantes podían abrirse como se detalla en la foto 2.3.9.A y foto 2.3.9.B, este eje pivotante podía desplazarse verticalmente por la deformación de los resortes que iban absorbiendo la carga de los agregados contenidos en el interior del cucharón, tal como se aprecia en las fotografías 2.3.9.C y 2.3.9.D.



Foto 2.3.9.C: Resorte conteniendo eje pivotante



Foto 2.3.9.D: Resorte deformado

El mecanismo de abertura permitiría abrir el cucharón al momento de evacuar un peso de agregado determinado.



Foto 2.3.9.E: Dosificador de Agregados a Escala

Finalmente al ser ensayada la maqueta del equipo dosificador de agregados, con menestras simulando el empuje de agregados gruesos, se observa que el mecanismo funciona abriendo los cucharones a un peso determinado, por tanto se da inicio a la segunda etapa de fabricación a una escala real.

CAPITULO III

ANÁLISIS DE PROCESOS DE TRABAJO EN OBRA

3.1 ELABORACION DE CONCRETO EN OBRA

La elaboración de concreto en obra depende de muchos recursos que van desde la disponibilidad de agregados, condiciones climáticas, accesibilidad a la obra, equipos mecánicos para el batido y la mano de obra calificada entre otros aspectos, pero en suma todos estos factores y acontecimientos son sobrellevados para brindar la calidad requerida al proyecto de construcción civil.

La calidad de un concreto mezclado en obra está ligada a la naturaleza de los agregados, diseño de mezcla y proceso constructivo empleado para obtener un concreto homogéneo con todas sus características físicas, para lo cual es necesario mantener en todo momento una proporción definida.

La dosificación de agregados consiste en conocer la proporción de agregados, agua y cemento necesarios para la obtención de una resistencia específica de concreto, estas proporciones son el resultado del estudio en un laboratorio y sirven para predecir el comportamiento del concreto en el tiempo, a diferencia del método de emplear proporciones basadas en la experiencia que muchas veces no se ajusta a la calidad de concreto requerido y tarda un determinado tiempo posterior a la obra en obtener los resultados.

3.2 EQUIPOS Y HERRAMIENTAS PARA LA ELABORACION DE CONCRETO

Los equipos predominantes en la elaboración de concreto mezclado en obra son las mezcladoras de concreto, debido a que; la capacidad de almacenamiento, tiempo de abastecimiento y tiempo de evacuación determinan el ciclo de producción requerido para elaborar un volumen específico de concreto. Los recipientes y herramientas menores como las de acarreo, quedan determinados en gran parte por las exigencias o disponibilidad de recursos de cada proyecto.

Dentro de los principales equipos y herramientas para la producción no automatizada de concreto en obra tenemos;

- a) Mezcladoras de Concreto
 - b) Herramientas y equipos de acarreo
 - c) Herramientas de medición volumétrica
 - d) Equipos de pesaje
- a) **MEZCLADORAS DE CONCRETO**

Las mezcladoras están constituidas por un recipiente metálico denominado tambor o cuba, provisto de paletas en su interior.

La fuerza motriz ejercida por energía eléctrica o de combustión permite realizar giros consecutivos al recipiente, donde el agua, cemento y agregados vertidos van mezclándose para constituir una masa homogénea.

Eficiencia de la mezcladora:

Debido a que la mezcladora debe ser abastecida por un número entero de bolsas de cemento, la cantidad de bolsas de cemento por tanda será igual a un número entero menor a la cantidad de bolsas requerida por la mezcladora.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Cantidad de bolsas de cemento por tanda}}{\text{Cantidad de bolsas requeridas}} \times 100$$

Volumen de concreto por tanda:

$$\text{Vol. de C}^\circ \text{ por tanda} = (\text{Capacidad mezcladora (pie}^3\text{)}) \cdot (0.0283\text{m}^3) \cdot \left(\frac{\text{Eficiencia}(\%)}{100} \right)$$

Clasificación de mezcladoras:

Las mezcladoras se clasifican en función de la posición del eje de rotación de la cuba, siendo de dos tipos:

Mezcladora de eje inclinado (tipo trompo)

Mezcladora de eje horizontal (con tolva levadiza)

Mezcladoras de eje inclinado

Se caracterizan por adoptar diferentes inclinaciones del eje para cada etapa de trabajo: sea llenado, amasado o descarga, esta operación se facilita mediante un volante, que hace pivotar el tambor alrededor de un eje horizontal mediante un sistema de piñones dentados.

El tambor, también conocido como trompo, realiza un movimiento de rotación alrededor de su eje, con una inclinación de 15 a 20 grados aproximadamente.

Estas mezcladoras son ideales para pequeños volúmenes de concreto y en especial para mezclas plásticas o con agregado grueso de tamaño apreciable.



Mezcladora de eje inclinado, tipo trompo

Las capacidades existentes en el mercado pueden ser de 6p³, 9p³ y 11p³ y en condiciones normales de eficiencia la relación entre el volumen de los materiales y el volumen geométrico es de aproximadamente 0.7.

| Capacidad Efectiva | | Producción según fabricante m ³ /h |
|--------------------|-----|--|
| p ³ | lt | |
| 7 | 200 | 2 |
| 9 | 250 | 3 |
| 11 | 300 | 4 |

Cuadro 3.1: Eficiencia Mezcladoras tipo trompo

Mezcladoras de eje horizontal

Se caracterizan por el tambor, de forma cilindro-cónica, que actúa girando alrededor de un eje horizontal con una o dos aspas o paletas que giran alrededor de un eje no coincidente con el eje del tambor.

El tambor dispone de dos aberturas, una para el ingreso del material y otra para descargar el concreto.

Al operar este tipo de mezcladoras debe cuidarse que, luego de cargadas, no quede material en la tolva; y al descargar, que no se produzca segregación o quede en el interior de la mezcladora agregado grueso.

Este tipo de mezcladora son ideales para la producción de grandes volúmenes de concreto.

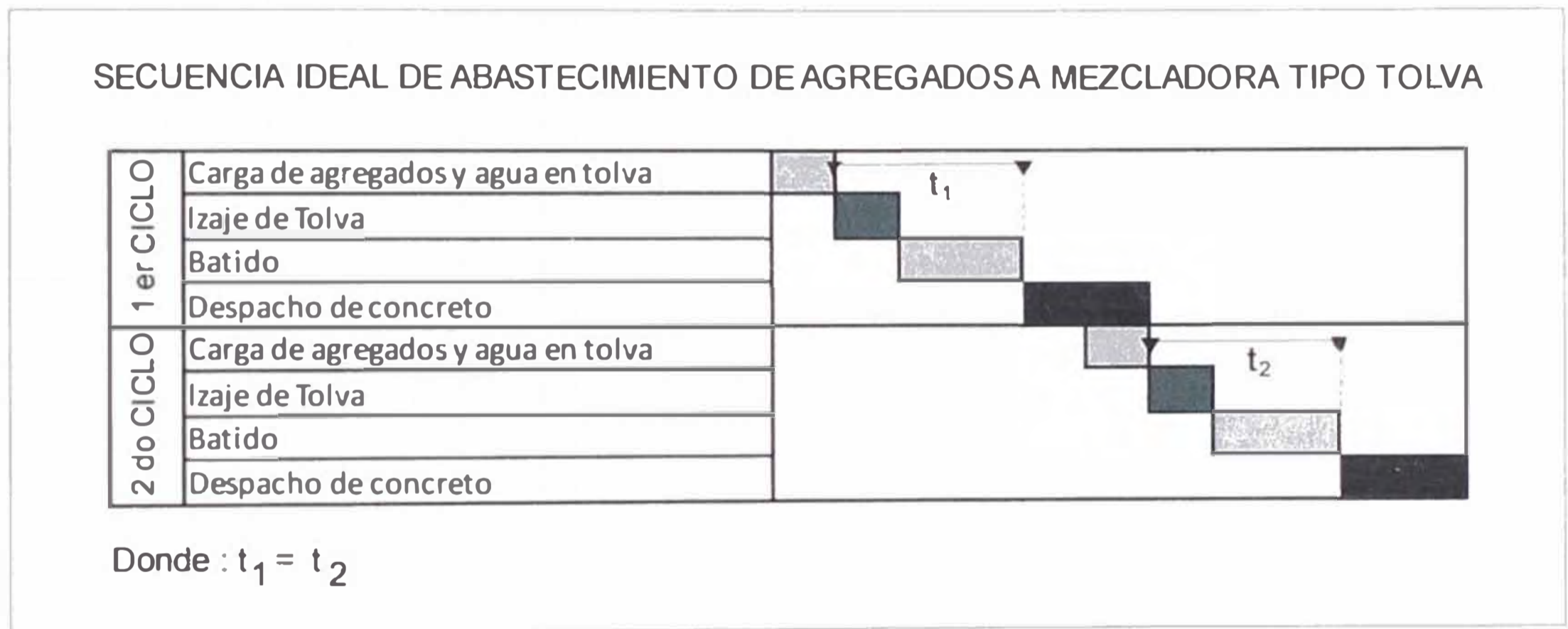


Mezcladora de eje horizontal, tipo tolva

| Volumen de Mezcladora | | Tiempos mínimos (s) | | | Producción Ideal |
|-----------------------|----------------|---------------------|-------------------------|----------|-------------------|
| pie ³ | m ³ | Izaje | Batido (Norma E-060) | Descarga | m ³ /h |
| 7 | 0.20 | 9 | 90 | 15 | 6.3 |
| 9 | 0.25 | 10 | 90 | 19 | 7.7 |
| 12 | 0.34 | 11 | 90 | 25 | 9.7 |

Cuadro 3.2: Eficiencia Ideal Mezcladoras tipo tolva

Las capacidades de las mezcladoras tipo tolva en el mercado pueden ser de 7p³, 9p³ y 12p³, y en condiciones ideales de producción se pueden obtener los volúmenes de concreto especificados en el Cuadro 3.2, siempre y cuando las mezcladoras sean abastecidas al máximo de su capacidad y que se mantengan los tiempos mínimos de batido establecidos según Norma.



Cuadro 3.3 : Secuencia ideal de abastecimiento de agregados

b) HERRAMIENTAS Y EQUIPOS DE ACARREO

Están conformadas por mecanismos que permiten trasladar el concreto internamente en obra, pudiendo ser motorizados o manuales, siempre y cuando no favorezcan la disgregación del concreto recién mezclado durante su recorrido.

Entre estos equipos tenemos al Dumper, carretilla y bugie entre otros.

c) HERRAMIENTAS DE MEDICION VOLUMETRICA

Conformadas por mecanismos y recipientes que permiten descifrar el contenido volumétrico de su interior a partir de una escala volumétrica impresa o a través de un volumen conocido (recipientes con escalas impresas o recipientes de volumen conocido), en obra es común habilitar un recipiente de madera con el cual se pueda obtener el volumen de $1p^3$, con el cual se pueden realizar marcas de referencia en un equipo de acarreo, tal como es el caso del control de agregados al momento de ser acarreados en una carretilla hacia la mezcladora.



Pie cubico de madera de 30.5cm x 30.5cm x 30.5cm., sin fondo, con el cual se dosifica en volumen los agregados en una carretilla.

d) EQUIPOS DE PESAJE

Los equipos de pesaje característicos en obra lo conforman las balanzas, que son empleadas en diversas etapas durante la elaboración de concreto en obra.

Las obras de construcción por lo general cuentan con 2 tipos de balanza, una que les permita corregir la humedad de los agregados ($\pm 1gr.$) y otra que le permita pesar tandas consecutivas de agregados ($\pm 100gr.$) que por lo general son de tipo plataforma para poder agilizar el proceso constructivo.

3.3 PARAMETROS Y NORMAS DE CONSTRUCCION

Las normas de construcción brindan las pautas necesarias a seguir para la elaboración de un concreto de calidad en obra, mencionando algunas de estas normas tenemos:

Norma E-060

(Sección 4.5) Reducción de la Resistencia Promedio

Durante el proceso de construcción de la obra, se podrá reducir el valor en el que la resistencia promedio excede a la resistencia de diseño siempre que:

- a.) Se disponga durante el proceso constructivo de 30 o más resultados de ensayos de probetas curadas bajo condiciones de laboratorio y el promedio de estos exceda a la resistencia promedio seleccionada de acuerdo a lo indicado en la 4.3.2a.*
- b.) Se disponga durante el proceso constructivo de los resultados de 15 a 29 ensayos de probetas curadas bajo condiciones de laboratorio y el promedio de estos exceda a la resistencia promedio seleccionada de acuerdo a lo indicado en la sección 4.3.2b.*
- c.) Se cumplan los requisitos indicados en la sección 4.4.*

(Sección 5.3) Mezclado

5.3.1 Cada tanda debe ser cargada en la mezcladora de manera tal que el agua comience a ingresar antes que el cemento y los agregados. El agua continuará fluyendo por un período, el cual puede prolongarse hasta finalizar la primera cuarta parte del tiempo de mezclado especificado.

5.3.2 El material de una tanda no deberá comenzar a ingresar a la mezcladora antes de que la totalidad de la anterior haya sido descargada.

5.3.3 *El concreto deberá ser mezclado en una mezcladora capaz de lograr una combinación total de los materiales, formando una masa uniforme dentro del tiempo especificado y descargando el concreto sin segregación.*

5.3.4 *En el proceso de mezclado se deberá cumplir lo siguiente:*

- a) *El equipo de mezclado deberá ser aprobado por el Inspector.*
- b) *La mezcladora deberá ser operada a la capacidad y al número de 35 revoluciones por minuto recomendados por el fabricante.*
- c) *La tanda no deberá ser descargada hasta que el tiempo de mezclado se haya cumplido. Este tiempo no será menor de 90 segundos después del momento en que todos los materiales estén en el tambor.*

5.3.5 *En la incorporación de aditivos a la mezcladora se tendrá en consideración lo siguiente:*

- a) *Los aditivos químicos deberán ser incorporados a la mezcladora en forma de solución empleando, de preferencia, equipo dispersante mecánico. La solución deberá ser considerada como parte del agua de mezclado.*
- b) *Los aditivos minerales podrán ser pesados o medidos por volumen, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.*
- c) *Si se van a emplear dos o más aditivos en el concreto, ellos deberán ser incorporados separadamente a fin de evitar reacciones químicas que puedan afectar la eficiencia de cada uno de ellos o las propiedades del concreto.*

5.3.6 *El concreto deberá ser mezclado en cantidades adecuadas para su empleo inmediato. El concreto cuyo fraguado ya se ha iniciado en la mezcladora no deberá ser remezclado ni utilizado. Por ningún motivo deberá agregarse agua adicional a la mezcla.*

5.3.7 *El concreto premezclado deberá ser dosificado, mezclado, transportado, entregado y controlado de acuerdo a la Norma ASTM C94. No se podrá emplear concreto que tenga más de 1 1/2 horas mezclándose desde el momento en que los materiales comenzaron a ingresar al tambor mezclador.*

ASTM C94 Especificación Estándar para Concreto Premezclado

(Sección 8) Medición de Materiales

8.1 *Salvo otro método específicamente permitido, el cemento se medirá en masa con una precisión del 1%.*

8.2 *El agregado será medido en masa con una precisión individual del 2% .*

8.3 *El agua de mezclado será medido en peso o volumen con una precisión del 1% del total de agua requerido.*

8.4 *Aditivos líquidos serán agrupados en masa o volumen, con una precisión del 3%.*

(Sección 11) Mezclado

11.3.1 *Cuando no se hayan efectuado pruebas de rendimiento de la mezcladora, el tiempo aceptable de batido no será menor a 1min. para mezcladoras de hasta 0.76m³.*

ASTM C685 Especificación Estándar para Concreto elaborado en volumen y batido continuo

(Sección 7) Medición de Materiales

7.1 *.....” si la dosificación es efectuada en volumen, los dispositivos tales como contadores, calibradores de abertura de compuertas, o medidores de flujo deben estar disponibles para controlar y determinar las cantidades de los ingredientes descargados. En la operación, la medición de todo mecanismo dispensador debe producir las proporciones específicas de cada ingrediente”...*

- 7.2 *Todos los dispositivos indicadores que influyen en la exactitud de la dosificación y mezcla de concreto deberán estar a la vista y lo suficientemente cerca para ser leído por el operador mientras que el concreto se esté produciendo. El operador deberá tener fácil acceso a todos los controles.*
- 7.3 *...“El dispositivo para la medición de la adición de agua deberá ser capaz de entregar para el lote de la cantidad requerida dentro de la precisión de $\pm 1\%$; El dispositivo estará dispuesto de modo que las mediciones no se vean afectadas por las variaciones de presión en la línea de suministro de agua”...*
- 7.8 *Las tolerancias de dosificación de los ingredientes son como siguen:*

% Masa de Cemento 0 a +4

%Masa de Agregado Fino -+2

%Masa Agregado Grueso +-2

%Masa o Volumen de Aditivos +-3

%Masa o Volumen de Agua +-1

Las tolerancias se basan en una relación de Volumen/Masa, establecido por la calibración de los equipos de medición proporcionados como una parte integral de todo equipo.

3.4 DOSIFICACION DE CONCRETO EN OBRA

La dosificación de concreto en obra se rige por un diseño de mezcla patrón, y la consideración más importante al momento de iniciar la dosificación de los agregados es la de realizar el ensayo de corrección por humedad, a fin de reducir la cantidad de agua y aumentar en forma compensada los agregados, en zonas lluviosas es necesario realizar ajustes frecuentes.

Un incremento del uno por ciento en el contenido de humedad de la arena, si no se compensa, aumentará el revenimiento hasta cuatro centímetros y disminuirá la resistencia a la compresión en unos 20 kg/cm².

Luego de contar con un diseño de mezcla patrón, se deberá de emplear un método de abastecimiento continuo y uniforme de los componentes que

intervienen en la elaboración de concreto, pudiendo ser dosificaciones en volumen o en peso.

Dosificación en Volumen

Consiste en la preparación de tandas de materiales en volumen mediante el empleo de recipientes previamente graduados o acondicionados con marcas respectivas, con la finalidad de realizar empeines o enrasas a una altura determinada del recipiente en cuestión.

- Este método es el más empleado en la mayoría de obras de construcción, en vista de que se amolda a la disponibilidad de algún recipiente para hacer la equivalencia en volumen a partir del diseño de mezcla patrón, en este caso los recipientes empleados serán de preferencia de baja área de sección y de gran altura a fin de minimizar los errores cometidos en el enrase.

Dosificación en Peso

Consiste en la preparación de tandas de materiales en peso, mediante el pesado previo de cada componente que interviene en la elaboración de concreto.

- Este método es el que brinda mejores resultados en la elaboración de concreto en vista de que se reduce considerablemente la desviación estándar obtenida en la rotura de probetas, obteniendo un concreto homogéneo.

3.5 EXPERIENCIAS DE OBRA

Con el fin de comprobar la aplicación de las normas existentes en construcción, en cuanto a la elaboración de concreto en obra, se realizan inspecciones a diferentes obras en las cuales se pueda verificar el empleo apropiado de aditivos líquidos y el abastecimiento de agregados a las mezcladoras de concreto.

Cada proceso observado será desglosado siguiendo las pautas establecidas por la O.I.T. con el fin de detectar esperas y procesos repetitivos que resten productividad al ciclo de producción.

Los procesos observados son:

Empleo de Aditivos líquidos para concreto en obra.

Abastecimiento de agua para mezcladora de concreto tipo tolva

Abastecimiento de agregados a mezcladora de concreto tipo tolva

3.5.1 EMPLEO DE ADITIVOS LÍQUIDOS PARA CONCRETO

La obra observada se desarrollo en el distrito de Chincha de la provincia de Ica, en donde se empleo aditivo líquido incorporador de aire Sika Aer que era dosificado y suministrado manualmente.

A.1 DISEÑO DE MEZCLA

El diseño de mezcla empleado estuvo elaborado por durabilidad debido a la agresividad del terreno que contaba con alta presencia de sales, siendo el mismo:

| Diseño de Mezcla a/c = 0.45 para 1m ³ de concreto | |
|--|---------|
| Arena Fina | 743 kg |
| Gravilla < 1/2" a 3/16" | 336 kg |
| Grava < 1" a 1/2" | 784 kg |
| Cemento | 348 kg |
| Agua | 155 lt |
| Sikament 290N .. 1% | 3.5 kg |
| Sika Aer .. 0.01% | 34.8 gr |

En el diseño de mezcla se puede apreciar el empleo de 34.8 gr. de aditivo incorporador de aire para un metro cubico de concreto.

El batido se realizaba en mixers con capacidad de 6m³ de concreto, por tanto el peso requerido de aditivo incorporador de aire para 6m³ de concreto era de:

$$6 \times 34.8\text{gr.} = 208.8 \text{ gr.}$$

La densidad del Sika Aer según el Cuadro 2.1 de Análisis de Aditivos Comerciales es de 1.02 kg/lit., por tanto el volumen requerido era de:

$$208.8 \text{ gr.} \times \frac{1 \text{ lt.}}{1.02 \text{ kg.}} \times \frac{1000 \text{ ml.}}{1 \text{ lt.}} = 204.7 \text{ ml}$$

A.2 SECUENCIA PARA LA DOSIFICACION DE ADITIVO

La secuencia empleada para la dosificación manual de aditivos se desarrolla empleando los siguientes materiales y procedimientos:

MATERIALES:

- Aditivo liquido Sika Aer
- 1 recipiente de 2 litros de capacidad (R1)
- 1 recipiente de 0.5 litros de capacidad (R2)
- 1 probeta graduada de 0.5 litros de capacidad
- 1 cubeta para traslado (R3)

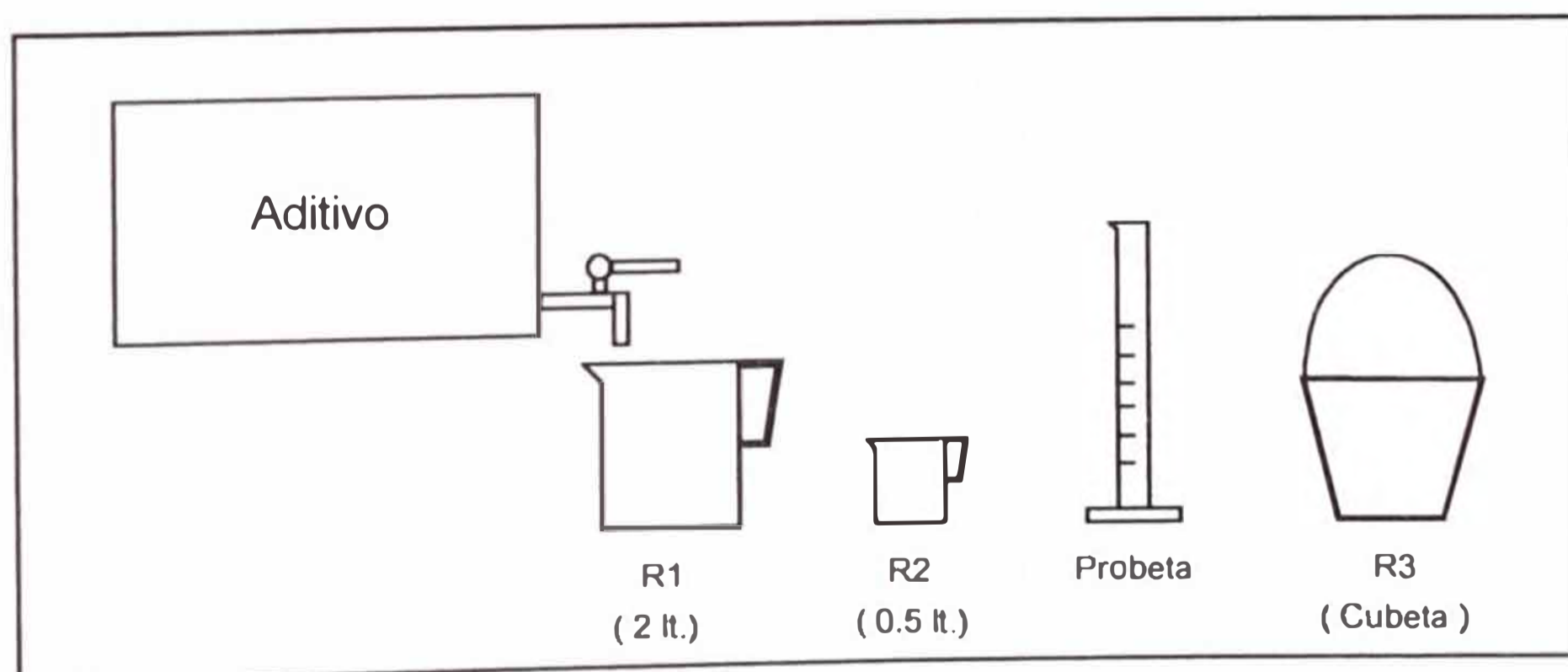


Figura 3.1: Esquema de recipientes

PROCEDIMIENTO:

El procedimiento empleado para la dosificación de aditivo líquido fue el siguiente:

Se recoge una cantidad de 1.5 litros en el recipiente de 2 litros (R1), a partir del cilindro de aditivos.

En un recipiente de 0.5 lt. de capacidad (R2), se recoge una cantidad aproximada de 400ml a partir del recipiente R1.

En la probeta graduada se dosifica un volumen de 205 ml. de aditivo a partir del recipiente R2.

El volumen graduado es depositado en la cubeta para ser trasladado al mixer.

A.3 DIAGRAMA DE RECORRIDO

Según el Método de Estudio del Trabajo, se procede a efectuar el diagrama de recorrido efectuado por el asistente de laboratorio que se encarga de la dosificación y surtido de aditivo líquido.

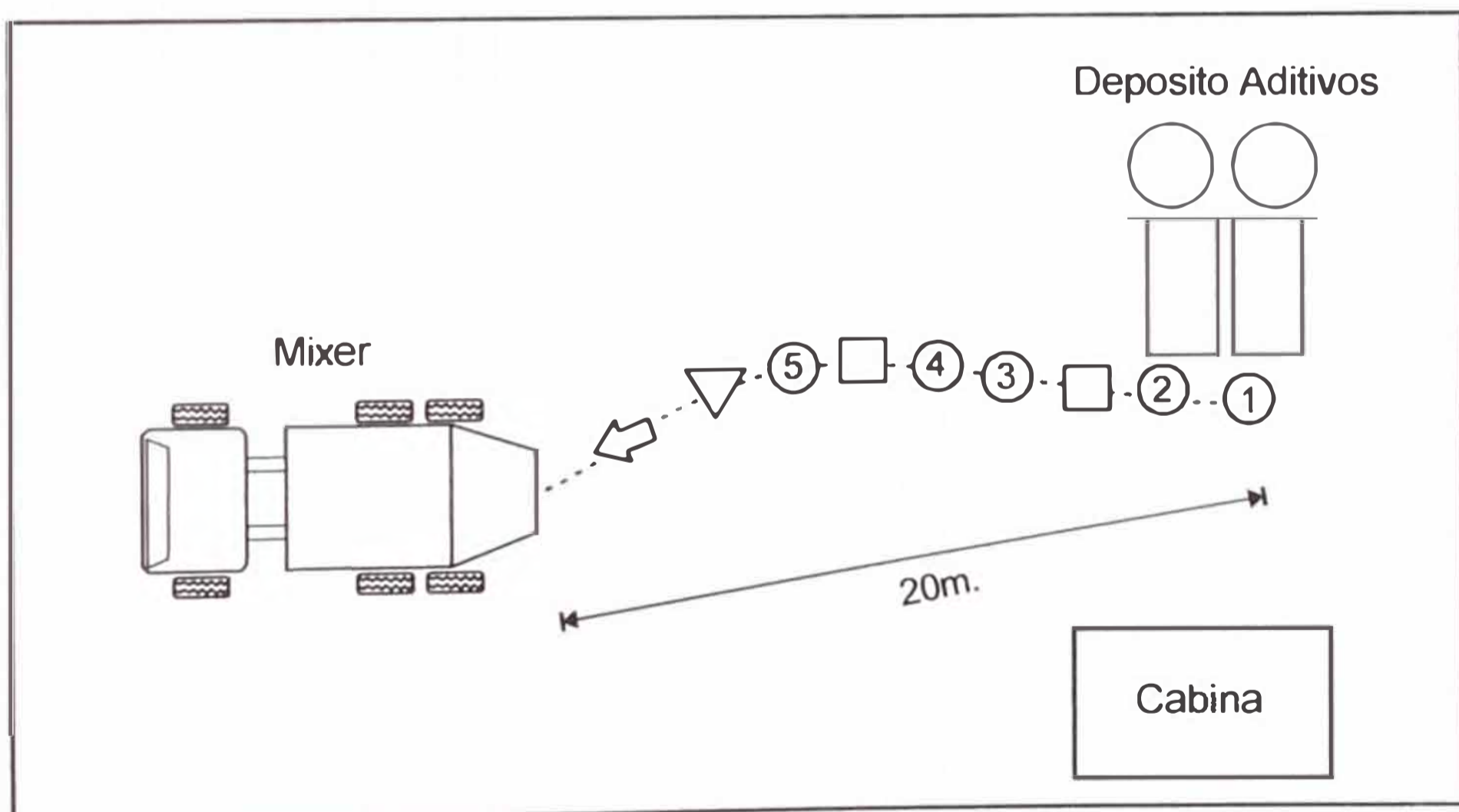
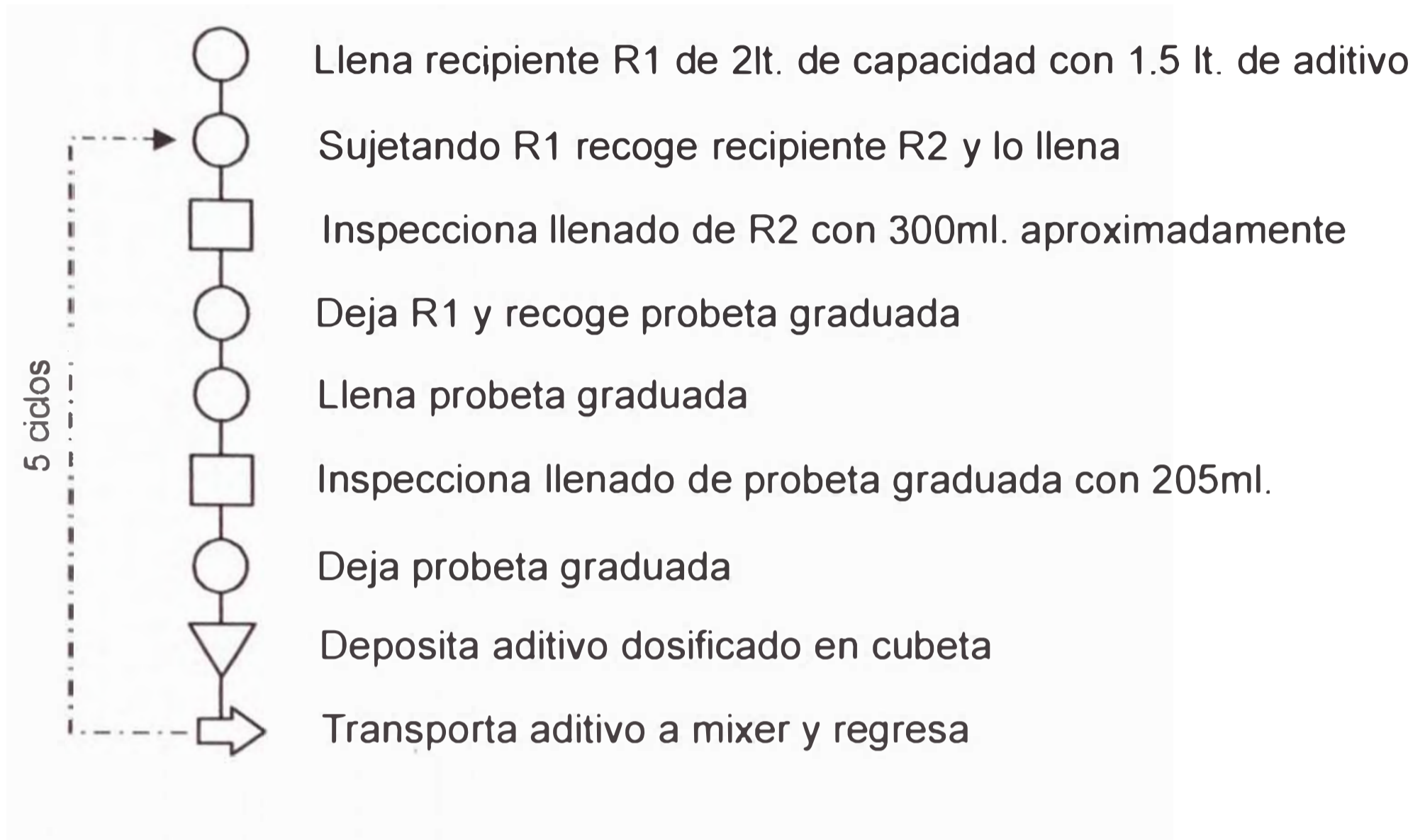


Figura 3.2: Diagrama de recorrido - Dosificación y Surtido de aditivo líquido

El recipiente R1 es de una capacidad de 2lt., pero sólo es llenado hasta un volumen menor de 1.5lt. a fin de no generar pérdidas por derrames, por ello de este recipiente se puede obtener en promedio unas 6 tandas de aditivo dosificado antes de ser llenado nuevamente.

A.4 DIAGRAMA DE PROCESOS

PROCESO DE DOSIFICACIÓN MANUAL DE ADITIVO LÍQUIDO SIKA AER



A.5 CUADRO RESUMEN

CUADRO RESUMEN DE PROCESO EN DOSIFICACIÓN MANUAL DE ADITIVO LIQUIDO SIKA AER

| | RESUMEN | |
|---------------------------|---------|-----------|
| | 1 Ciclo | |
| Numero de Operaciones | 5 | |
| Numero de Inspecciones | 2 | |
| Numero de Almacenamientos | 1 | |
| Transportes | Nº | Distancia |
| | 2 | 40 m. |

COMENTARIOS

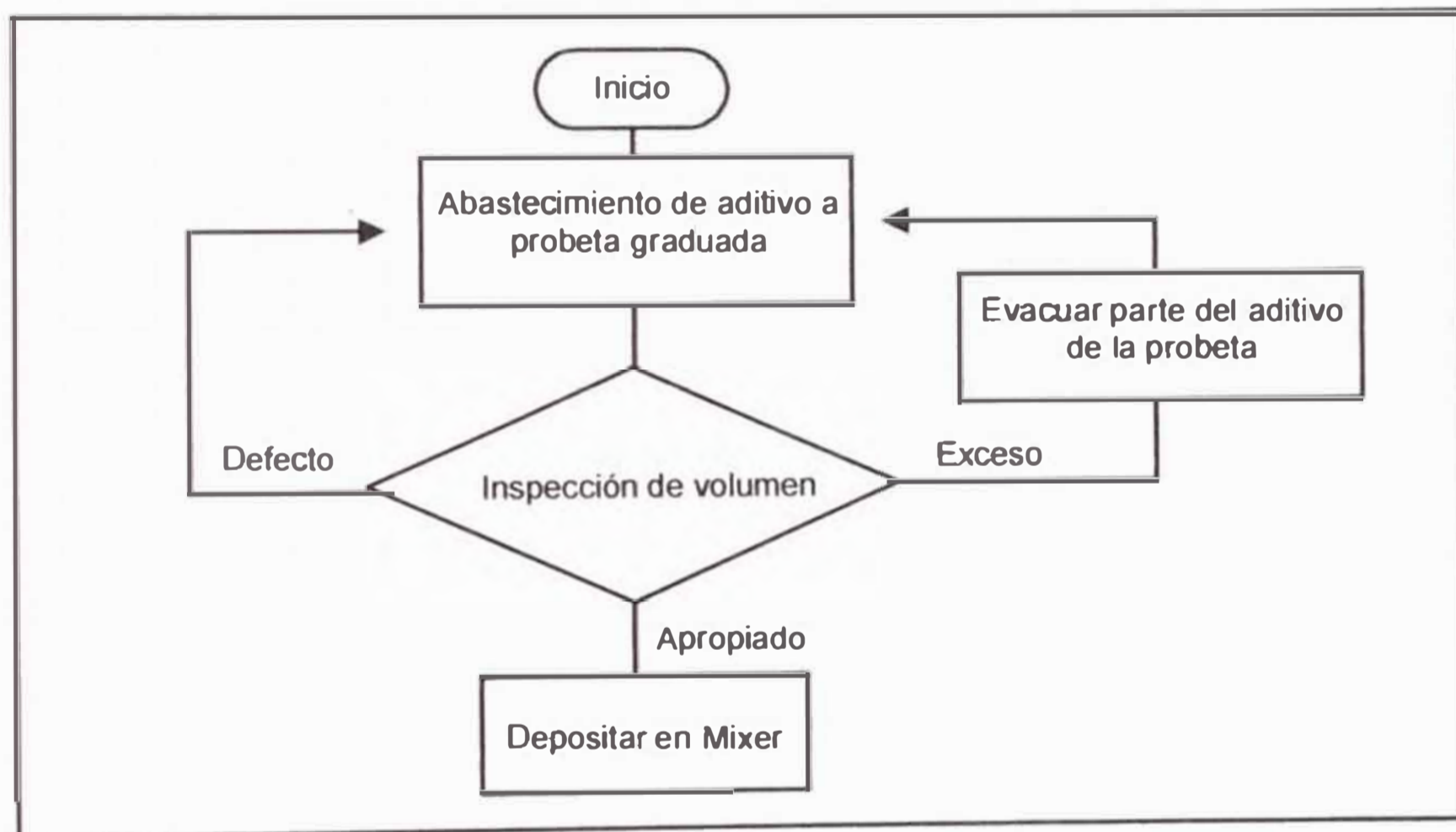
Se aprecia el empleo de más de un recipiente para dosificar el aditivo líquido.

El aditivo no puede ser vertido directamente del recipiente R1 a la probeta graduada, debido a que el peso del recipiente y el pulso del operario exceden muchas veces la obtención del volumen requerido.

El vertido de aditivo líquido en la probeta graduada a partir del recipiente R2 es lento a fin de no exceder el volumen.

La postura inclinada del operario al momento de abastecer aditivo en el recipiente R1 es incómoda.

Existen oportunidades en que el operario se excede del volumen requerido en la probeta graduada y tiene que repetir el proceso de dosificación, ejecutando más de una operación en el mismo proceso.



A.6 FOTOGRAFIAS



Fotografía: Ayudante de laboratorio empleando recipientes y probeta graduada para dosificado manual de aditivo liquido Sika Aer.



Fotografía: recipientes empleados en proceso de dosificación (R1: Recipiente de 2 lt., R2: Recipiente de 0.5lt, Probeta Graduada)

3.5.2 ABASTECIMIENTO DE AGUA A MEZCLADORA TIPO TOLVA

Por ser un elemento determinante en la fluidez y resistencia del concreto, el agua es el componente del diseño de mezcla que debe de controlarse con mayor énfasis, dado que al alterar significativamente las cantidades de agua del diseño, se puede reducir considerablemente la resistencia del concreto y por tanto obtener una estructura no homogénea en sus propiedades físicas.

Las metodologías empleadas actualmente para la dosificación manual de agua pueden resumirse en:

A Método Graduado

B Método al Tanteo

A. METODO GRADUADO

Este método es utilizado cuando se cuenta con un diseño de mezcla de laboratorio y requiere del empleo de recipientes graduados o envases con marcas de referencia, los cuales permiten obtener un mayor control del agua que ingresa a la mezcladora, asimismo este método facilita el empleo de aditivos líquidos al tener por separado el total de agua requerida en cada tanda de agregados.

Observaciones

El método graduado requiere que los agregados sean debidamente dosificados, a fin de no alterar el volumen de agua, por ello este método no es apropiado para ciclos de producción con tiempos reducidos por generar tiempos adicionales en esperas para poder graduar adecuadamente el conjunto de materiales.

B. METODO AL TANTEO

Es un método que está sujeto a la experiencia del operador de la mezcladora que no cuenta necesariamente con un diseño de mezcla de laboratorio, empleando para ello cualquier recipiente disponible.

La adición de agua al tanteo permite agilizar los ciclos de producción con limitaciones de obtener concretos de baja a mediana resistencia con dispersiones muy altas.

Observaciones

Es empleado en ciclos de producción con tiempos reducidos.
Requiere de la continuidad de una cuadrilla especializada para reducir la variación de volúmenes de agua en el abastecimiento.

En ciertos intervalos de producción se ha podido observar la obtención de un concreto homogéneo empleando el método al tanteo, por tanto se analizará este método con el fin de introducir mejoras que contribuyan a reducir los tiempos contributorios empleados en la adición de agua al tanteo.

B.1 SECUENCIA PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA

En la obra observada se estuvo elaborando mortero para solado con una mezcladora tipo Tolva, con un diseño de mezcla estimado en $f'c=100\text{kg/cm}^2$, donde el agua era vertida al tanteo por el operador de la mezcladora en más de una operación, realizando para ello inspecciones seguidas para el control de agua durante el proceso de amasado.

El personal que apoyaba las labores de elaboración de mortero, solo se limitó a abastecer de arena gruesa y cemento a la tolva para cada ciclo de producción, por tanto el maquinista era el único encargado de operar la mezcladora y de abastecer de agua a la misma, empleando para ello los materiales y secuencia descrita a continuación.

MATERIALES:

Agua potable apta para elaboración de concreto
Cilindros metálicos de 200 lt. de capacidad
Manguera para abastecimiento continuo de agua

Balde o lata de 20 lt. de capacidad.

PROCEDIMIENTO:

Con el balde de 20 litros se abastece de un volumen inicial de agua a la mezcladora (aproximadamente 15 litros).

Se acciona el mecanismo de izaje de la mezcladora para verter el contenido de cemento y arena depositado en la tolva.

Se abastece el saldo del volumen de agua realizando inspecciones hasta obtener una mezcla homogénea y trabajable.

Se espera el batido de la mezcla

Se surte el concreto al equipo o recipiente de acarreo.

B.2 DIAGRAMA DE RECORRIDO

Se grafica el croquis de la ubicación de los elementos que intervienen en la dosificación de agua al tanteo, describiendo la secuencia observada.

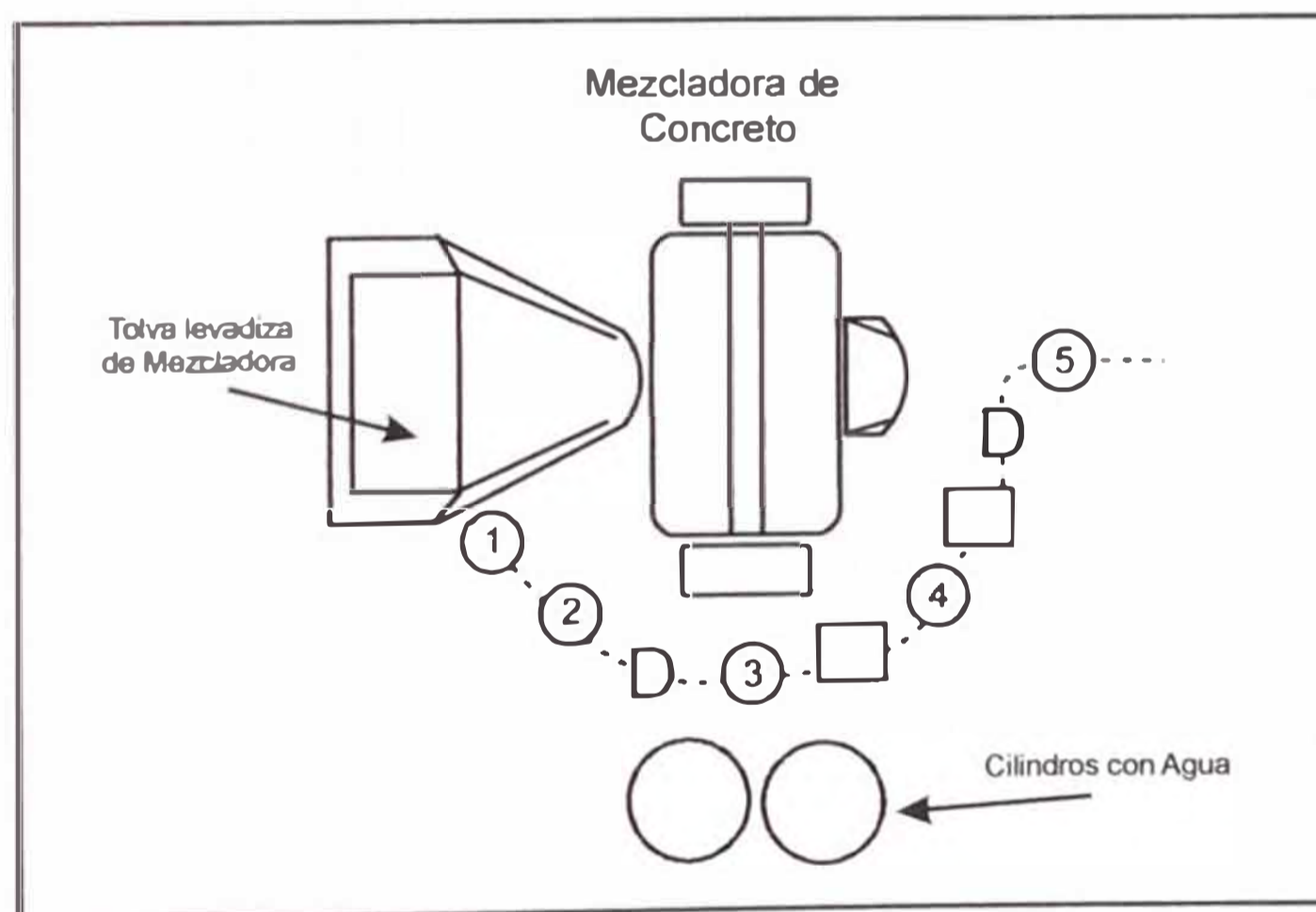


Figura 3.3: Diagrama de Recorrido abastecimiento de agua al tanteo

Se aprecia que el operario no ejecuta traslado alguno al estar ubicado en una única posición le permite recoger y abastecer de agua a la mezcladora sin trasladarse.

B.3 DIAGRAMA DE PROCESOS

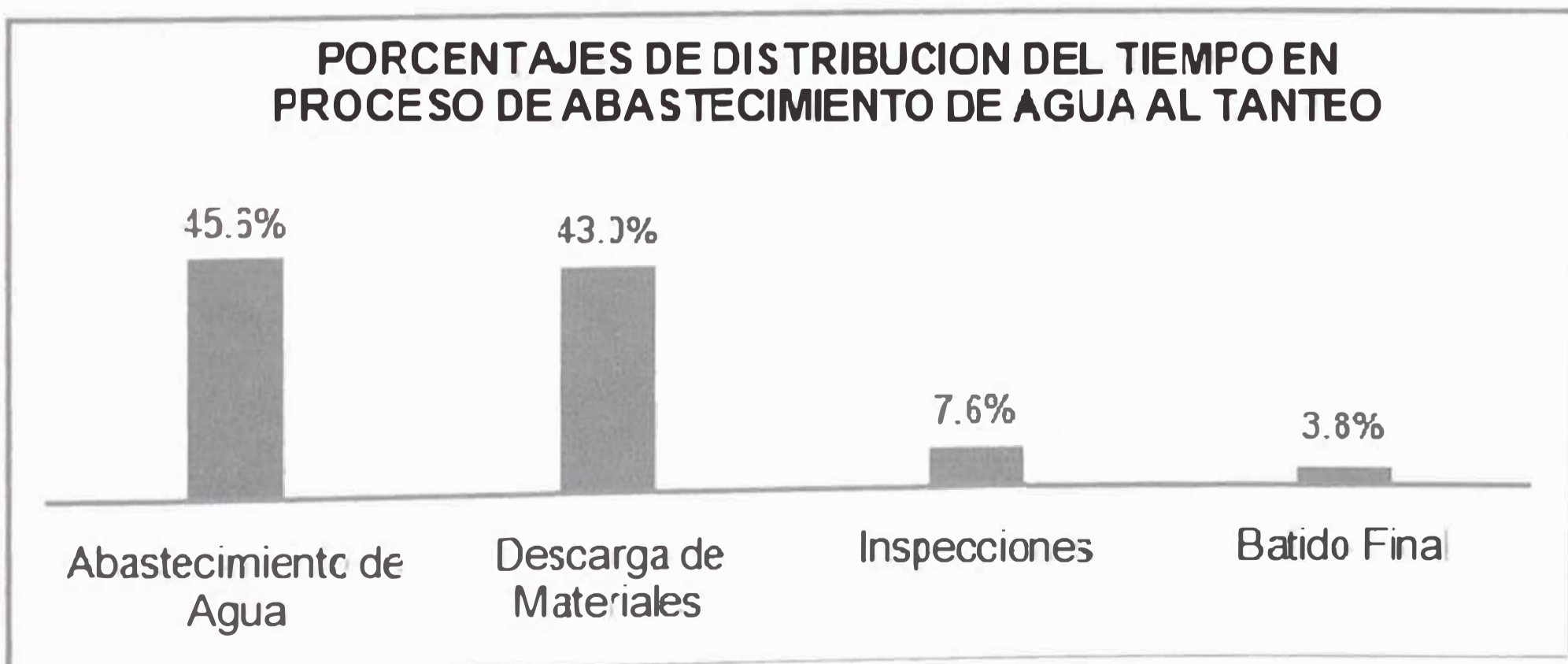
PROCESO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA AL TANTEO

| | (% Tiempo Empleado) |
|---|---------------------|
| ○ Abastece de agua a la mezcladora con el balde | (27.8%) |
| ○ Acciona izaje de tolva de mezcladora | (17.7%) |
| D Espera descarga de agregados y regreso de tolva | (25.3%) |
| ○ Abastece de agua a la mezcladora | (11.4%) |
| □ Inspecciona amasado en mezcladora | (5.1%) |
| ○ Abastece saldo final de agua a la mezcladora | (6.3%) |
| □ Inspecciona amasado en mezcladora | (2.5%) |
| D Espera batido de mezcla | (3.8%) |
| ○ Despacha el concreto de la mezcladora | |

B.4 CUADRO RESUMEN

Se hace un recuento de las actividades durante el proceso de abastecimiento de agua al tanteo a una mezcladora de concreto para la elaboración de mortero;

| RESUMEN | |
|------------------------|---|
| 1 Ciclo | |
| Numero de Operaciones | 5 |
| Numero de Inspecciones | 2 |
| Numero de Esperas | 2 |



Cuadro 3.4: Porcentajes de tiempo en abastecimiento de agua

COMENTARIOS

Según lo observado en campo se pueden llegar a mencionar ciertos factores que contribuyen a la improductividad en el abastecimiento de agua para mezcladoras tipo tolva, siendo los mismos:

El abastecimiento de agua se realiza en más de una operación, debido en parte a que toda el agua requerida no puede ser izada en una sola operación por un trabajador promedio.

La alteración de las proporciones de los agregados contribuye a que el agua tenga que ser adicionada al tanteo.

Las posturas inapropiadas al izar el agua manualmente, generan agotamiento físico en el operador en el transcurso de los ciclos, lo cual incrementa el número de inspecciones realizadas.

El abastecimiento de agua al tambor se realiza por una cavidad no apropiada que está en movimiento, lo que puede ocasionar accidentes en las manos del operario.

Existe cierto desperdicio de agua debido a que el abastecimiento de agua se realiza por una cavidad en movimiento, lo cual no permite el acercamiento de recipientes.

El encargado de abastecer el agua es generalmente el maquinista operador de la mezcladora, el cual no suele recibir apoyo por parte de un tercero para no alterar las proporciones.

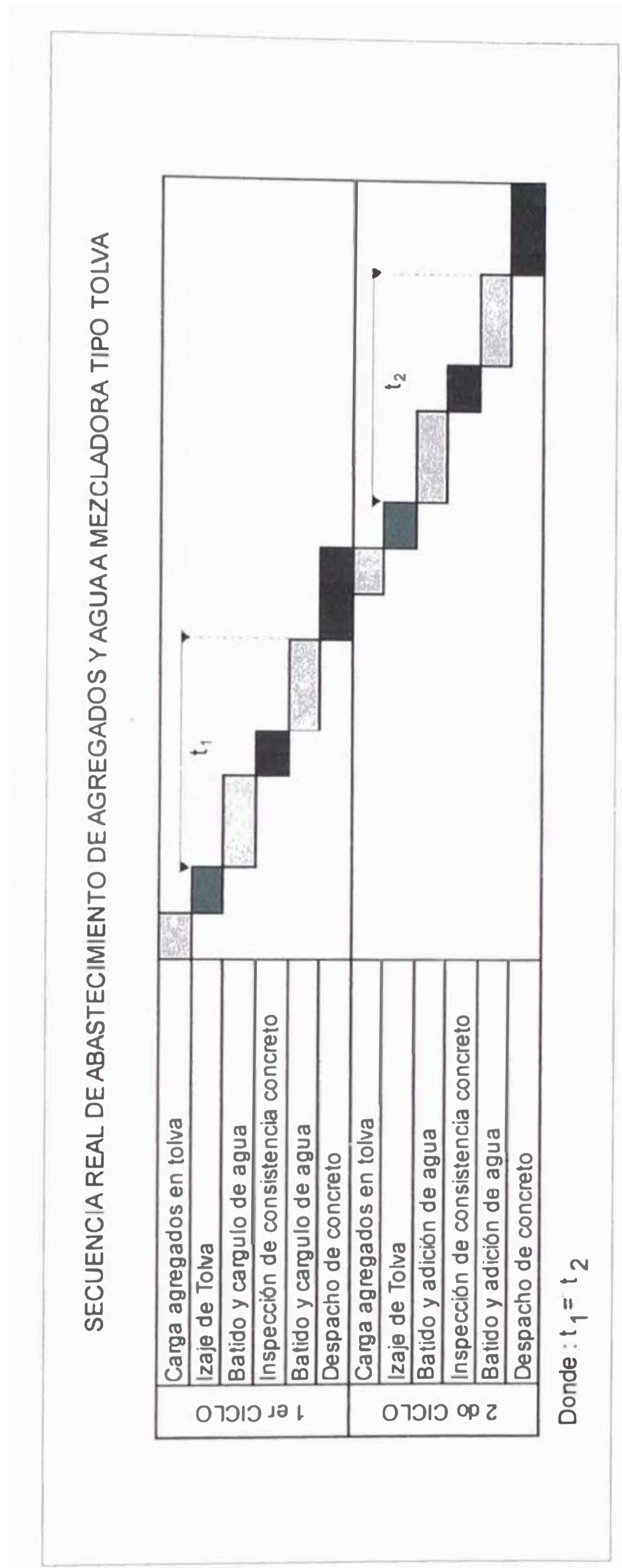
El abastecimiento de agua al tanteo ocupa un 45.6% del tiempo total empleado durante el proceso de elaboración de mortero, resultando un porcentaje muy alto en comparación al 3.8% del tiempo invertido en batir la mezcla, por tanto no se llega a cumplir los tiempos mínimos de batido establecidos por Norma.

Los agregados demasiado húmedos alteran la cantidad de agua durante los ciclos de producción.

No se mantiene la especificación de la Norma en cuanto a mantener variaciones de 1% en el volumen de agua (ASTM C94).

Se observan salpicaduras de pasta de cemento debido a la metodología de abastecer primero de agua a la mezcladora y luego descargar la totalidad de agregados con el cemento.

Cuadro 3.5 : Secuencia real de abastecimiento de agregados y agua a mezcladora tipo tolva



B.5 FOTOGRAFIAS

Abastecimiento de Agua - Método al Tanteo



Fotografía: Ubicación de operario maquinista de mezcladora junto a cilindros con agua



Fotografía: Operario Maquinista abasteciendo de agua por chute de evacuación de la mezcladora



Fotografía: Operario Maquinista abasteciendo de agua por cavidad de ingreso de los agregados a la mezcladora



Fotografía: Desperdicio de agua con cemento de la mezcladora durante el proceso de batido.

3.5.3 ABASTECIMIENTO DE AGREGADOS A MEZCLADORA TIPO TOLVA

El abastecimiento de agregados a una mezcladora tipo tolva se realiza a través de las herramientas de acarreo, con la finalidad de realizar un mayor control que el producido al lanzar directamente los agregados a la tolva de la mezcladora.

Dependiendo de los recursos disponibles y las exigencias propias de cada proyecto, es posible implementar uno de los dos métodos siguientes para el abastecimiento y control de las dosificaciones de los agregados en obra:

A. Abastecimiento de agregados en Peso

B. Abastecimiento de agregados en Volumen

A. ABASTECIMIENTO DE AGREGADOS EN PESO

Es un método de abastecimiento que se caracteriza por pesar consecutivamente los agregados requeridos en cada tanda de amasado a una mezcladora, manteniendo en todo momento las proporciones definidas en peso de un diseño de mezcla patrón.

La dosificación en peso brinda ciertos beneficios que se ven reflejados en la obtención de un concreto homogéneo en sus propiedades físicas, demostrado en una desviación estándar baja, siempre y cuando el agua sea también controlada durante el proceso de abastecimiento a las mezcladoras.

El método de dosificación en peso requiere de ciertos equipos de precisión como una balanza debidamente calibrada, incrementando así el número de inspecciones y controles requeridos en cada ciclo de abastecimiento, por lo cual este método es recomendable para ciclos de producción con holguras considerables de tiempo.

A.1 SECUENCIA PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGREGADOS EN PESO

Una metodología que describe un proceso eficiente de dosificación de agregados en peso, se basa en la implementación en obra de una balanza con plataforma, a la cual se ha colocado una rampa de ingreso y salida con la finalidad de que el operario pueda transitar con su carretilla a través de la misma y así controlar el peso en un menor tiempo, según se describe a continuación;

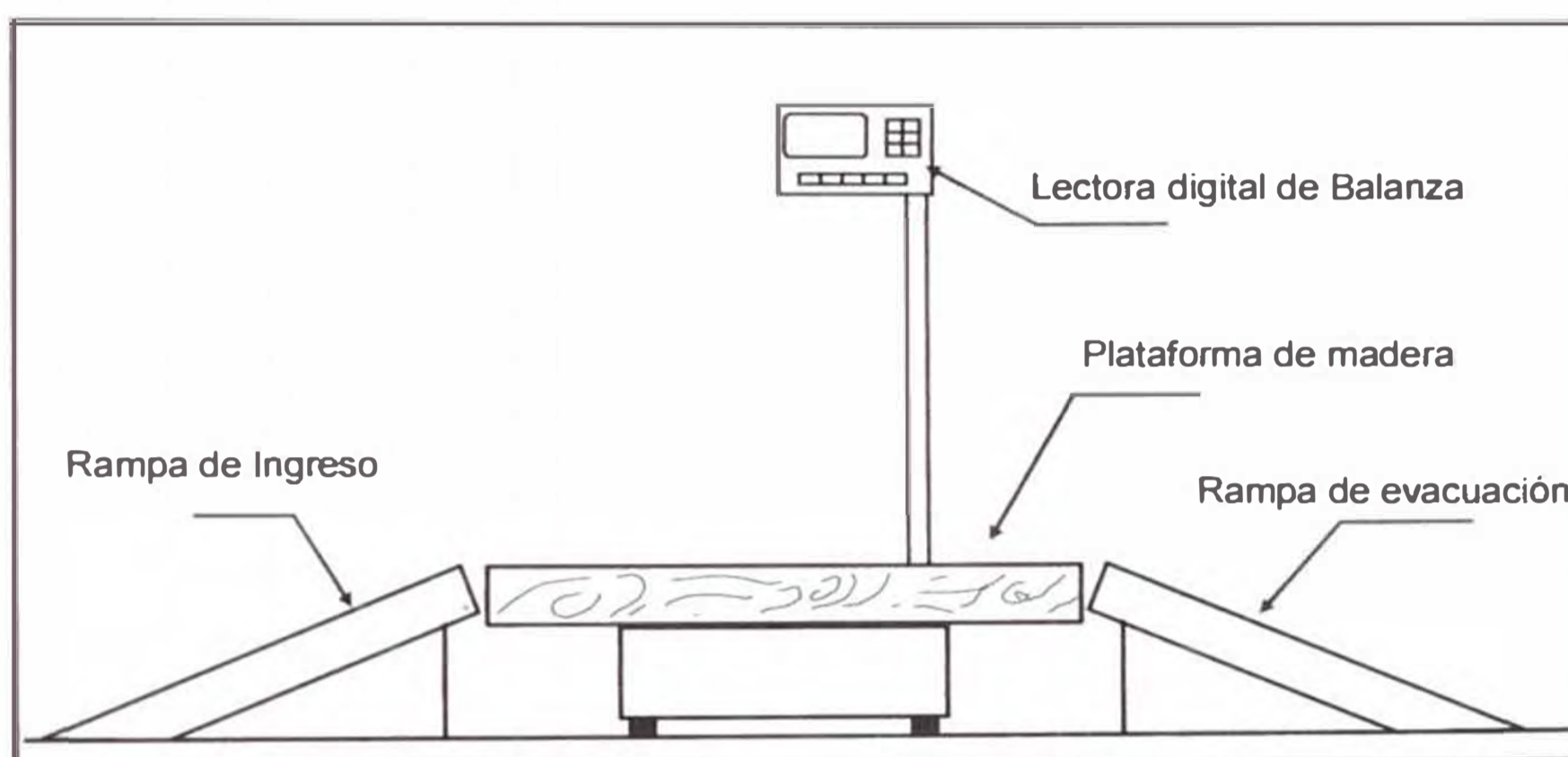


Figura 3.4: Balanza con plataforma de tránsito

Una vez instalada la plataforma y rampas descritas en la Figura 3.4, el operario podrá transitar y realizar los controles de volumen descritos a continuación;

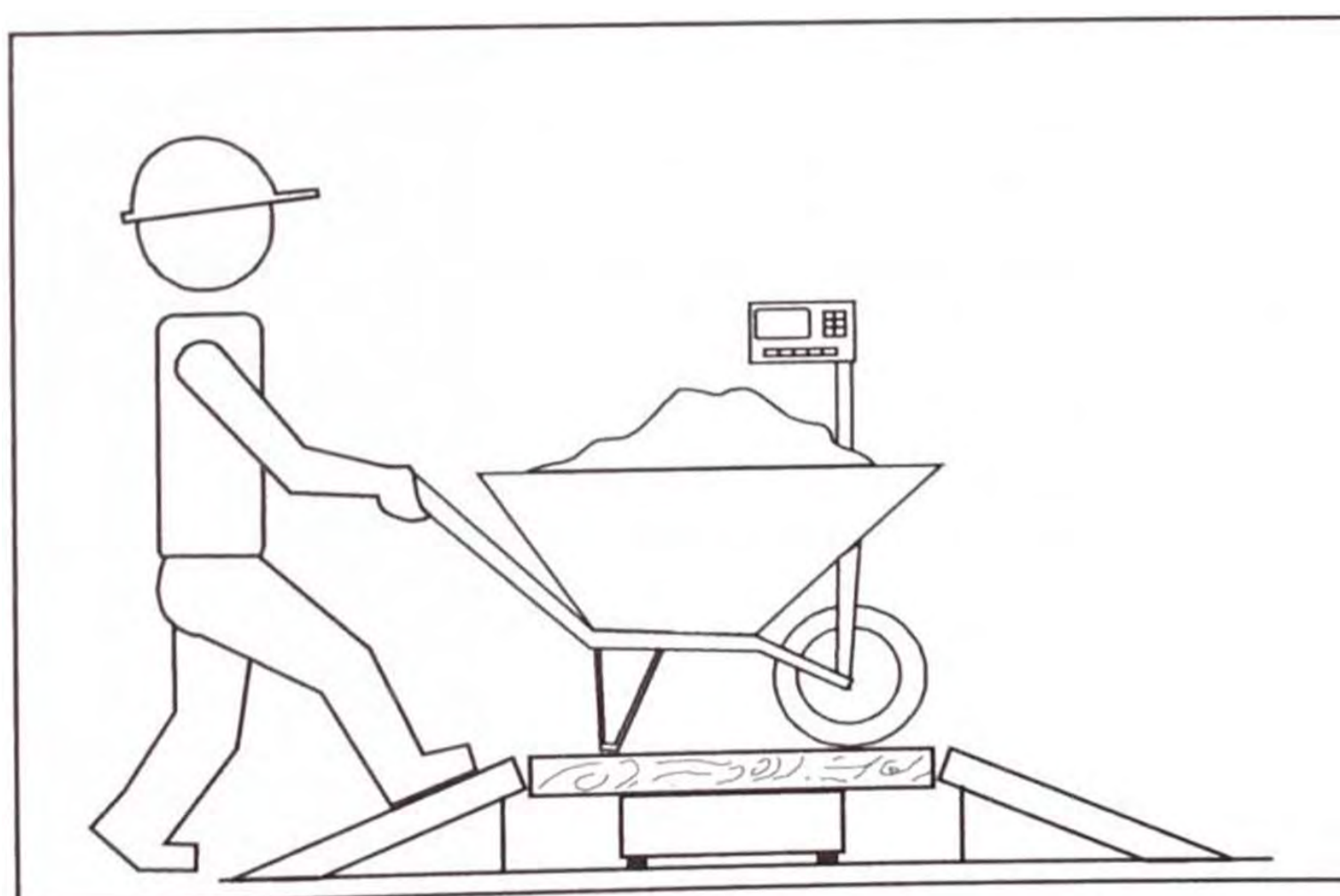


Figura 3.5: Operario ingresando con carretilla cargada a plataforma de balanza

En la Figura 3.5, el operario pesa en conjunto los agregados con la carretilla, teniendo como referencia el peso de la carretilla vacía para hacer el descuento al conjunto.

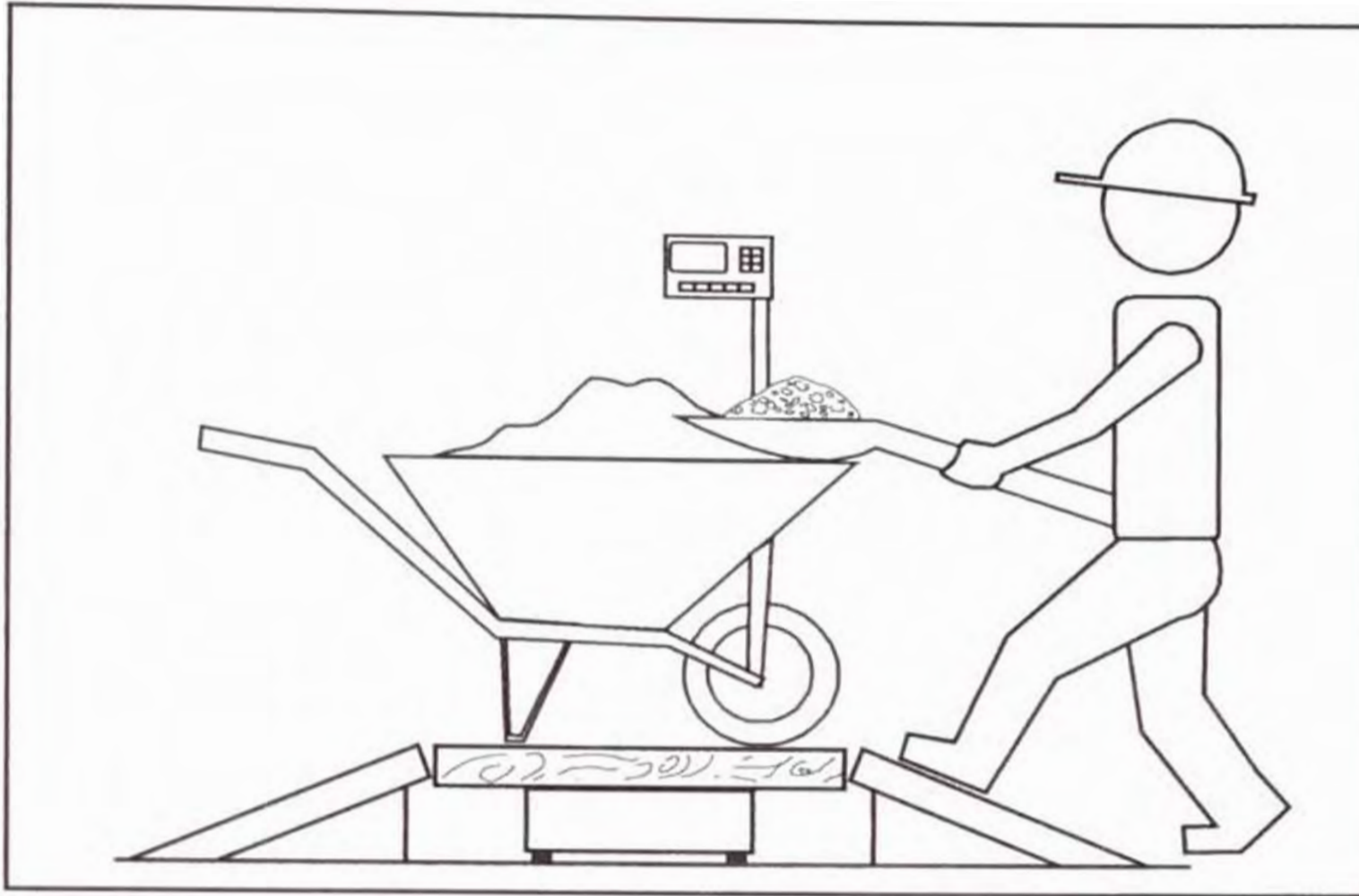


Figura 3.6: Operario controlando el peso manualmente

En la Figura 3.6 se aprecia que el control del peso es realizado manualmente, lo que demanda un mayor tiempo de espera hasta poder ajustar el peso requerido.

A.2 DIAGRAMA DE RECORRIDO

Graficamos la ubicación de los elementos que intervienen durante el proceso de abastecimiento de agregados en peso,

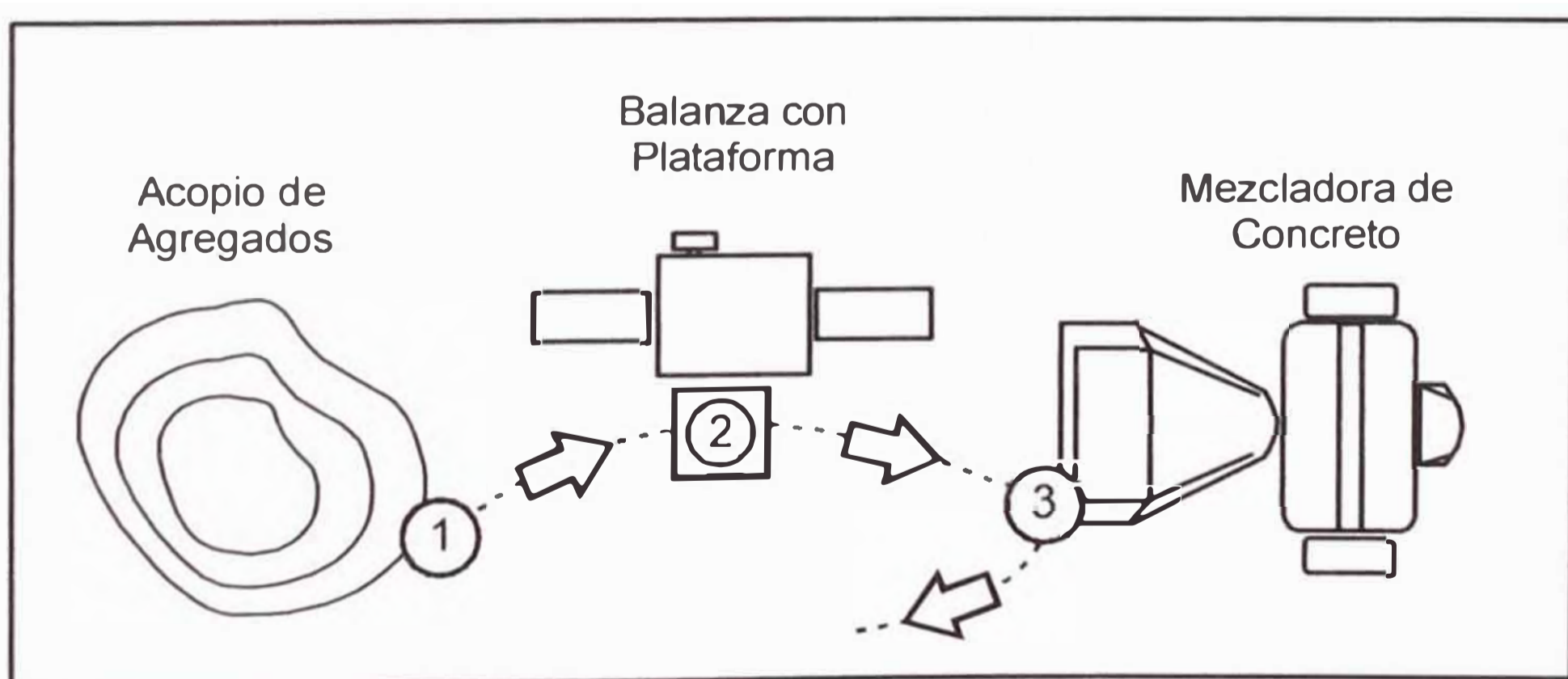
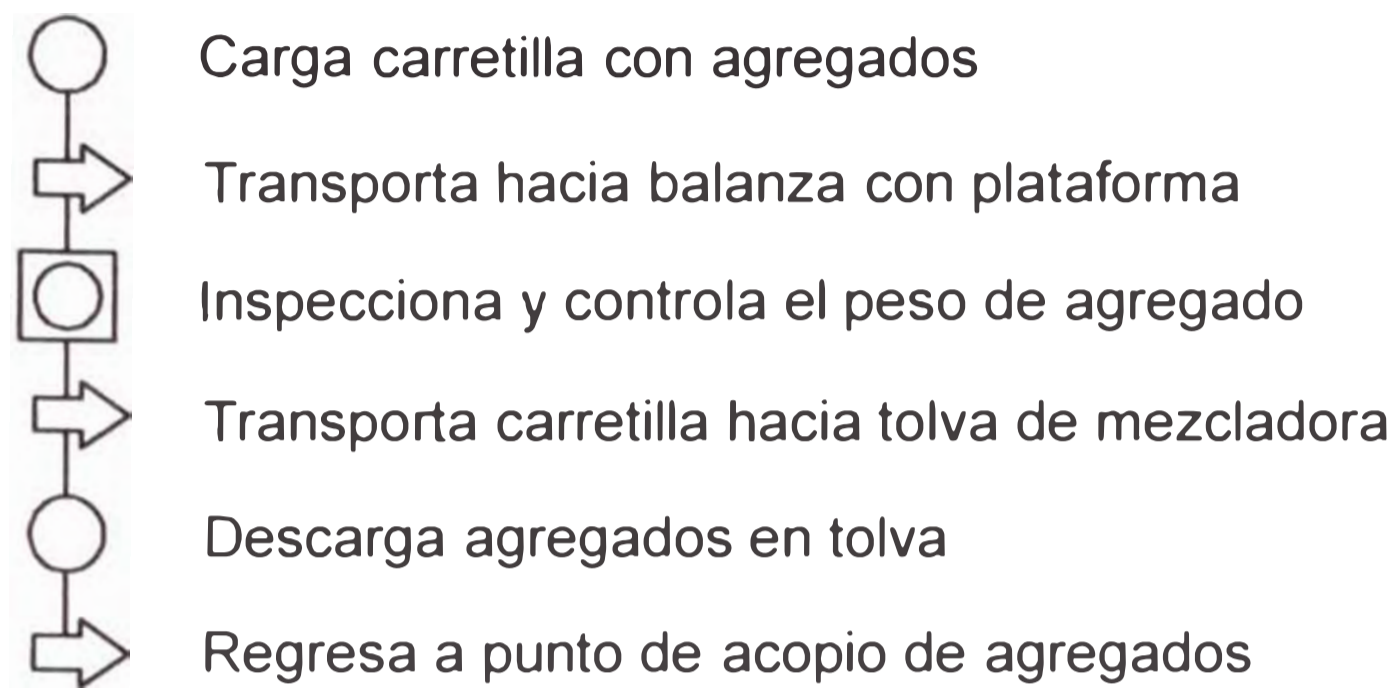


Figura 3.7: Diagrama de recorrido para el abastecimiento de agregados en peso

A.3 DIAGRAMA DE PROCESOS

Graficando el diagrama de procesos asociado al ciclo de abastecimiento de agregados en peso tenemos:

PROCESO DE ABASTECIMIENTO DE AGREGADOS EN PESO



A.4 CUADRO RESUMEN

| RESUMEN | |
|------------------------|---|
| 1 Ciclo | |
| Numero de Operaciones | 3 |
| Numero de Inspecciones | 1 |
| Numero de Transportes | 3 |

COMENTARIOS

El tiempo que demanda la inspección del peso es variable, en vista de que esta actividad agrupa los varios intentos por graduar el peso requerido sobre la balanza.

Es reconocido que al abastecer los agregados en peso se obtiene un concreto de calidad reflejado en una variabilidad de rotura de probetas baja.

Las balanzas tradicionales no permiten agilizar los ciclos de pesaje, por ello este método no es recomendable en ciclos de producción con tiempos reducidos.

B. ABASTECIMIENTO EN VOLUMEN

Es un método de abastecimiento agregados que se caracteriza por realizar equivalencias del peso de agregados para expresarlo en volumen, mediante el empleo del Peso Unitario Suelto (PUS) que poseen los agregados para la conversión respectiva.

La dosificación de agregados en volumen se realiza en recipientes de volumen conocido o en las herramientas de acarreo, en donde se realizan marcas luego de haber cubicado generalmente con un recipiente de madera de un pie cubico de volumen, siguiendo el procedimiento que se describe a continuación:

B.1 SECUENCIA PARA LA GRADUACION VOLUMETRICA DE UNA CARRETILLA

Para iniciar el proceso de abastecimiento de agregados en volumen, se debe contar con un diseño de mezcla patrón el cual especifique la proporción requerida en volumen para cada tanda, luego se procede a graduar volumétricamente una carretilla siguiendo el procedimiento descrito a continuación;

MATERIALES

Recipiente de madera de un pie cubico con asas sin fondo

Herramienta de acarreo (carretilla)

Regla de madera de 0.30m.

Lampa

Pintura

Agregado de construcción.

PROCEDIMIENTO

Se coloca el recipiente de un pie cubico de madera sin fondo en la carretilla.

Se coloca el agregado en el interior del recipiente de madera hasta la altura de reboce y se enrasa con la regla de madera

Se levanta el recipiente de madera, dejando caer el agregado en el interior de la carretilla.

Se extiende horizontalmente el agregado en la carretilla y se coloca encima el recipiente de 1 pie cubico.

Se continúa con el proceso de llenado hasta completar el volumen requerido del diseño.

Finalizada la cubicación de volumen se extiende horizontalmente el agregado en la carretilla y se realiza una marca de referencia con pintura en la carretilla a lo largo de todo el borde del agregado extendido.

Una vez colocada la marca de referencia en la carretilla, se procede a cargar de agregado consecutivamente en la carretilla y se enrasa con la regla de madera.

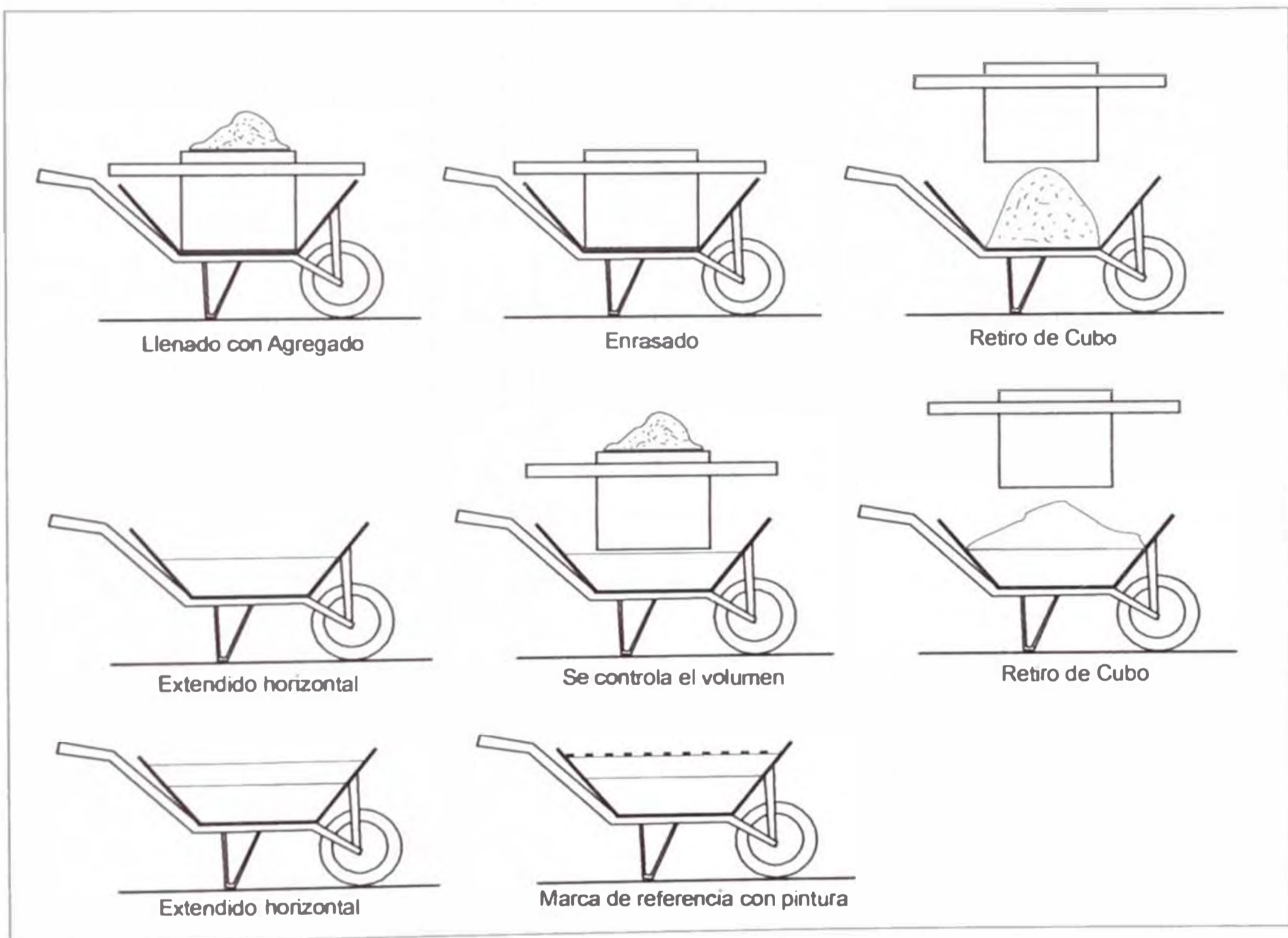


Figura 3.8: Secuencia de graduación volumétrica de carretilla

DIAGRAMA DE PROCESOS

Para visualizar número de actividades realizadas durante el proceso de graduación volumétrica de una carretilla, se procede a graficar el diagrama de procesos siguiendo las pautas de la OIT;

PROCESO DE GRADUACIÓN VOLUMÉTRICA DE UNA CARRETILLA CON AGREGADOS

- Coloca el recipiente de 1 pie cubico de madera en la carretilla
- Llena con agregado el recipiente de 1 pie cubico
- Extiende y nivela el agregado hasta el borde del recipiente de madera
- Levanta el recipiente de madera y dejar caer el agregado a la carretilla
- Extiende y nivela horizontalmente el agregado en el interior de la carretilla
- Coloca el recipiente de 1 pie cubico encima del agregado extendido
- Llena con agregado el recipiente de madera
- Inspecciona y nivela el volumen de agregado en el interior del recipiente
- Retira el recipiente de madera y deja caer el agregado
- Extiende horizontalmente el agregado en el interior de la carretilla
- Realiza una marca de referencia con pintura y obtiene una carretilla cubicada

CUADRO RESUMEN

| | RESUMEN |
|------------------------|---------|
| Numero de Operaciones | 11 |
| Numero de Inspecciones | 4 |

COMENTARIOS

Se aprecia que el número de operaciones es elevado porque se realizan en promedio 3 graduaciones con el cubo de madera, dado que un diseño de mezcla para 42.5kg de cemento requiere en promedio de 2.2p3 a 3p3 por agregado.

La graduación volumétrica debe efectuarse independientemente a cada carretilla, en vista de que los patrones de fabricación de estos equipos de acarreo no son estandarizados.

B.2 SECUENCIA PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGREGADOS EN VOLUMEN

Una vez efectuada la graduación volumétrica de la carretilla, el personal de obra procede al llenado, enrase y traslado de las mismas, en un proceso que es desglosado siguiendo los diagramas del estudio del trabajo que se describen a continuación;

DIAGRAMA DE RECORRIDO

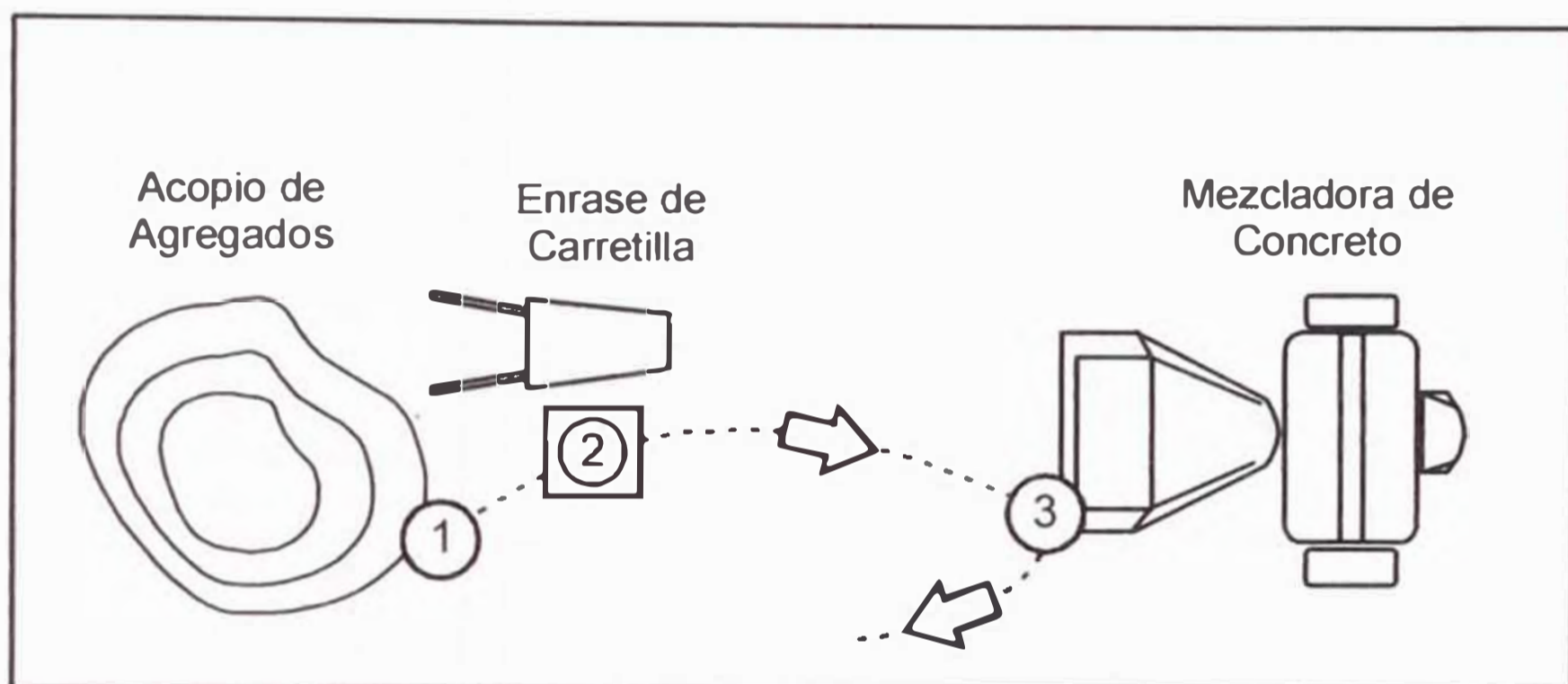
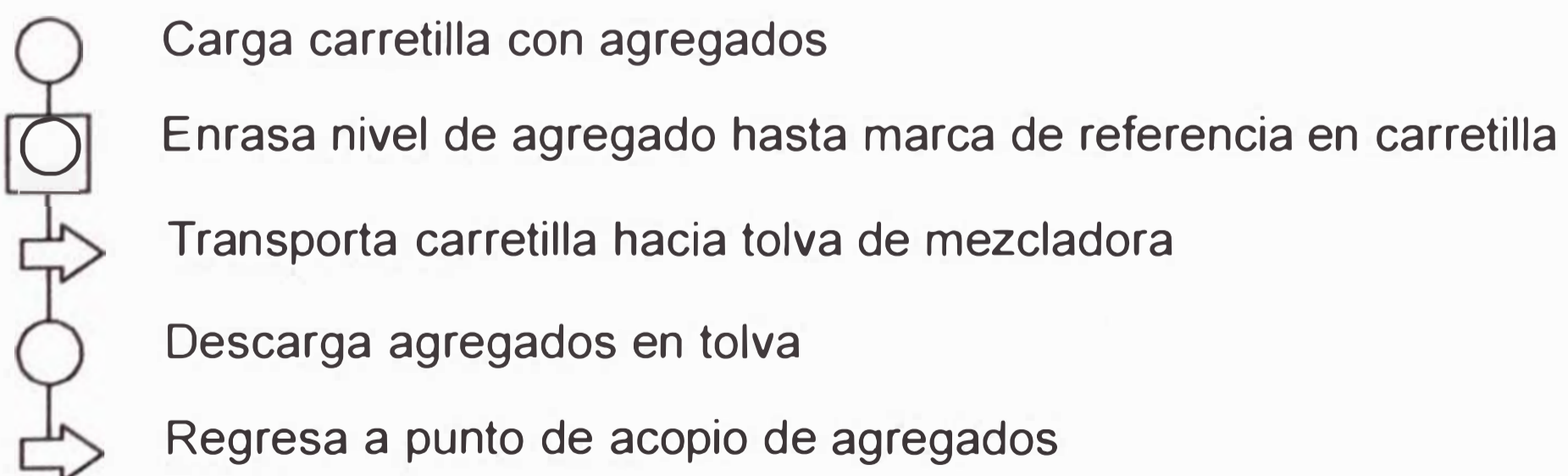


Figura 3.9: Diagrama de recorrido abastecimiento agregados en volumen

DIAGRAMA DE PROCESOS

PROCESO DE ABASTECIMIENTO DE AGREGADOS EN VOLUMEN



CUADRO RESUMEN

| | RESUMEN |
|------------------------|---------|
| | 1 Ciclo |
| Numero de Operaciones | 3 |
| Numero de Inspecciones | 1 |
| Numero de Transportes | 2 |

COMENTARIOS

Una vez efectuada la marca de referencia en la carretilla el operario de construcción solo tiene que efectuar una inspección al enrasar manualmente con una regla los agregados, agilizando así los ciclos de abastecimiento en cada tanda.

Las carretillas cubicadas para el agregado fino y el agregado grueso no deben ser alternadas en vista de que cada agregado tiene su respectivo Peso Unitario Suelto.

No es recomendable utilizar como unidad de medida la cantidad de palanadas de agregado que ingresan en cada carretilla, siempre se debe de utilizar una marca de referencia.

CAPITULO IV

APLICACIÓN DE EQUIPOS Y METODOLOGIA PARA ELABORAR CONCRETO

Los procesos de dosificación observados en las diversas obras de construcción civil, son materia de estudio y mejora a partir de la aplicación de las herramientas desarrolladas para la dosificación manual de aditivos líquidos, agua y agregados.

4.1 PROPUESTA PARA LA DOSIFICACION DE ADITIVOS LIQUIDOS

Habiendo observado las dificultades que representa el empleo de más de un recipiente para la dosificación y surtido manual de aditivo líquido Sika Aer, se procede con la fabricación y ensayo del equipo dosificador de aditivos líquidos, a fin de obtener mejoras que permitan reducir los tiempos empleados en las inspecciones al tanteo.

4.1.1 FABRICACION DEL EQUIPO DOSIFICADOR DE ADITIVOS

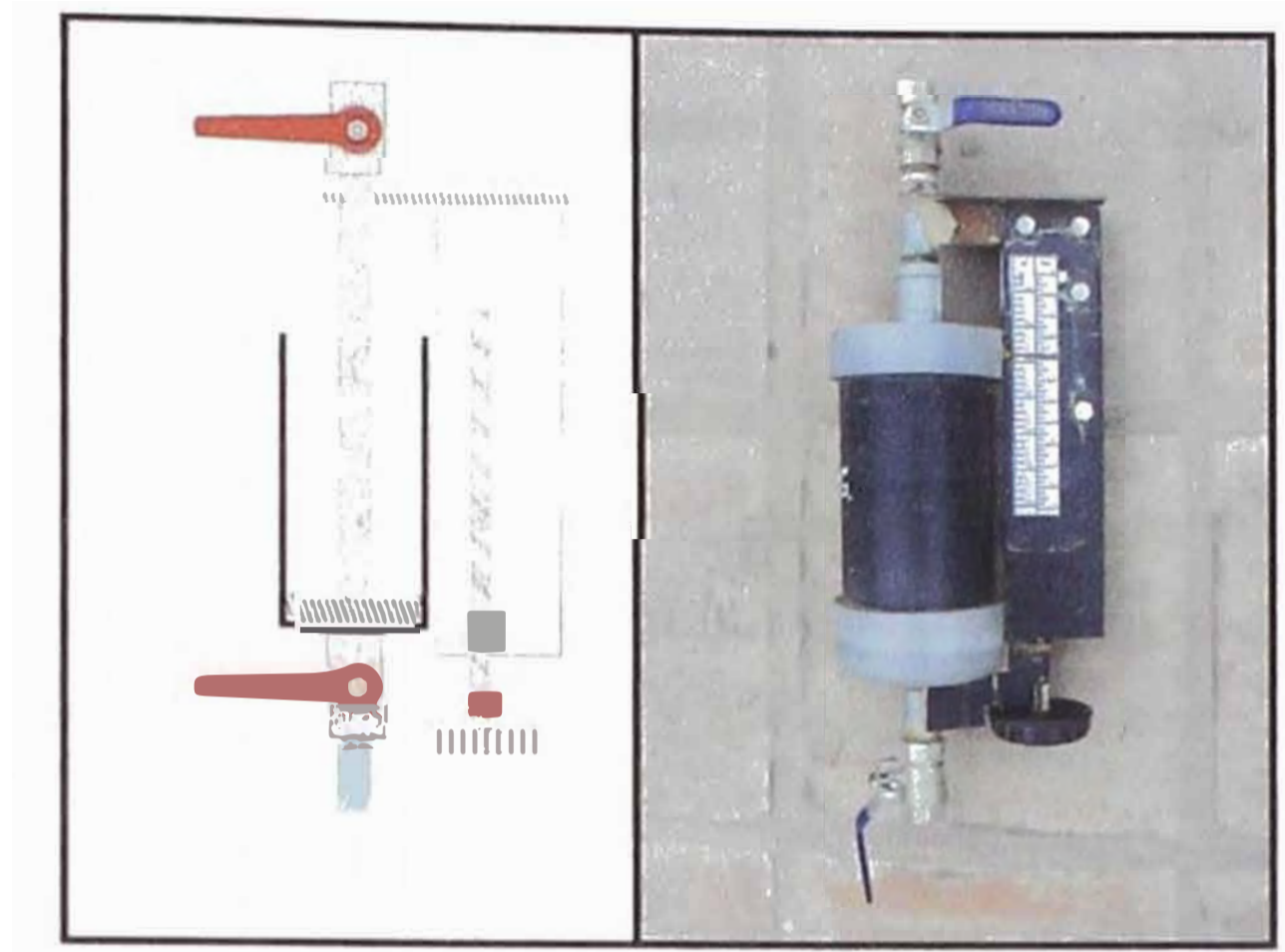
Para la fabricación del equipo dosificador de aditivos, se emplean 30cm. de una tubería pesada de 4", tapones de 4", llaves de paso de palanca, un riel de aluminio, una rosca sin fin, jebe, pernos, nipples, retazos de tubería de F°G° y pegamentos entre otros.



Fotografía: Vista de partes de equipo dosificador

Para asegurar que el recipiente de volumen graduable sea hermético, se deberá de lograr la precisión en el corte del embolo deslizante, a fin de evitar fugas durante el llenado con aditivo, asimismo se deberá de verificar que las llaves de paso sean de buena calidad y que su

manipulación sea la apropiada durante la apertura y cierre del flujo de aditivo.

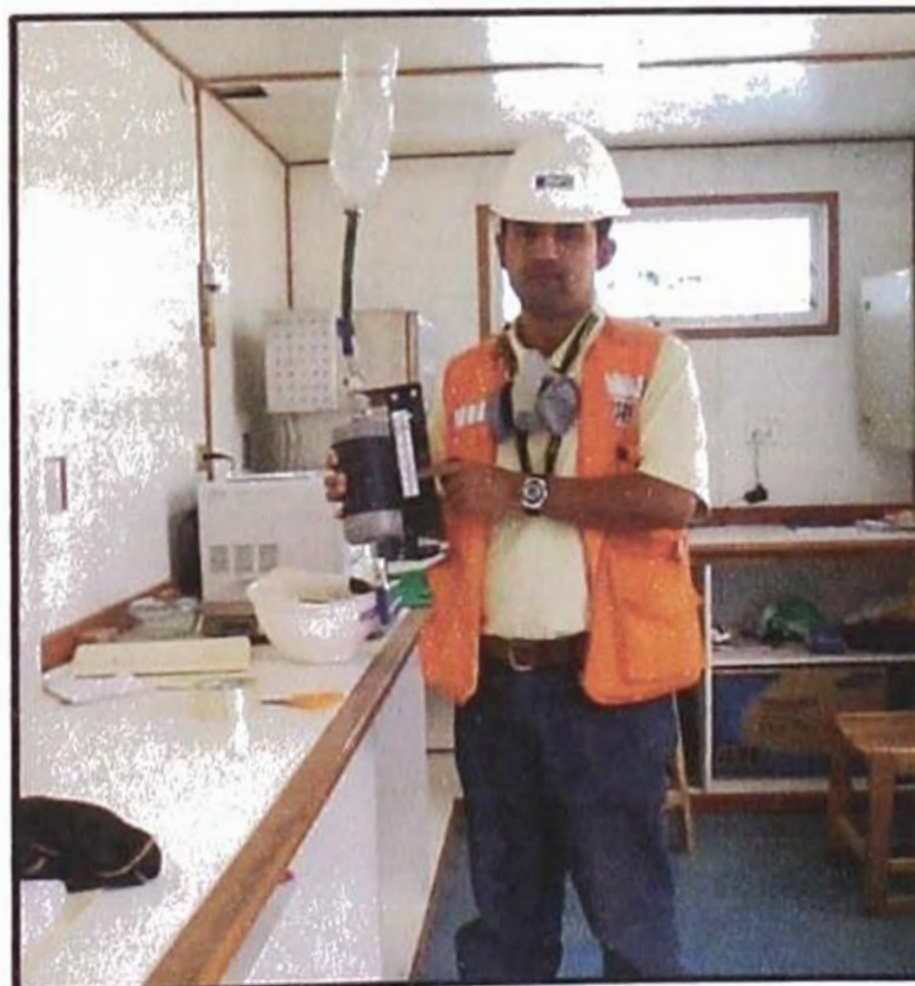


Fotografía: Sección de Dosificador con embolo deslizante

VERIFICACION DE LA GRADUACION

Una vez construido el recipiente de volumen graduable, se procede a verificar la escala volumétrica creada, tomando como referencia el volumen interno del recipiente y luego comparando el volumen de aditivo recogido de su interior en una probeta graduada.

La obra en mención contaba con un laboratorio de campo donde se pudo hacer esta verificación, comprobándose que el volumen recogido en la probeta graduada era similar al obtenido en el equipo dosificador de aditivos creado.



Fotografía: Dosificador de aditivo en laboratorio

4.1.2 INSTALACION DEL EQUIPO DOSIFICADOR DE ADITIVOS

Una vez concluida la etapa de verificación de la escala volumétrica se procede a instalar el equipo dosificador tomando en consideración los siguientes puntos;

ALTURA DE OPERACIÓN

La altura de operación del equipo dosificador está determinada por el tamaño del operador, el cual deberá de tener al alcance de brazo las llaves de palanca destinadas a la circulación y cierre del flujo de aditivo.

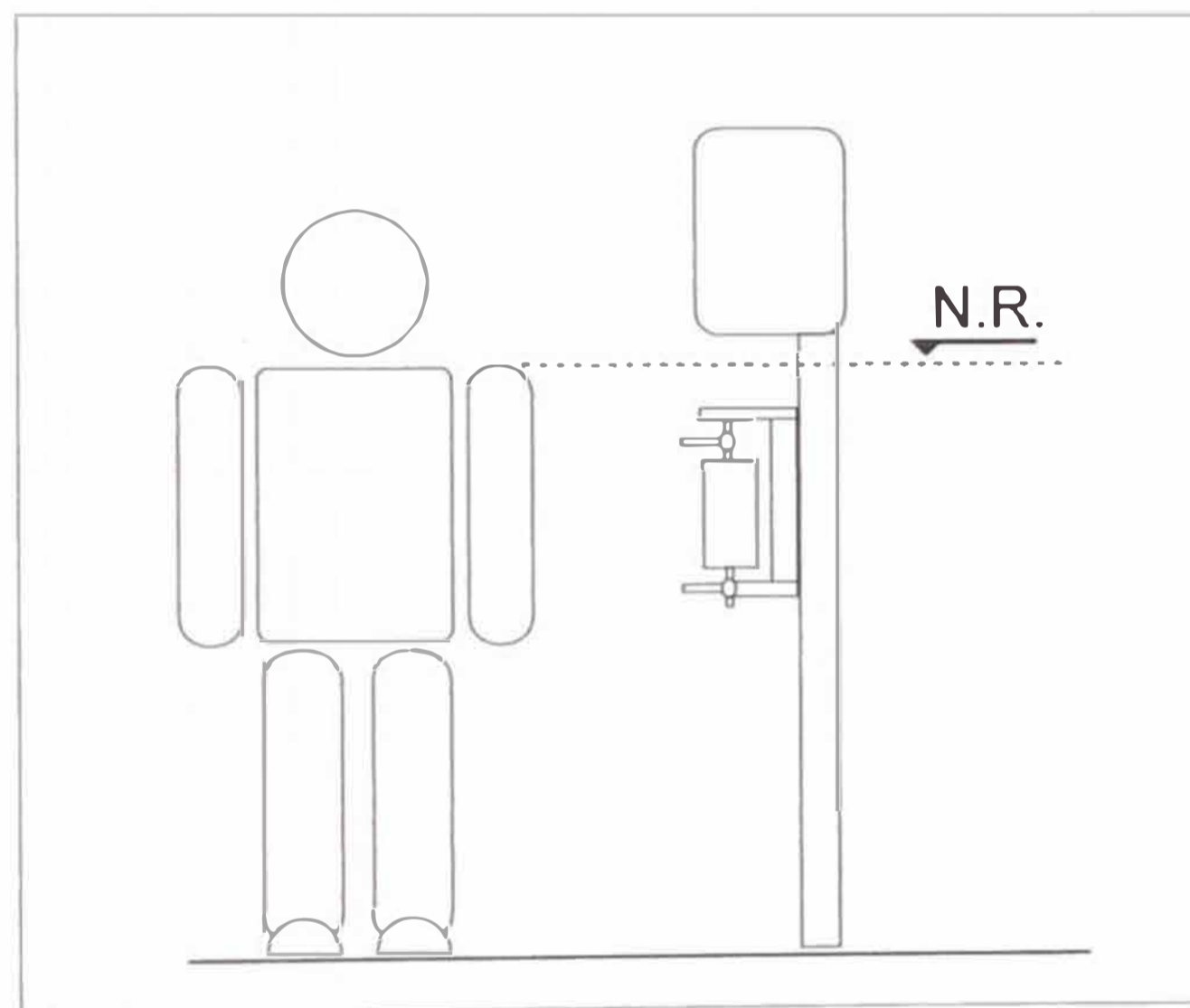


Figura 4.1: Nivel de instalación del equipo dosificador

UBICACIÓN DEL EQUIPO DOSIFICADOR

El equipo dosificador deberá de ubicarse en un punto cercano a los cilindros de almacenamiento de aditivos, con el fin de reducir tiempos en traslados al momento de abastecer el recipiente de almacenamiento.

4.1.3 ENSAYO DEL EQUIPO DOSIFICADOR DE ADITIVO

Instalado el equipo dosificador se procede a llenar el recipiente de almacenamiento, tomando en consideración un volumen aproximado para toda la jornada de trabajo, asimismo se difunde entre el personal técnico de laboratorio, la hoja de seguridad del aditivo liquido fin de guardar las medidas de seguridad necesarias.

Con el fin de hacer un análisis de la nueva metodología desarrollada para la dosificación de aditivos, se procede a detallar las actividades realizadas por el asistente de laboratorio empleando para ello el método del estudio del trabajo descrito a continuación;

A.1 DIAGRAMA DE RECORRIDO

Se grafica la ubicación de los elementos que intervienen en el recorrido del asistente de laboratorio al momento de abastecer, dosificar y trasladar el aditivo liquido hacia el mixer para la elaboración de concreto.

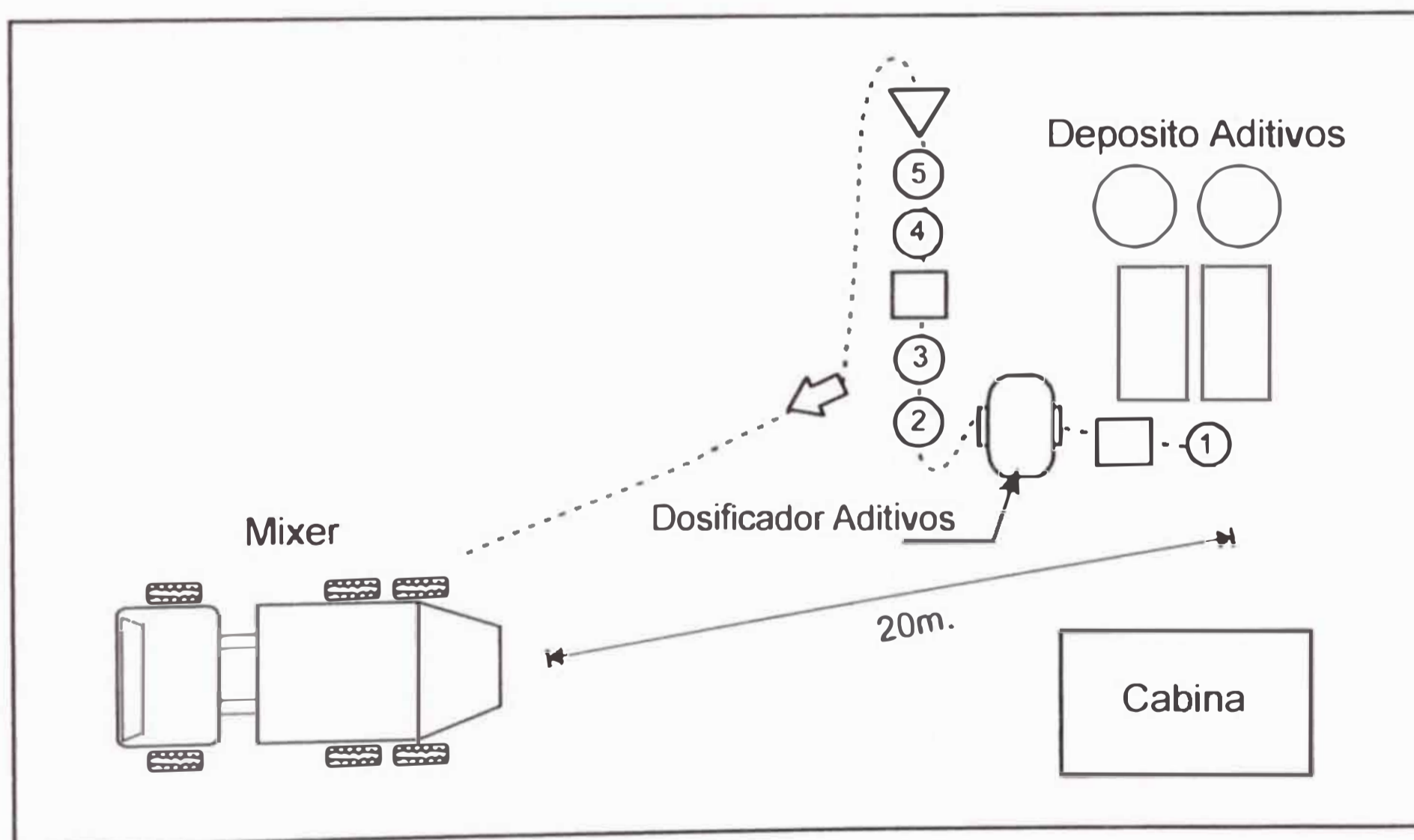


Figura 4.2: Croquis de distribución en planta dosificadora

La operación del equipo dosificador de aditivos es como se describe en la Figura 4.3.

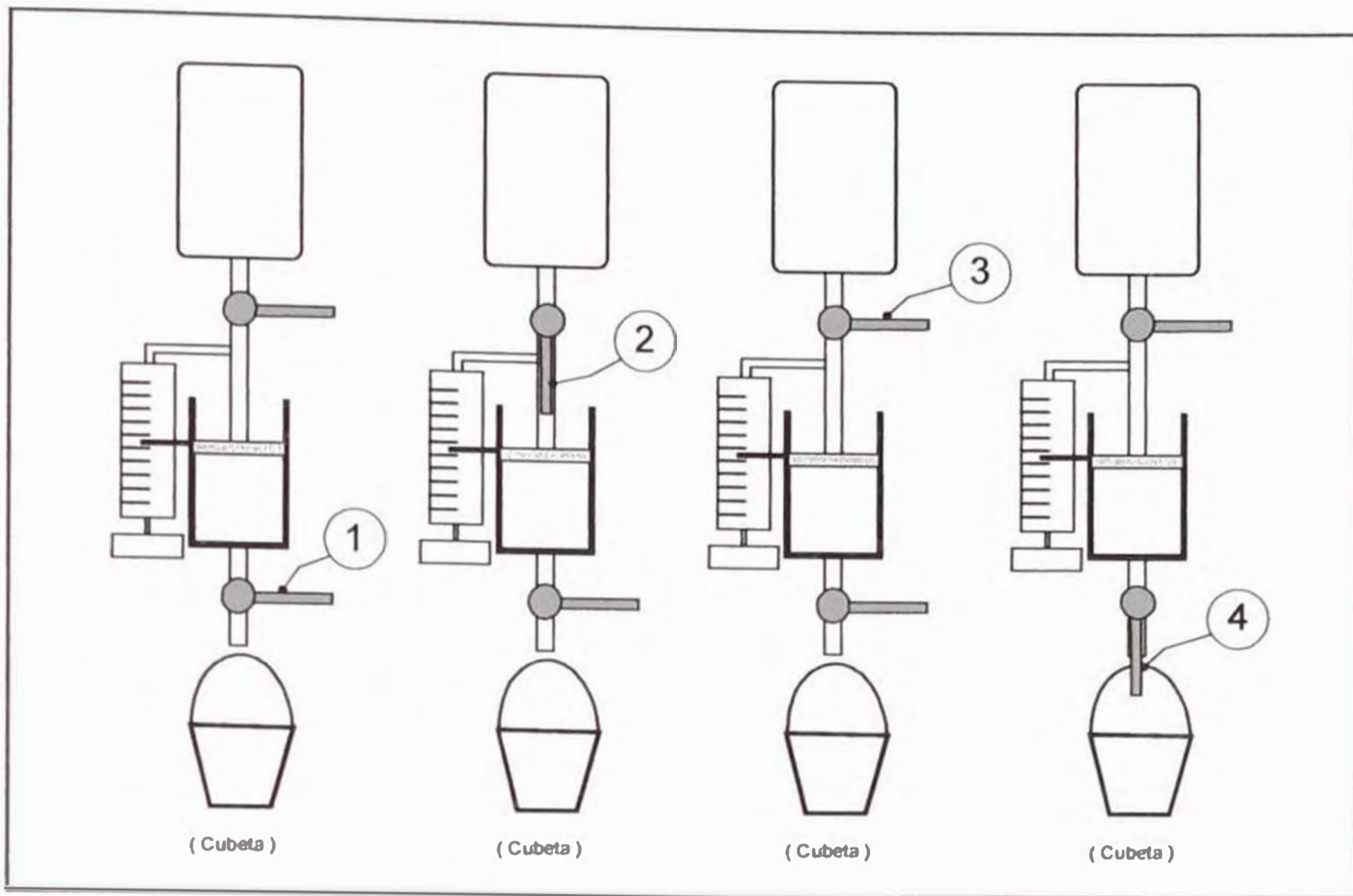
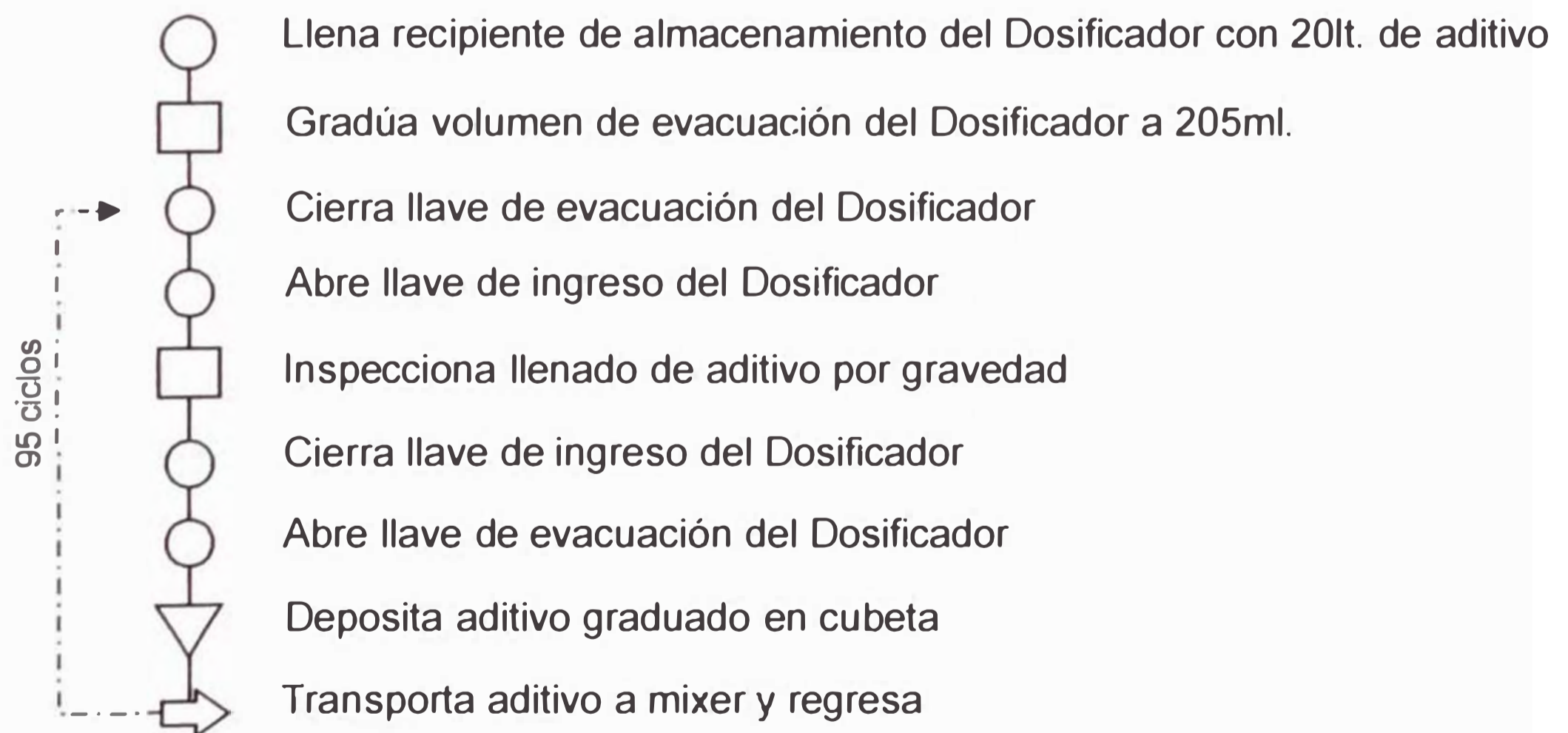


Figura 4.3: Secuencia de empleo del dosificador de aditivos

A.2 DIAGRAMA DE PROCESOS

PROCESO DE DOSIFICACION DE ADITIVO LÍQUIDO CON EQUIPO DESARROLLADO



A.3 CUADRO RESUMEN

| | | RESUMEN | |
|---------------------------|----|-----------|--|
| | | 1 Ciclo | |
| Numero de Operaciones | | 5 | |
| Numero de Inspecciones | | 2 | |
| Numero de Almacenamientos | | 1 | |
| Transportes | N° | Distancia | |
| | 2 | 40 m. | |

COMENTARIOS

Se aprecia que al emplear el equipo dosificador de aditivos se realizan solo 2 inspecciones, la primera es para graduar el equipo y la segunda es una inspección consecutiva para cada ciclo de abastecimiento.

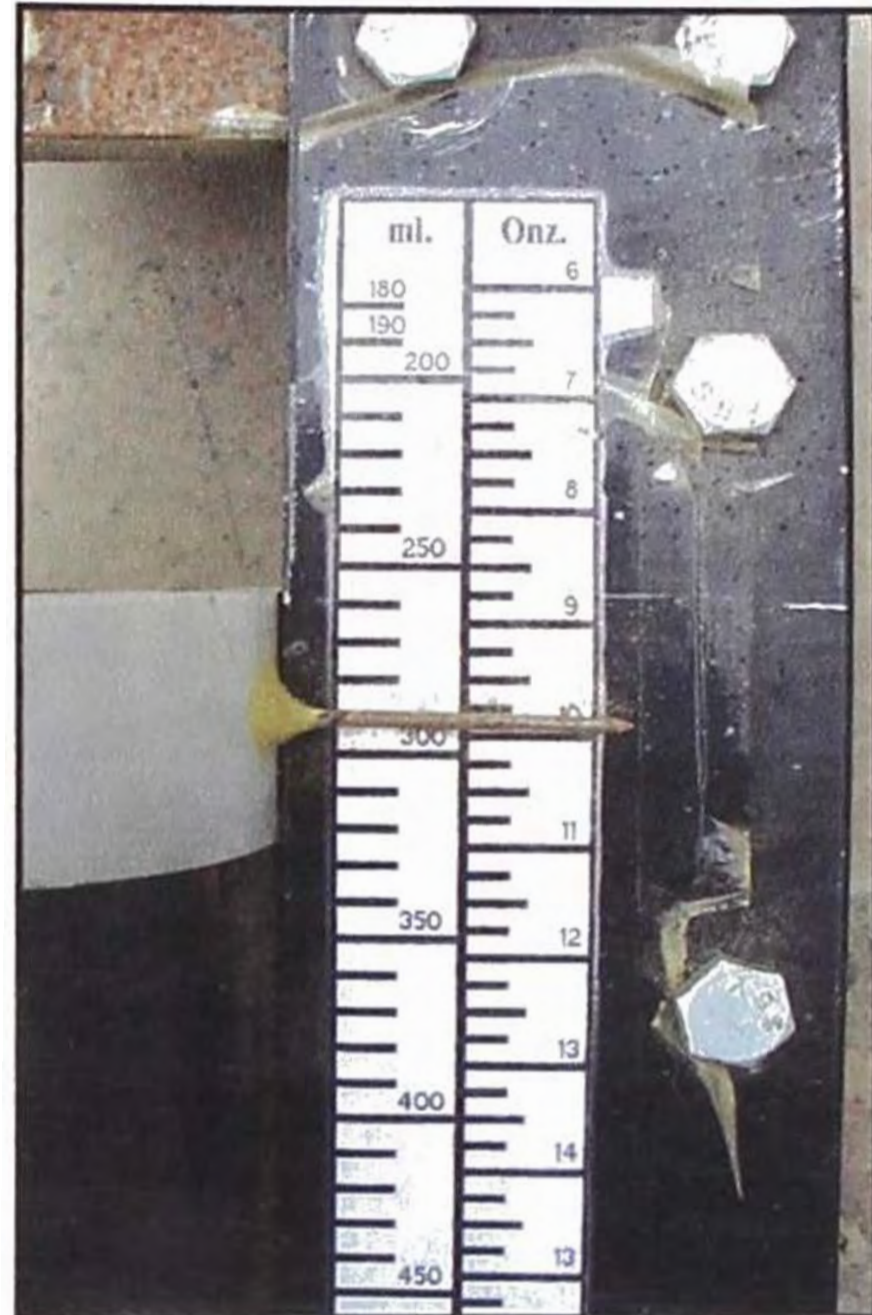
Al emplear el equipo dosificador se realizan solo operaciones de abertura y cierre de llaves de palanca para graduar el aditivo líquido, suprimiendo de esta manera la necesidad de realizar operaciones de vertido de líquido entre recipientes.

El volumen de aditivo líquido obtenido es una cantidad exacta que no se altera en los ciclos consecutivos de abastecimiento.

A.4 FOTOGRAFIAS



1



2

En la foto 1, se aprecia al equipo dosificador de aditivos líquidos el cual cuenta con dos llaves de paso como se describió en la Figura 4.3, asimismo se aprecia la perilla de regulación de volumen en la parte inferior de la escala, la cual permite ajustar el volumen en mililitros o hacer equivalencias en otras unidades como onzas, aplicando previamente el factor de conversión descrito la sección 2.1.1.c para el sistema de volumen graduable.



3

El equipo dosificador aditivos fue puesto a prueba con el mismo operario que dosificaba manualmente los aditivos con recipientes y una probeta graduada, obteniéndose mejoras considerables en las dosificaciones por ciclo, incluso existió la experiencia de un vaciado continuo de 24 horas en donde el ayudante de laboratorio tuvo que ser reemplazado por un nuevo ayudante para continuar el turno, y fue aquí en donde se noto la ventaja de un equipo que mecaniza los procesos brindando siempre la calidad esperada de volumen, en vista de que el nuevo ayudante no contaba con la suficiente experiencia de laboratorio.



Foto 4: Primer ensayo en obra de equipo dosificador de aditivos líquidos para concreto, Planta de Concreto Cosapi – Obra: Planta de Procesamiento de Minerales de Milpo,

4.2 PROPUESTA PARA LA DOSIFICACION DE AGUA

Siguiendo las pautas de la sección 2.2, se procede con la fabricación del equipo dosificador de agua, el cual contará con una válvula reguladora de agua con altura variable de reboce, lo que permitirá dotar al equipo de una escala volumétrica.

4.2.1 FABRICACION DEL EQUIPO DOSIFICADOR DE AGUA

VALVULA REGULADORA DE AGUA

Empleando un cilindro metálico de 56cm de diámetro, se procede a fabricar la válvula reguladora de agua que será instalada en el eje radial del cilindro, con la finalidad de que se pueda obtener un volumen constante de agua a pesar de que la tolva de la mezcladora repose en diferentes posiciones.

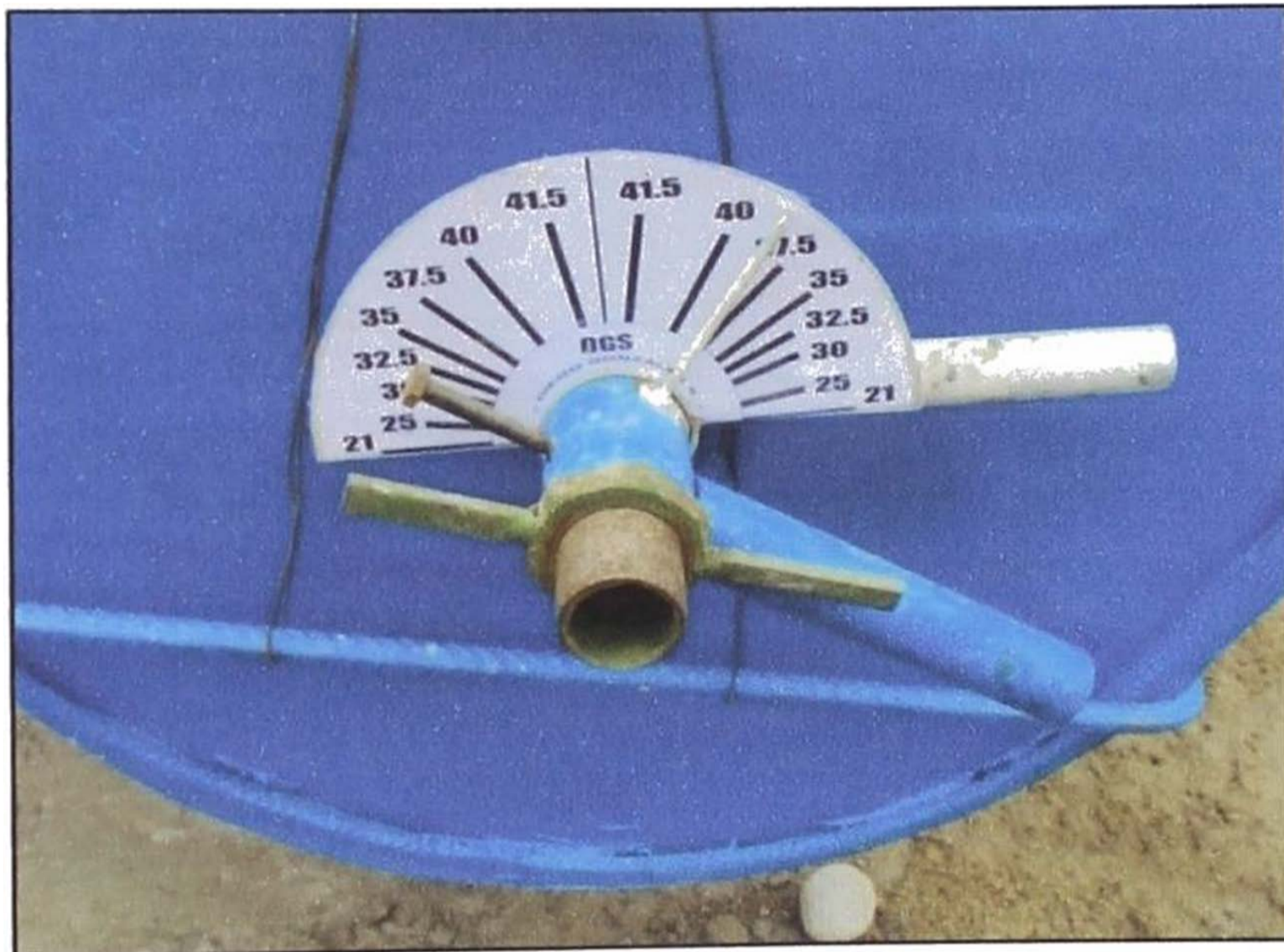


Foto 4.2.1.a: Válvula de rebose

En la fotografía 4.2.1.a, se aprecia la válvula de rebose que posee un rango de almacenamiento de 21lt. a 41.5lt. en dos sentidos, esto con la finalidad de que el dosificador de agua pueda ser instalado en el lado derecho o izquierdo de la tolva, dependiendo de la ubicación de los controles de la mezcladora.

MANGUERA DE DERIVACION

La evacuación del agua se realiza por una manguera que esta adosada al equipo dosificador de agua (foto 4.2.1.b), que circula a través de la tolva hasta la cavidad de ingreso del tambor (foto 4.2.1.c), la manguera se adapta al espacio reducido que se produce al izar la tolva.



Foto 4.2.1.b



Foto 4.2.1.c

El diámetro de la manguera empleado fue de 2" según el diseño previsto en la sección 2.2.6 para la estimación del tiempo de evacuación.

4.2.2 INSTALACION DEL EQUIPO DOSIFICADOR DE AGUA

MECANISMO DE SUJECION

El mecanismo de sujeción diseñado para el primer ensayo con el dosificador de agua, consistió en una armadura soldada con varillas de construcción, la cual fue adoptando la forma irregular de la tolva de la mezcladora para una mayor sujeción.



Foto 4.2.2.a: Mecanismo de sujeción

En la fotografía 4.2.1.b, se aprecia que el mecanismo de sujeción se amolda a la forma de la tolva con la finalidad de mantener un plano vertical constante.



Foto 4.2.2.b: Dosificador de Agua instalado

GRADUACION INICIAL

Instalado el equipo dosificador de agua se proceda a realizar los dos controles iniciales para su funcionamiento:

1. Regulación de Nivel horizontal

Se establece el nivel de reposo y mediante el nivel de burbuja se procede a fijar el nivel horizontal de la válvula reguladora.



Foto 4.2.2.c: Nivel de burbuja indicando horizontalidad

2. Graduación de volumen de Evacuación

Establecido el nivel horizontal se procede a graduar el volumen de evacuación requerido en la válvula de rebose, como se aprecia en la fotografía 4.2.1.a , la válvula posee un rango de almacenamiento de diferentes volúmenes de agua que permite elaborar varios tipos de concreto.

4.2.3 ENSAYO DE EQUIPO DOSIFICADOR DE AGUA

El concreto empleado durante el ensayo del dosificador de agua fue de concreto $f'c=100\text{kg/cm}^2$ para la elaboración de solados, siguiendo las pautas del método del estudio del trabajo describimos el proceso a continuación;

A.1 DIAGRAMA DE RECORRIDO

Durante el ensayo del equipo dosificador, el operario no se traslada significativamente, debido a que cuenta con un suministro constante de agua que abastece los cilindros, los mismos que se encuentran junto al dosificador de agua instalado en la tolva de la mezcladora.

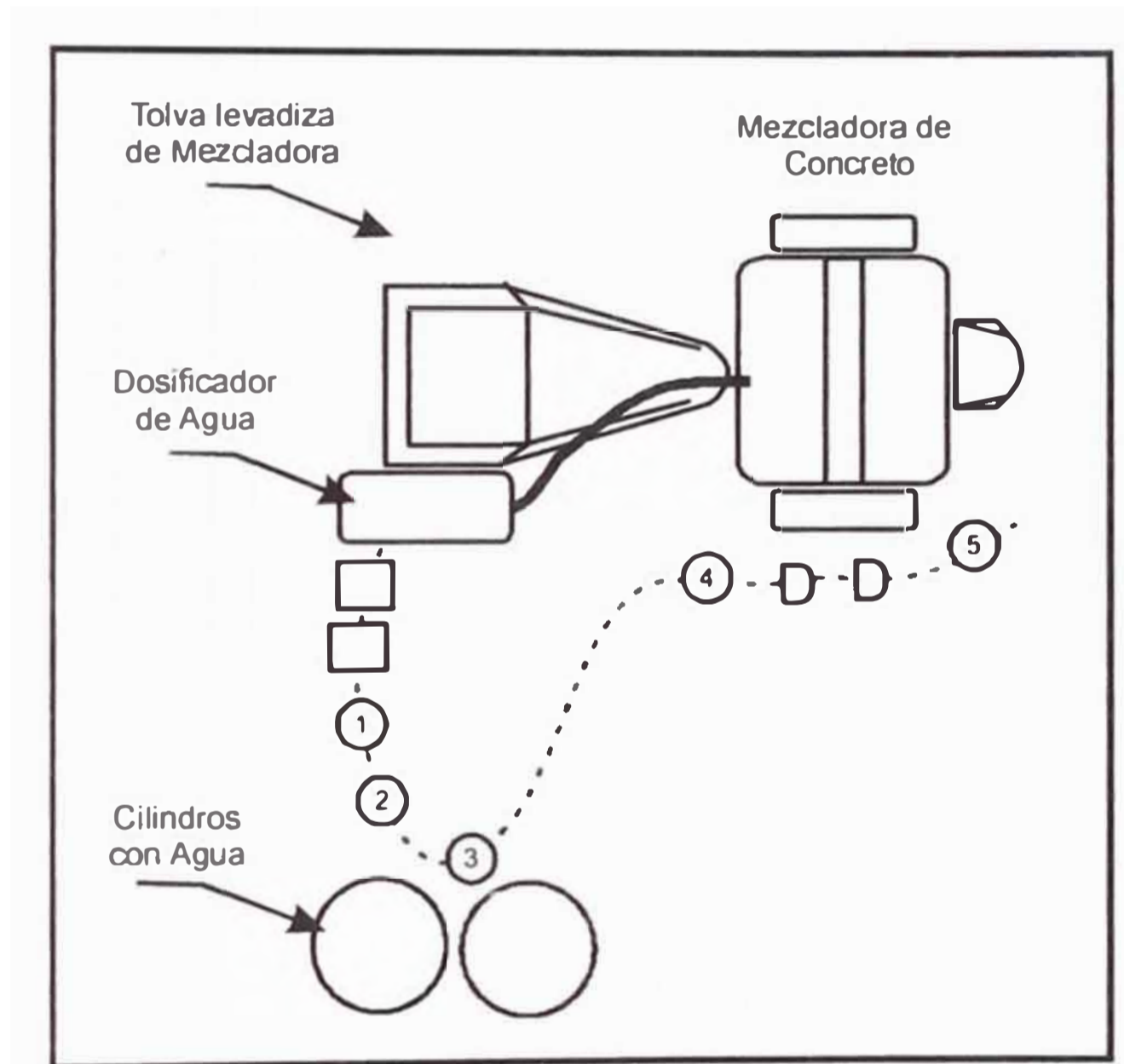


Figura 4.4: Diagrama de Recorrido de proceso de dosificación de agua

Según la Figura 4.4, se aprecia que existen dos inspecciones iniciales al momento de emplear el dosificador de agua, dichas inspecciones se realizan por única vez como se detallo en la sección 4.2.2 de Graduación Inicial.

A.2 DIAGRAMA DE PROCESOS

Luego de haber instalado el equipo y haber graduado el nivel horizontal y el volumen de evacuación, se procede a cerrar la llave de paso y a dar inicio al proceso de llenado manual, como se aprecia en la secuencia descrita a continuación;



Foto 1

En la (Foto N°1) se aprecia que los cilindros están ubicados en un punto cercano al dosificador de agua, por lo que se procede al llenado manual, existiendo también la posibilidad de conectar directamente la manguera de abastecimiento de los cilindros al embudo del dosificador, dependiendo de los tiempos de cada ciclo.

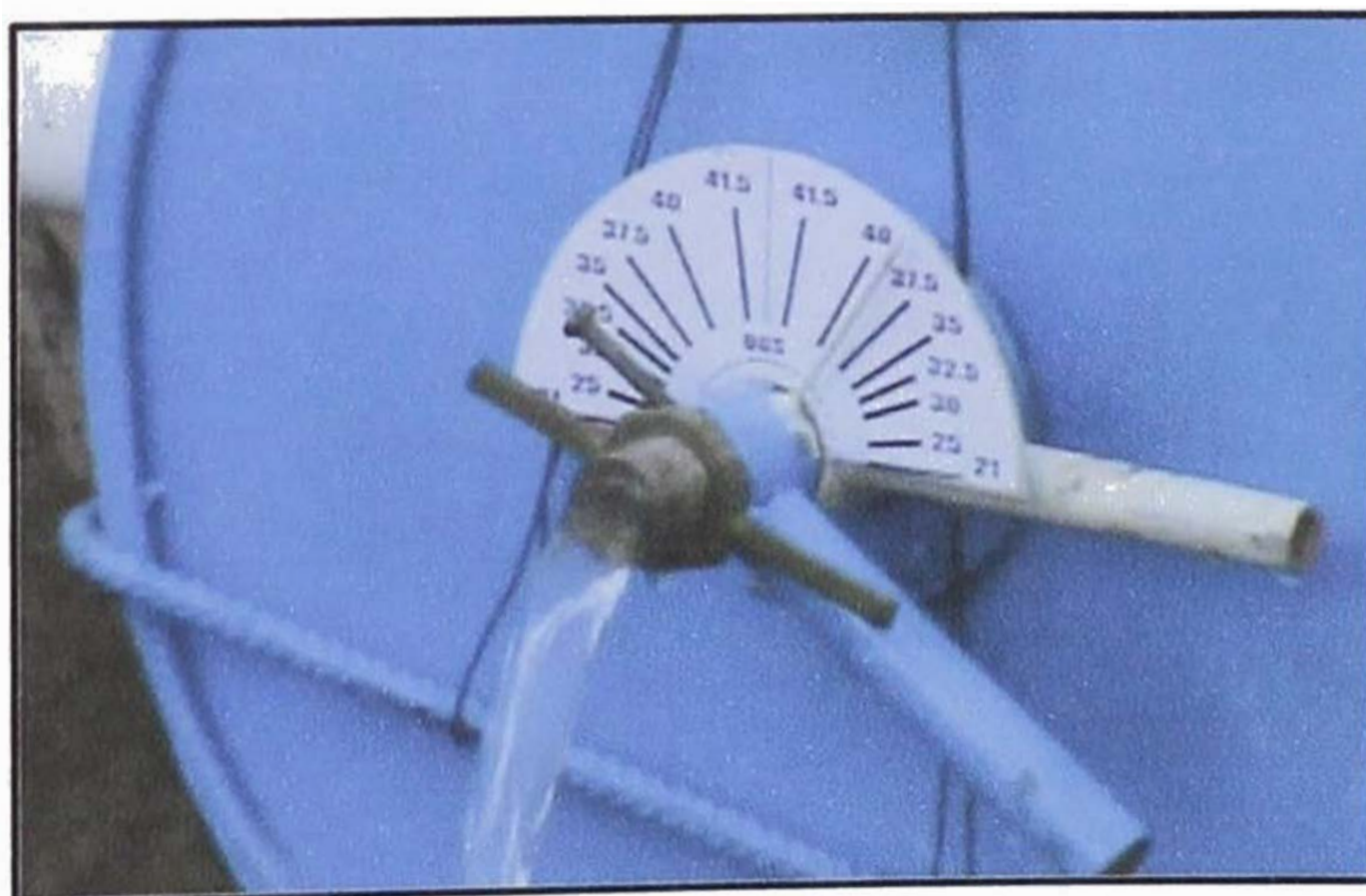


Foto 2

El proceso de abastecimiento de agua culmina al iniciarse el rebose de agua por la válvula de rebose, tal como se aprecia en la Foto N°2 .



Foto 3

Luego de culminar el reboce de agua se procede a abrir la llave de paso que conecta al dosificador de agua con la manguera de derivación de agua, tal como se aprecia en la Foto N°3, que el operario abre la llave de paso.



Foto 4

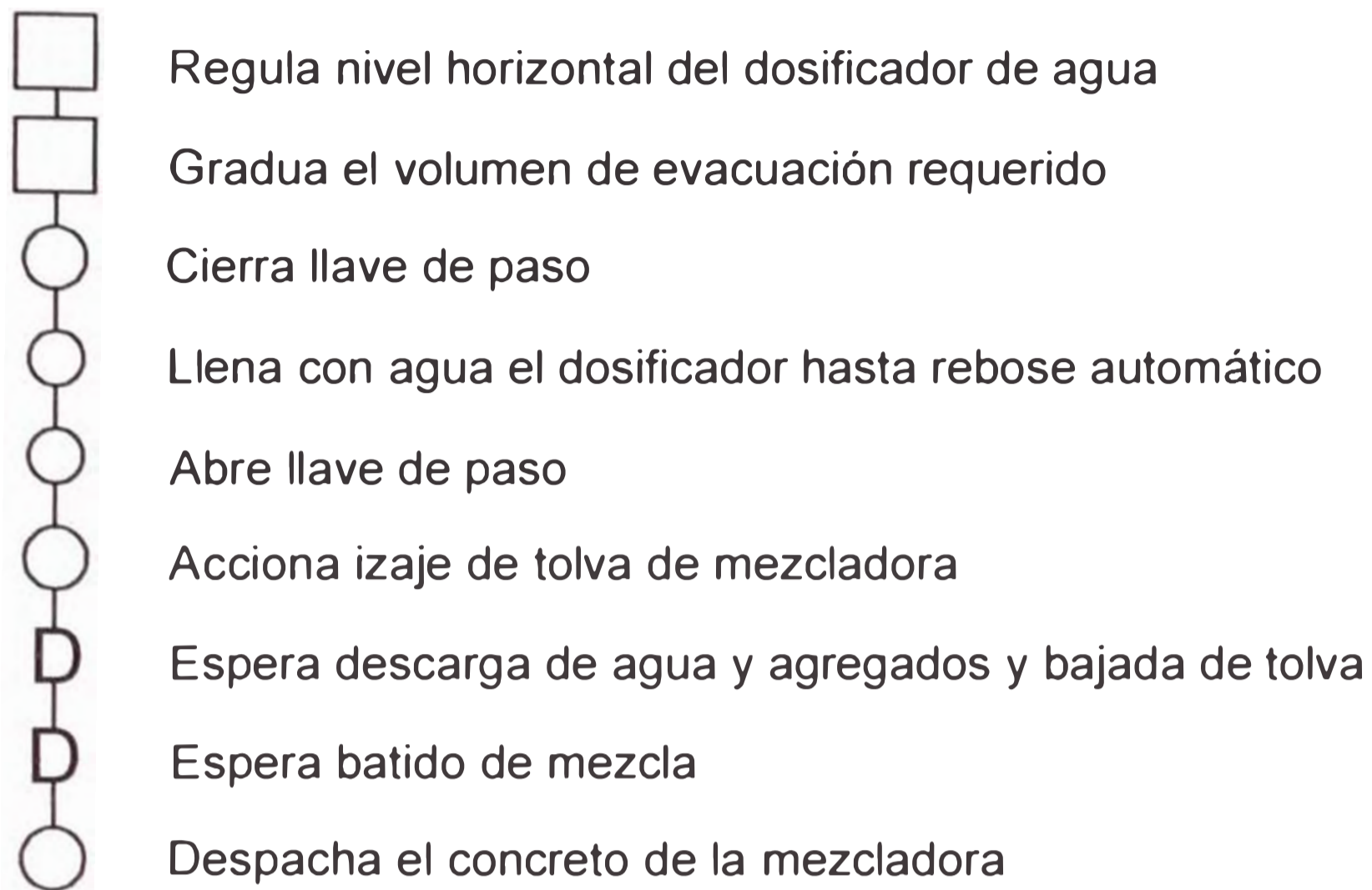
Se procede a izar gradualmente la tolva de la mezcladora para que el agua descienda en paralelo con los agregados como se aprecia en la Foto N°4.



Foto 5

Al izar verticalmente la tolva de la mezcladora se acciona un golpeteo mecánico propio de la mezcladora que sacude la tolva de la mezcladora obligando a evacuar los agregados contenidos en su interior y por consiguiente se asegura que toda el agua del dosificador sea evacuada como se aprecia en la Foto N°5.

Diagrama de Proceso de Abastecimiento de Agua a Mezcladora empleando el equipo Dosificador de Agua



A.3 CUADRO RESUMEN

| RESUMEN | |
|------------------------|---|
| 1 Ciclo | |
| Numero de Operaciones | 5 |
| Numero de Inspecciones | 2 |
| Numero de Esperas | 2 |

COMENTARIOS

Al emplear el equipo dosificador de agua se aprecia que el operario maquinista puede ser ayudado por un tercero sin alterar la dosificación de agua.

El equipo dosificador de agua evacuo el agua en un tiempo menor de lo esperado en vista de que la tolva realiza un golpeteo para poder evacuar los agregados.

El agua ingresa en una sola operación según lo estimado.

Las inspecciones solo se realizan al inicio para graduar el equipo, luego el proceso se vuelve mecánico.

A.4 FOTOGRAFIA



Foto 4.2.3: Dosificador de agua instalado en tolva de mezcladora

4.3 PROPUESTA PARA LA DOSIFICACION DE AGREGADOS

A partir de la experiencia obtenida en la maqueta funcional del dosificador de agregados, se procede a la fabricación de un equipo a escala siguiendo las dimensiones establecidas en la Figura 2.8 del capítulo II, para luego proceder a determinar la constante del resorte con la cual se implementara una escala en peso y finalmente se procederá al ensayo respectivo con agregado grueso y fino.

4.3.1 FABRICACION DEL EQUIPO DOSIFICADOR DE AGREGADOS

El equipo dosificador de agregados debe de contemplar factores de funcionabilidad, seguridad, precisión y versatilidad para poder ser trasladado, por ello se ha contemplado alturas de trabajo reducidas para minimizar el esfuerzo del personal que llenará manualmente el recipiente del dosificador.

Las carretillas y equipos de acarreo serán abastecidos directamente con el dosificador, por tanto la altura del equipo debe de permitir la libre circulación de las mismas para no quedar atrapadas durante la deformación prevista del resorte.

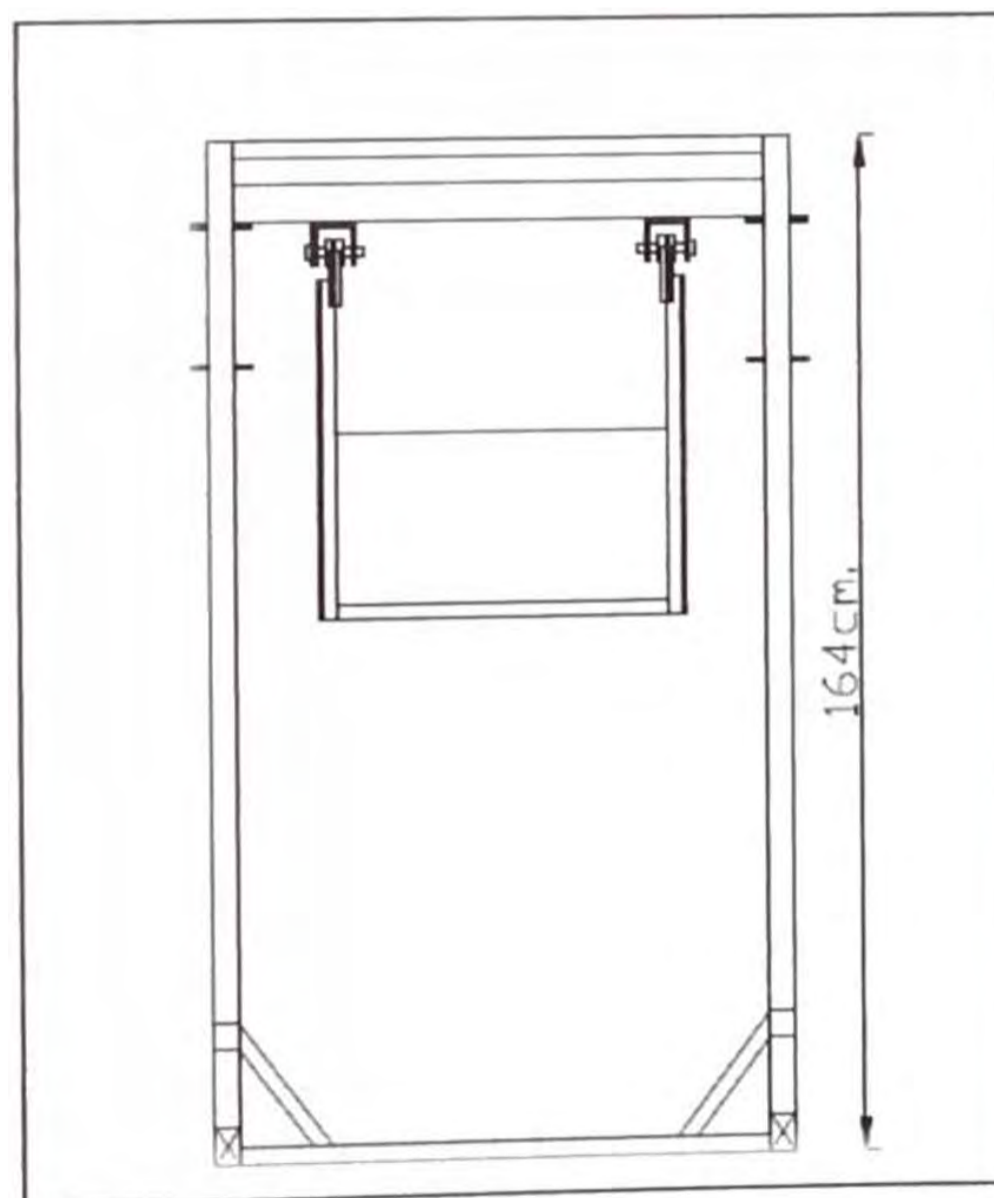


Figura 4.5: Vista Frontal de Dosificador de Agregados a escala

Los trabajos de soldadura fueron delegados a un taller especializado, en donde se iniciaron los trabajos con la fabricación de los

cucharones, y en paralelo se desarrollo el mecanismo de soporte para todo el sistema, como se aprecia en la Figura 4.5, la altura prevista para todo el equipo será de 1.64m.



Fotografía 4.3.1.a: Reforzando soldadura en cucharones

La fabricación del mecanismo de abertura descrito en la Figura 2.13 demando 30 días a tiempo parcial en ser diseñado y fue fabricado en un lapso de 10 días en un taller con torno, se le doto además de una perilla y el espacio suficiente para contar con una escala grafica.



Fotografía 4.3.1.b: Mecanismo de Abertura



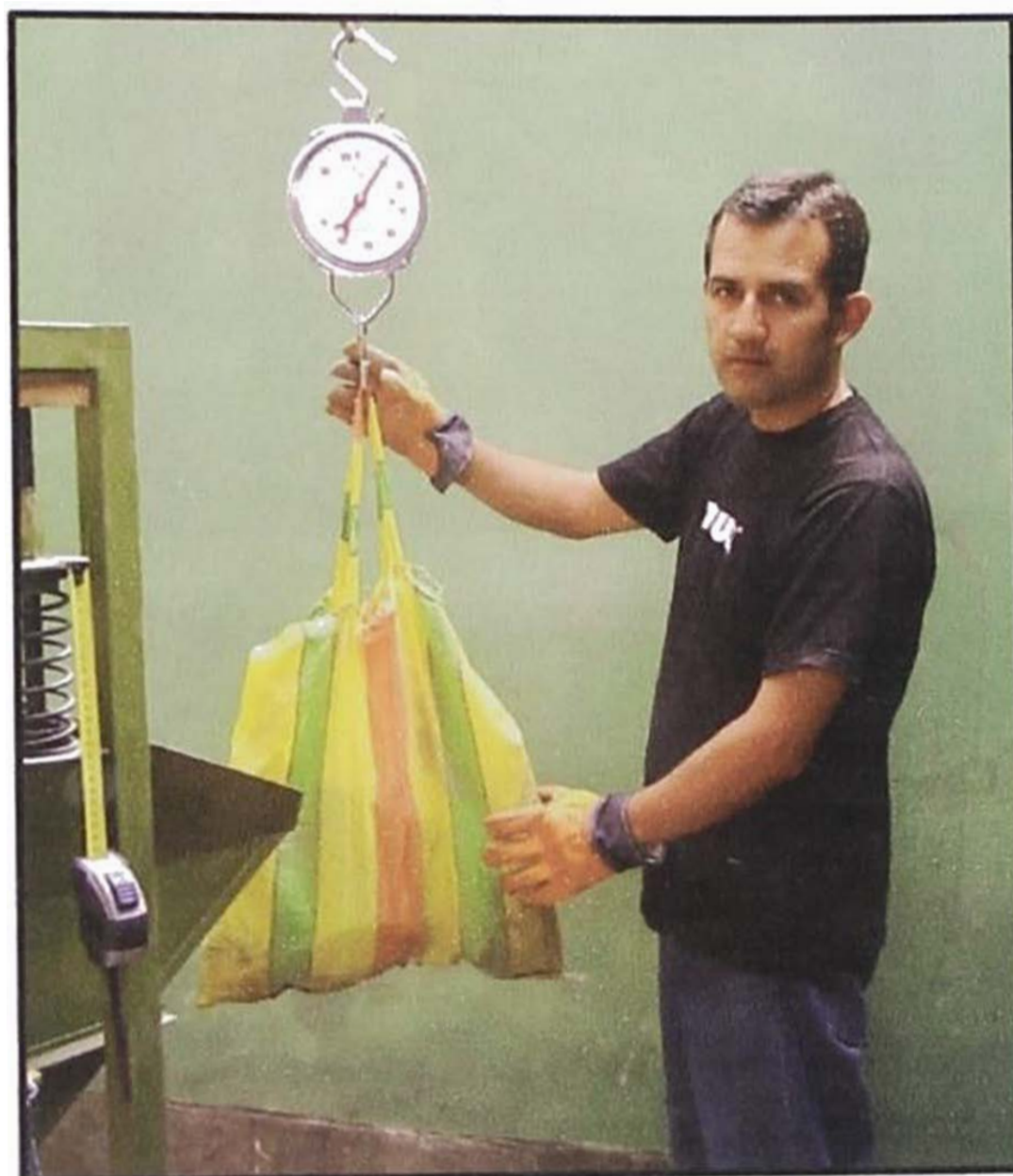
Fotografía 4.3.1.c: Pintando Cucharones con Anticorrosivo



Fotografía 4.3.1.d: Dosificador de agregados ensamblado

DETERMINACION DE LA CONSTANTE K

Para el cálculo de la constante "K" de deformación del sistema se procede a pesar un lote de gravas de 5plg. de diámetro, las cuales se ingresan progresivamente al cucharon y se anotan las deformaciones respectivas.



Fotografía 4.3.2.a: Pesaje de gravas para graduación de cucharon



Fotografía 4.3.2.b: Colocación de gravas a dosificador de agregados

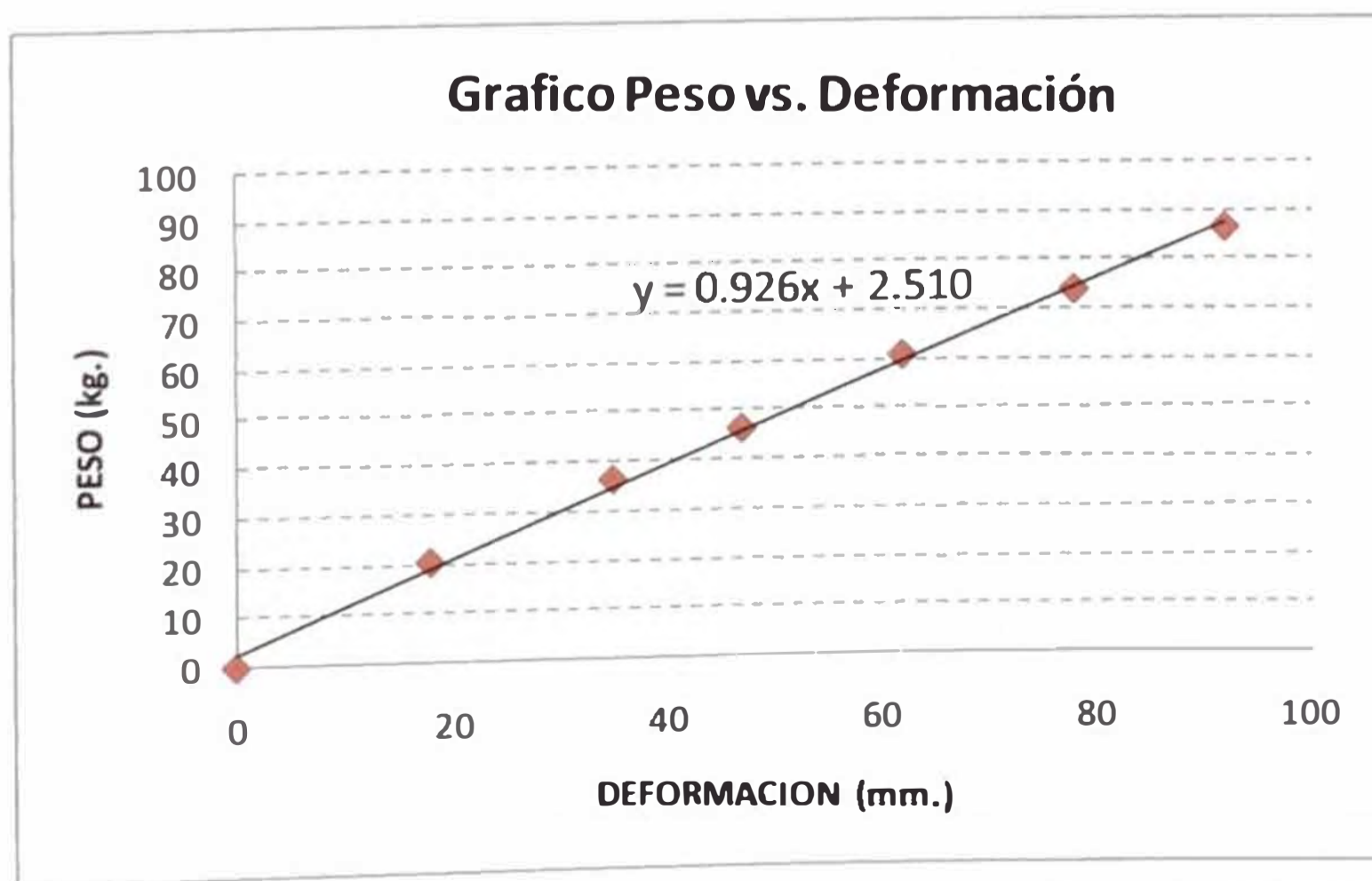


Fotografía 4.3.2.c: Medición de la longitud de deformación del resorte

Finalmente los datos obtenidos son los siguientes:

| DEFORMACION mm | PESO kg. |
|-------------------|-------------|
| 0 | 0 |
| 18 | 20.5 |
| 35 | 36.5 |
| 47 | 46.5 |
| 62 | 61 |
| 78 | 74 |
| 92 | 86.5 |

Con los datos obtenidos se procede a realizar un ajuste por mínimos cuadrados;



La constante de deformación del sistema queda definida con $K=0.926\text{kg/mm.}$, con la cual será elaborada la escala de funcionamiento en peso del equipo.

4.3.2 INSTALACION DEL EQUIPO DOSIFICADOR DE AGREGADOS

A fin de tener el equipo dosificador de agregados debidamente instalado, se deberá de realizar las dos inspecciones iniciales descritas a continuación;

NIVELACION HORIZONTAL

Antes de emplear el equipo dosificador de agregados se deberá de ubicar al mismo en una superficie horizontal, debido a que el mecanismo deslizante de resorte es vertical y de existir alguna inclinación el mecanismo produce rozamiento.

GRADUACION DEL PESO

Luego de ubicar verticalmente el equipo dosificador de agregados se deberá de graduar el peso a evacuar en el mecanismo de abertura.

4.3.3 PRIMER ENSAYO DEL EQUIPO DOSIFICADOR DE AGREGADOS

El equipo dosificador de agregados debe de cumplir la función de pesaje y surtido de agregados de manera autónoma, reduciendo así el número de inspecciones realizadas manualmente por el operario de construcción.

Mediante la construcción y ensamblaje de un equipo de similares características de la maqueta construida, se procede a ensayar el equipo con agregado grueso y fino, describiendo las siguientes experiencias al momento del ensayo:

A.- Ensayo con Agregado Grueso

B.- Ensayo con Agregado Fino

A. ENSAYO CON AGREGADO GRUESO

Este ensayo consistirá en llenar progresivamente el cucharón del dosificador de agregados con piedra chancada, la misma que será recogida desde el suelo con una palana, simulando de esta manera el comportamiento previsto en una obra, donde se apreciará la deformación del resorte y la abertura de compuertas.

DESARROLLO

Acopiar 3 pies cúbicos de agregado grueso junto al dosificador.

Nivelar horizontalmente el Dosificador de Agregados.

Graduar el mecanismo de abertura a un peso requerido.

Colocar un recipiente de recojo debajo del dosificador.

Lanzar el agregado con palana al cucharón del dosificador.

Pesar el recipiente de recojo con agregado.



1



2



3

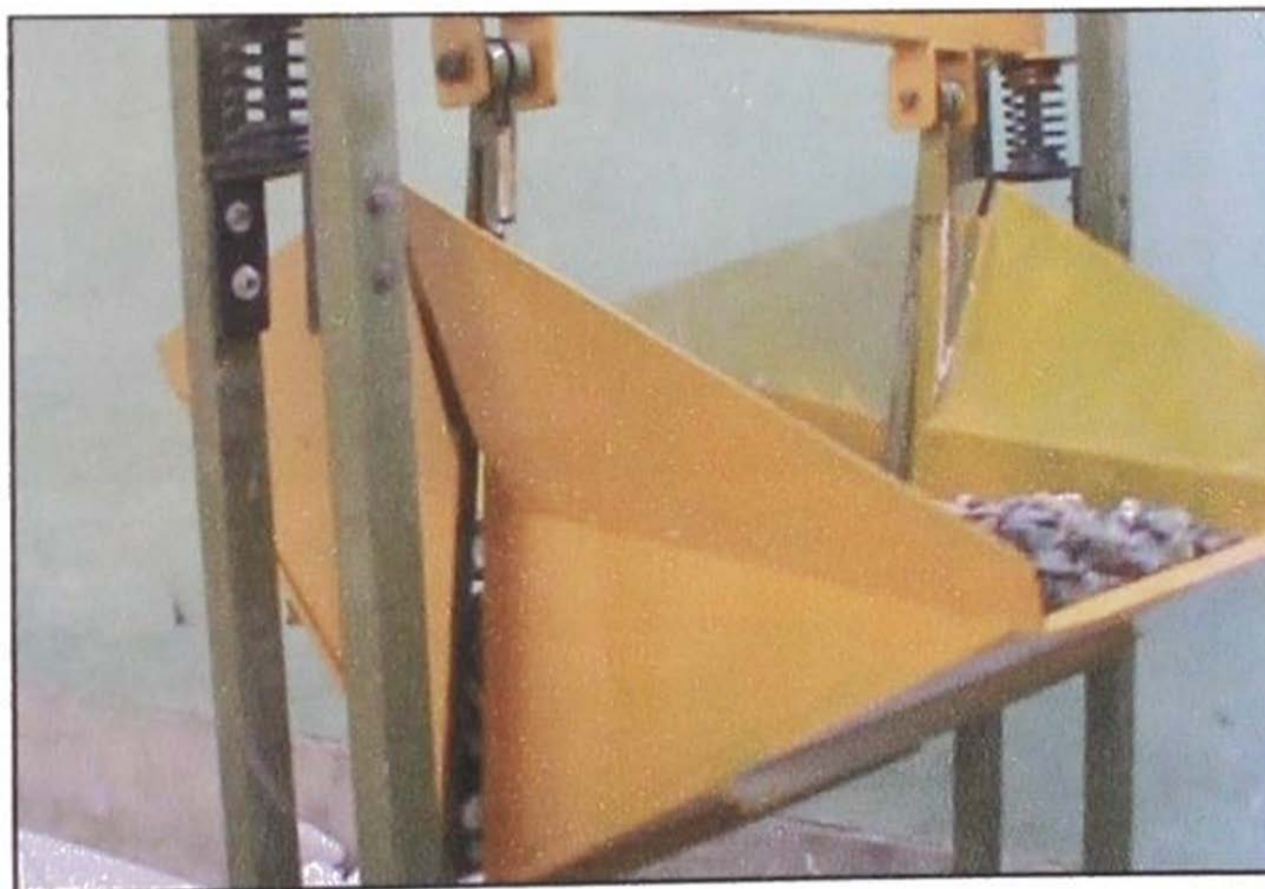


4

En la práctica se esperaba obtener un comportamiento similar al de la maqueta funcional de 15cm., pero en cambio se pudo apreciar que el dosificador de agregados funcionó parcialmente según lo esperado.

Siguiendo el procedimiento descrito, se acopiaron 3 pies cúbicos de agregado junto al equipo dosificador (Foto 1), y luego de haber calibrado el mecanismo de abertura se procedió a cargar con agregado progresivamente los cucharones del dosificador (Foto 2), para finalmente observar que no se abrían en vista de que el empuje previsto no era suficiente (Foto 3), por ello se procedió a forzar con la palana el agregado y obligar a la abertura del equipo (Foto 4).

En este primer ensayo se pudo observar que los cucharones eran inestables por ser pivotantes en los ejes de abertura, lo cual daba cierta inestabilidad al pretender lograr el equilibrio para la abertura de los cucharones.



5

Luego de ejercer presión con la palana sobre el agregado acumulado, los cucharones lograron abrirse parcialmente pero se obstruyeron y continuaron cerrados no logrando evacuar totalmente su contenido (Foto 5), por ello se procede a efectuar el ensayo con agregado fino y ver las diferencias.

B. ENSAYO CON AGREGADO FINO

El ensayo consistirá en llenar progresivamente con arena fina el cucharón del dosificador, con la finalidad de producir el empuje necesario para lograr la abertura y evacuación del agregado acopiado.

DESARROLLO

Colocar 3 pies cúbicos de arena fina junto al dosificador.

Nivelar horizontalmente el Dosificador de Agregados.

Graduar el mecanismo de abertura a un peso requerido.

Colocar un recipiente de recojo debajo del dosificador.

Lanzar el agregado hacia el cucharón del dosificador.

Recoger y pesar el recipiente con el agregado obtenido.



1



2

Se procedió a efectuar el llenado gradual del dosificador de agregados con un balde como se aprecia en la Foto 1 y Foto 2, observandose

que la arena ejercía un mayor empuje en los cucharones a diferencia de la piedra chancada ensayada inicialmente, este empuje logro separar parcialmente los cucharones originando que la arena filtrara gradualmente, perdiendo de esta manera el control del peso.



3

Se realiza un nuevo ensayo colocando un retazo de tela en el encuentro de los cucharones, con la finalidad de incrementar la hermeticidad y capacidad de almacenamiento de los mismos, pero solo se logro que el mecanismo se atasque y no permitiera la evacuación de la arena (Foto 3).

COMENTARIOS DEL PRIMER ENSAYO

Los ensayos efectuados con agregado grueso y fino en el dosificador de agregados describen ciertos puntos que deben ser mejorados, tales como la hermeticidad de los cucharones, sensibilidad en el mecanismo de abertura y seguridad, estos puntos plantean varias alternativas de mejora que están orientadas a colocar bandas de goma que entren en contacto al momento del cierre de los cucharones, o el de reducir el peso y el ángulo de abertura de los cucharones, con lo cual se obtendría un mayor empuje reduciendo la capacidad de almacenamiento de los cucharones, y se estaría generando una inclinación mayor que incrementa el esfuerzo del operario al momento del carguío por una altura mayor de abastecimiento.

Todos estos factores pueden ser analizados para brindar una alternativa funcional del equipo pero la condición mas critica del funcionamiento de este sistema radica en la seguridad, en vista de que al mejorar la sensibilidad del equipo se estaría incrementando su rapidez de funcionamiento pudiendo obtener una separación de los cucharones violenta, cual lo observado en la maqueta funcional, esto originaría el atrapamiento de objetos como los agregados o las manos de los operadores, por tanto se revisa el diseño y se plantea una nueva alternativa que supere las dificultades observadas, concluyendo con la creación de un nuevo cucharon que permita obtener los resultados previstos de productividad, calidad y menor esfuerzo del personal que se detallan en la sección 4.3.4 del segundo ensayo del dosificador.

4.3.4 SEGUNDO ENSAYO DEL EQUIPO DOSIFICADOR DE AGREGADOS

Habiendo obtenido la experiencia con un primer ensayo del equipo dosificador, se procede a fabricar un mecanismo que brinde una mayor sensibilidad en el pesaje y abertura de evacuación de agregados, por ello el cucharón a fabricar será de paredes fijas y con una compuerta en la parte inferior para la descarga de agregados, con lo cual el empuje ejercido por los agregados será sobre una superficie horizontal y no inclinada.

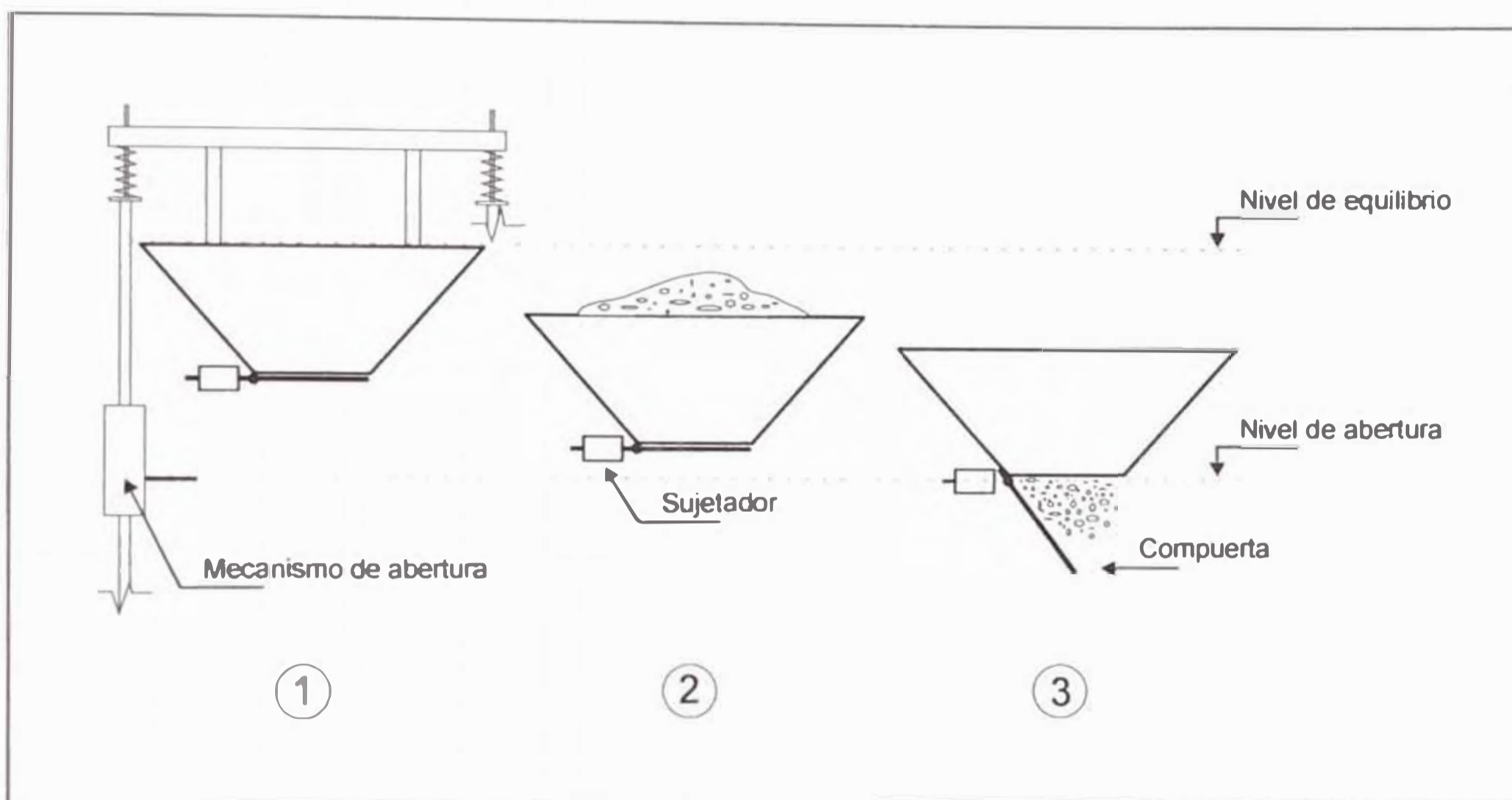


Figura 4.6: Secuencia de abertura de cucharón de compuerta inferior

El funcionamiento previsto para el nuevo cucharón será según el esquema de la Figura 4.6, donde el cucharón parte de una posición inicial de equilibrio (1), luego con la acumulación de agregados el cucharón va desplazándose por la deformación gradual de los resortes (2), finalmente la compuerta instalada en la parte inferior se abre luego de ser accionada por el mecanismo de abertura que libera el sujetador descrito en la figura (3).

El mecanismo de abertura tendrá una barra horizontal que se podrá desplazar verticalmente de acuerdo al peso que se desee obtener con el dosificador, esta barra horizontal accionará al sujetador liberando la compuerta y surtiendo el agregado ya pesado, finalmente la pérdida de peso gradual obliga a retornar al cucharón hasta su nivel de equilibrio para iniciar un nuevo ciclo de pesaje y surtido.

FABRICACION DEL NUEVO CUCHARON

Empleando una lamina de 1.5mm. de espesor para la fabricación del nuevo cucharon, se obtiene la rigidez necesaria de la estructura para poder contener los agregados.



Foto 4.3.4.a: Cucharon con abertura inferior

Se mantiene la estructura inicial que contiene los resortes y el riel de amortiguación que sujeta al nuevo cucharon en vista de que este mecanismo funcionó según lo esperado; luego de instalar el cucharon al riel de amortiguación se procede a instalar la compuerta que evacua los agregados (Foto 4.3.4.b).

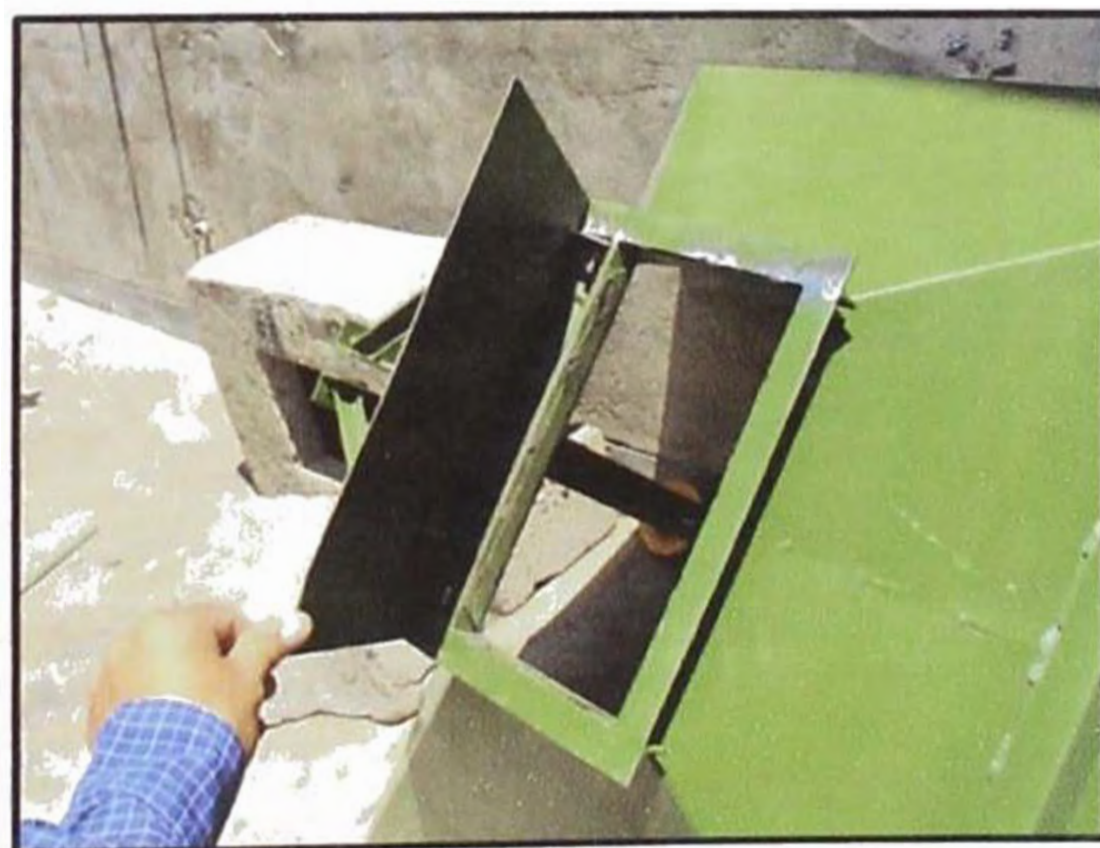


Foto 4.3.4.b: Compuerta de evacuación del nuevo cucharon

Una vez construido y montado el nuevo cucharon se procede a efectuar los ensayos con agregados, como se detalla en la siguiente sección.

A. ENSAYO CON AGREGADO GRUESO

Se procede a efectuar el ensayo del nuevo cucharón mediante el empleo de agregado grueso, en vista de que este agregado ejerció un menor empuje que el agregado fino al momento de ser ensayado con el primer cucharón, siguiendo las pautas descritas a continuación;

DESARROLLO

Se nivela horizontalmente el Dosificador de Agregados.

Se graduar el mecanismo de abertura a un peso requerido.

Se colocar un recipiente de recojo debajo del dosificador.

Se lanza agregado gradualmente con el empleo de un balde al cucharón del dosificador.

Se pesar el recipiente de recojo con agregado.



1

Ubicando el dosificador como se aprecia en la foto 1, se procede a lanzar el agregado mediante el empleo de un balde, simulando de esta manera el proceso acumulativo de agregado al interior del cucharón.



2



3



4



5

Durante el ensayo se apreció que el cucharón empezó a desplazarse verticalmente al recibir la carga como se aprecia en la foto 2, luego el descenso del cucharón obliga a que el sujetador sea accionado por el mecanismo de apertura, produciendo así la evacuación de agregados foto 3, acto seguido el cucharón descarga gradualmente los agregados como se aprecia en la foto 4, finalmente con la pérdida de carga el cucharón regresa a su posición inicial y el mecanismo de retorno instalado en la compuerta obliga a que este regrese a su posición inicial para iniciar un nuevo ciclo (Foto 5).

A.1 DIAGRAMA DE RECORRIDO

Instalando el Dosificador de Agregados en una posición cercana al punto de acopio de agregados se tendrá el siguiente diagrama de recorrido;

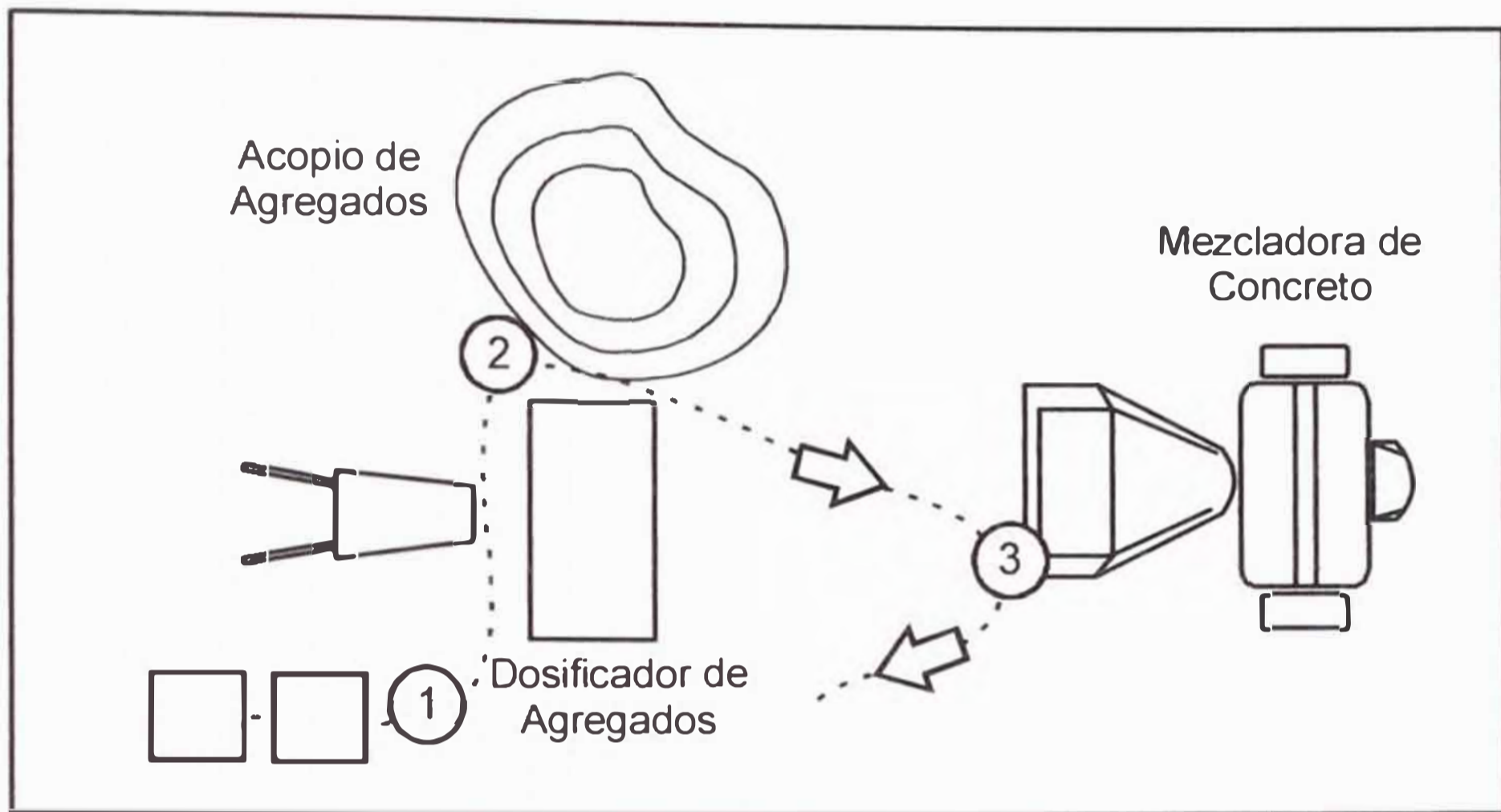


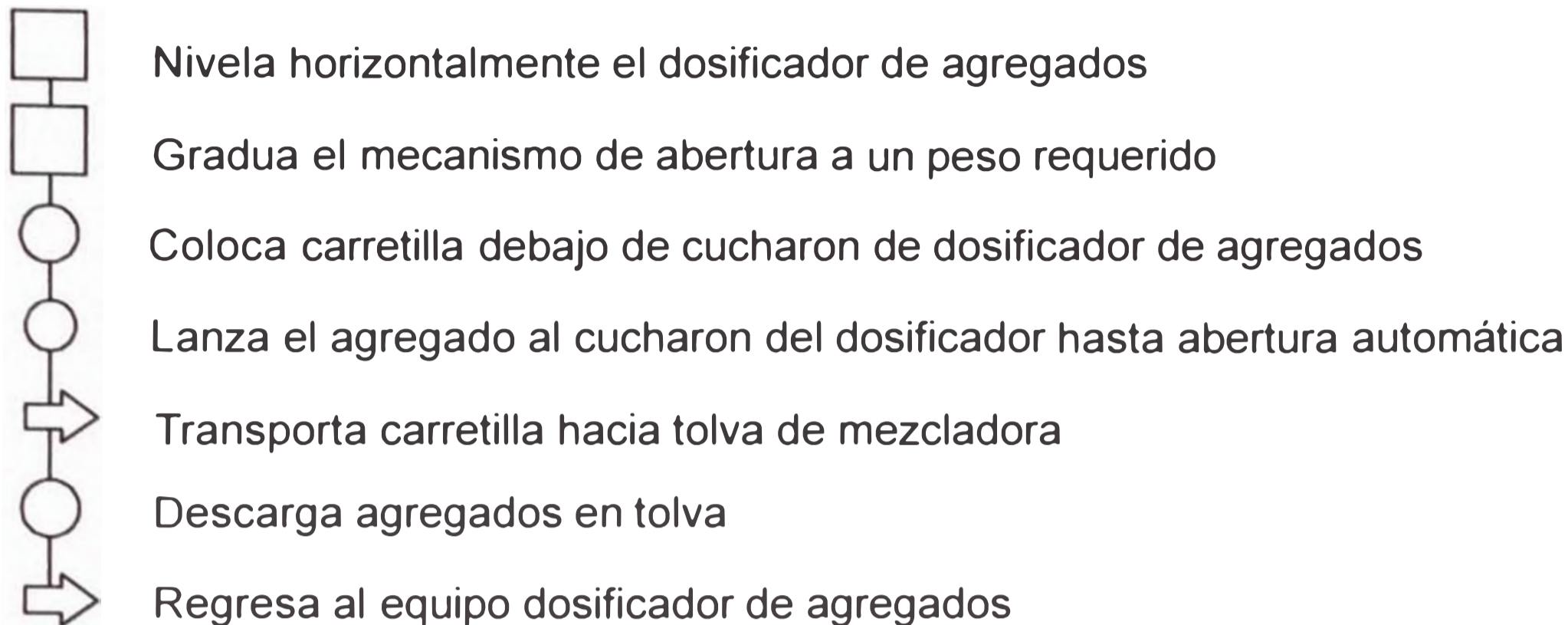
Figura 4.7: Diagrama de Recorrido de proceso de dosificación de agregados empleando el equipo dosificador

Según la Figura 4.7 se aprecian dos inspecciones iniciales para la puesta en funcionamiento del equipo dosificador de agregados, dichas inspecciones son suprimidas a partir del segundo ciclo de operación, en vista de que el equipo queda graduado para realizar las actividades consecutivas de pesado, permitiendo de esta manera agilizar el proceso.

A.2 DIAGRAMA DE PROCESOS

Siguiendo las pautas del método de estudio del trabajo realizamos el diagrama de procesos asociado a la secuencia de abastecimiento y pesado de agregados.

DIAGRAMA DE PROCESOS EMPLEANDO EL EQUIPO DOSIFICADOR DE AGREGADOS



A.3 CUADRO RESUMEN

| RESUMEN | |
|------------------------|---|
| 1 Ciclo | |
| Numero de Operaciones | 3 |
| Numero de Inspecciones | 2 |
| Numero de transportes | 2 |

COMENTARIOS

Las dos inspecciones que demanda la graduación del equipo solo se realizan en la parte inicial, por tanto a partir del segundo ciclo de abastecimiento de agregados el proceso se vuelve mecánico sin perder precisión.

El equipo dosificador de agregados no opera en superficies inclinadas, por tanto se debe de nivelar un área de terreno de un metro cuadrado a fin de garantizar el correcto funcionamiento del equipo.

El ensayo con segundo cucharon del dosificador de agregados funciono según lo esperado.

CAPITULO V

ANALISIS DE RESULTADOS

5.1 EQUIPO DOSIFICADOR DE ADITIVOS

Los volúmenes de aditivo obtenidos con el equipo dosificador son exactos y constantes por lo que es factible suprimir la necesidad de hacer inspecciones manuales y al tanteo con más de un recipiente.

El equipo dosificador de aditivos libera la permanencia o continuidad de un solo operario, debido a que las llaves de paso pueden ser manipuladas sin dificultad, permitiendo de esta manera alternar a los operarios.

Al emplear una probeta graduada para comprobar la precisión del volumen dispensado, se comprobó que este era constante y similar al obtenido en la tanda anterior, por tanto se obtuvo un equipo de precisión para la actividad requerida.

Efectuando un cuadro comparativo entre el método observado y el método propuesto para la dosificación de aditivos tenemos:

| | Metodo Observado | Utilizando Dosificador |
|---------------------------|---------------------|---------------------------|
| Numero de Operaciones | 5 | 5 |
| Numero de Inspecciones | 2 | 2 |
| Numero de Almacenamientos | 1 | 1 |

- Se observa que para el primer ciclo de dosificación, ambos métodos emplean el mismo número de actividades, debido al abastecimiento inicial de su recipiente de almacenamiento.

Las inspecciones realizadas con el método observado demandan un mayor tiempo que las inspecciones realizadas al utilizar el dosificador de aditivos, debido a que las dosificaciones son ejecutadas manualmente con un recipiente y probeta graduada.

En el método observado el operario tiene que abastecer periódicamente (cada 5 ciclos) su recipiente R1 de 2 litros de capacidad, a diferencia del método propuesto que utiliza un gran recipiente de almacenamiento para 95 ciclos.

Efectuando un cuadro comparativo para 10 ciclos entre ambos métodos de dosificación tenemos:

| | Metodo Observado | Utilizando Dosificador |
|---------------------------|------------------|------------------------|
| Numero de Operaciones | 40 | 40 |
| Numero de Inspecciones | 20 | 10 |
| Numero de Almacenamientos | 10 | 10 |

Se observa que al emplear el Dosificador de aditivos el operario realiza un menor número de inspecciones lo que se traduce en ahorro de tiempo agilizando los ciclos de dosificación.

Se apreció que el equipo dosificador brinda cantidades exactas del volumen de aditivo requerido.

Al emplear un equipo que suprima las inspecciones manuales se pudo aprovechar mejor tiempos requeridos en capacitar a un personal de laboratorio, lo cual se vio reflejado en un vaciado prolongado de concreto que demando 24 horas consecutivas de abastecimiento, donde se alterno al ayudante de laboratorio por uno de construcción que pudo operar el equipo sin dificultad.

Al emplear el equipo dosificador de aditivos se redujeron las posturas inapropiadas del ayudante de laboratorio, reduciendo así la fatiga del personal en ciclos de producción prolongados.

5.2 EQUIPO DOSIFICADOR DE AGUA

El volumen de almacenamiento del equipo dosificador de agua permanece invariable una vez que se ha sido graduado, por tanto el equipo se ajusta a las exigencias de la Norma ASTM C685 que permite incluso variaciones de $\pm 1\%$.

Al emplear el equipo dosificador de agua se pudo apreciar que el proceso de carguío ya no era exclusivo del operador de la mezcladora, en vista de que el equipo permite ser abastecido de forma continua o interrumpida sin alterar el volumen final por la manipulación de más de un operario.

El equipo dosificador de agua faculta el empleo apropiado de aditivos líquidos en vista de que puede almacenar el total de agua requerida por tanda y derivarla en una sola operación.

Al emplear el equipo dosificador de agua se reducen las horas maquina improductivas, en vista de que el agua deja de ser vertida al tanteo y se elimina la necesidad de agregar el agua durante el proceso de batido.

Efectuando un cuadro comparativo del primer ciclo entre el método observado y el método propuesto para la dosificación y abastecimiento de agua a una mezcladora tipo tolva tenemos:

| | Metodo al Tanteo | Utilizando Dosificador |
|------------------------|------------------|------------------------|
| Numero de Operaciones | 5 | 5 |
| Numero de Inspecciones | 2 | 2 |
| Numero de Esperas | 2 | 2 |

Se aprecia que ambos procedimientos tienen la misma cantidad de operaciones, inspecciones y esperas para el primer ciclo; la diferencia radica en el tiempo en que ocurren dichos eventos, es decir, en el método al tanteo las inspecciones son interrumpidas por una verificación visual del batido, mientras que las inspecciones realizadas en el equipo dosificador de agua están referidas a la graduación inicial que se realizan por única vez.

El equipo dosificador de agua reduce los desperdicios por salpicaduras de la mezcladora, en vista de que el agua ingresa en simultaneo con los agregados que van uniformizándose gradualmente.

El equipo dosificador de agua reduce el riesgo de accidentes al evitar el acercamiento del operario a la mezcladora en movimiento para abastecerla de agua.

EL equipo dosificador de agua aprovecha el trabajo máquina para poder izar toda el agua requerida en una sola operación, reduciendo el agotamiento físico del personal operario por posturas inapropiadas.

Efectuando un cuadro comparativo para 10 ciclos consecutivos de abastecimiento de agua después de la graduación inicial, tenemos:

| | Metodo al Tanteo | Utilizando Dosificador |
|------------------------|------------------|------------------------|
| Numero de Operaciones | 50 | 50 |
| Numero de Inspecciones | 20 | - |
| Numero de Esperas | 20 | 20 |

Empleando el equipo dosificador de agua se eliminan las inspecciones a partir del segundo ciclo sin perder la precisión en el volumen de agua previsto.

Al suprimir las inspecciones se reducen los tiempos improductivos por esperas visuales del método al tanteo.

Al garantizar el abastecimiento continuo de un volumen definido de agua se contribuye a la elaboración de un concreto de calidad.

Al introducir el equipo dosificador de agua se contribuye con un medio indirecto de capacitación al personal obrero que empieza a reconocer la importancia de controlar el volumen de agua.

Al reducir los tiempos en esperas e inspecciones se contribuye a incrementar los tiempos de batido según especificaciones técnicas.

5.3 EQUIPO DOSIFICADOR DE AGREGADOS

Primer ensayo: Cucharón de Compuertas batientes inclinadas

Durante la realización del primer ensayo con el cucharón de compuertas batientes, el empuje del agregado fino fue mayor que el empuje del agregado grueso, la justificación a este evento radica en que el agregado fino tiene un mayor Peso Unitario Suelto que el agregado grueso por ocupar todos los vacíos disponibles, por ello se estimó que los arreglos por disminuir el peso de las compuertas y el ángulo de inclinación no serían de gran implicancia por mejorar el equipo.

La fabricación del cucharón de compuertas batientes inclinadas se basó en el comportamiento de fluido que poseen las arenas, donde se pretendió aplicar los principios de la mecánica de fluidos en vista de que esta propiedad es visible en los relojes de arena o en el método del cono y la arena cuando se realiza un ensayo de densidad en campo.

Durante el ensayo de este primer cucharón se pudo determinar que existen ciertas restricciones que impiden el comportamiento de fluido en los agregados empleados, tales como:

La Granulometría

A mayor granulometría se va perdiendo el comportamiento de fluido, por ello solo las arenas finas pueden simular bajo ciertas condiciones a un fluido.

La Forma del Agregado

Un agregado ovalado tiende a resbalar cuando está apilado uno encima de otro por ello puede surgir un empuje lateral a diferencia de un agregado de partículas planas que puede presentar un acopio vertical sin discurrir (simulando una pirca).

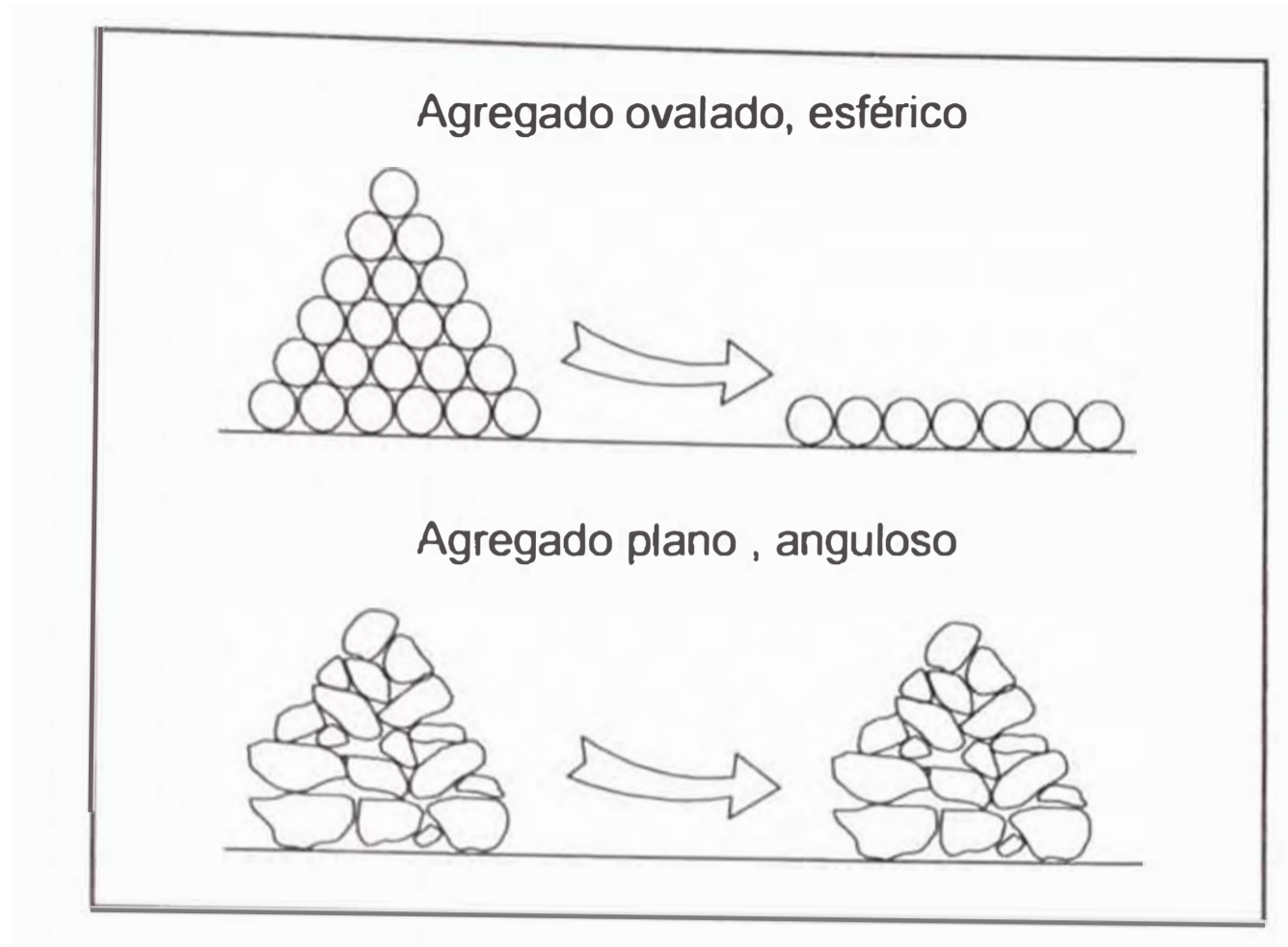


Figura 5.1: Partículas de Agregados

La Humedad

Los agregados finos se cohesionan cuando el agua presente supera el estado Saturado Superficialmente Seco, lo cual es muy probable que suceda en una obra en vista de que se riega eventualmente los agregados para reducir el polvo o en regiones lluviosas el agregado siempre tiene que ser corregido por la humedad.

Por estas tres razones y en especial la mencionada anteriormente del comportamiento violento que posee la abertura del cucharón al momento de ensayar la maqueta, se opta por realizar un segundo ensayo con un cucharón de compuerta inferior, que se describe a continuación.

Segundo ensayo: Cucharón de Compuerta Inferior

Durante el ensayo del segundo cucharón se pudo comprobar que el equipo era funcional en cuanto al sistema de abertura proyectado, compuesto por una compuerta inferior, obteniéndose una abertura controlada del agregado grueso que en el primer ensayo no produjo un empuje apropiado en una pared inclinada.

La precisión del equipo está vinculada al método con el cual sea cargado, es decir se pueden obtener valores exactos o dentro de los rangos

permisibles del peso establecido por norma, por ejemplo si el carguío se ejecuta empleando una palana, el peso obtenido tendrá una variación de +-50% del peso de la unidad menor, si lo que carga cada palana esta en el orden de los 4kg. , el peso obtenido tendrá una variación de +-2kg, por tanto para un diseño de 100kg de peso por agregado la variación de 2kg estaría al límite de lo permisible en la norma ASTM C94 que estipula variaciones de 2% en peso, por ello las técnicas de llenado pueden controlarse disminuyendo la capacidad de carga de la palana en los últimos lanzamientos ya que el equipo se abrirá hasta completar un peso exacto.

Efectuando un cuadro comparativo para el primer ciclo de dosificación y abastecimiento de agregados entre los métodos observados de peso y volumen con el método propuesto tenemos:

| | Método Observado | | Método Propuesto |
|------------------------|------------------|------------|------------------|
| | En Peso | En Volumen | Con Dosificador |
| Numero de Operaciones | 3 | 11 | 3 |
| Numero de Inspecciones | 1 | 4 | 2 |
| Numero de transportes | 3 | 2 | 2 |

Se aprecia que dosificar en volumen demanda de un mayor número de operaciones por la graduación volumétrica inicial de la carretilla.

El método de graduación volumétrica de una carretilla requiere de un mayor esfuerzo del personal, en vista de que emplea una cubeta de madera que es manipulada entre dos personas.

Dosificar en Peso con el método observado requiere de una inspección que se desarrolla lentamente por la obtención del peso requerido por cada carretilla que es pesada en la balanza.

Al emplear el equipo dosificador se requieren de dos inspecciones iniciales, que no intervienen o interrumpen posteriormente el ciclo de abastecimiento y surtido de agregados, por ello es el método más rápido y que demanda menor esfuerzo al obtener agregado dosificado en peso dentro de los límites permisibles.

Efectuando un cuadro comparativo para 10 ciclos de abastecimiento después de la graduación inicial de los tres métodos tenemos:

| | Método Observado | | Método Propuesto |
|------------------------|------------------|------------|------------------|
| | En Peso | En Volumen | Con Dosificador |
| Numero de Operaciones | 30 | 30 | 30 |
| Numero de Inspecciones | 10 | 10 | - |
| Numero de transportes | 30 | 20 | 20 |

Se aprecia que equipo dosificador de agregados suprime las inspecciones y automatiza el proceso de pesado y surtido de agregados, convirtiéndolo en un equipo que acelera los ciclos de producción.

5.4 SISTEMA DE DOSIFICACION DE ADITIVOS, AGUA Y AGREGADOS.

Al emplear los equipos desarrollados de dosificación de agregados, agua y aditivos se faculta la posibilidad de emplear eficientemente las mezcladoras, en vista de que las tandas de elaboración de concreto no estarán basadas únicamente en múltiplos enteros de un pie cubico de cemento (42.5kg. aprox.), debido a que se están introduciendo las herramientas necesarias para abastecer a su máxima capacidad a las mezcladoras sin perder la precisión del peso y volumen.

Los equipos desarrollados contribuyen a mejorar la calidad del concreto elaborado en obra, debido a que los componentes son graduados en cantidades exactas y dentro de los parámetros establecidos por norma, produciendo un concreto de calidad.

El sistema desarrollado contribuye a reducir la horas maquina y horas hombre en la elaboración de concreto de calidad en obra.

Los equipos desarrollados contribuyen a la capacitación indirecta del personal obrero, tecnificando la mano de obra en la construcción civil.

CONCLUSIONES

1. Es posible incrementar la productividad en la elaboración de concreto con mezcladoras, mediante la implementación de los nuevos equipos y metodologías desarrolladas en la presente tesis, a fin de reducir las inspecciones manuales y/o al tanteo que son causal de alteración en las proporciones.
2. La propuesta tecnológica y metodología desarrollada optimiza la interacción entre el trabajador, maquina y ambiente de trabajo, reduciendo el agotamiento físico del personal que es causal de alteración en las proporciones durante el abastecimiento de insumos en la elaboración de concreto con mezcladoras.
3. Los métodos actuales de abastecimiento de agregados y herramientas empleadas en la elaboración de concreto con mezcladoras tipo tolva, no permiten obtener la máxima eficiencia del equipo, debido a que no son abastecidas a su máxima capacidad, con la metodología desarrollada en la presente tesis se introducen los medios necesarios para conseguir el máximo desempeño de una mezcladora tipo tolva, ya que se faculta la posibilidad de preparar tandas de agregados en peso e incluso es posible incrementar la sensibilidad del dosificador de agregados, para poder pesar y surtir el cemento dentro de los parámetros permisibles por Norma.
4. La propuesta tecnológica y metodología desarrollada permiten agilizar proceso de abastecimiento de agregados en peso, lo que permitirá obtener un concreto homogéneo más confiable, al suprimir la necesidad de dosificar y abastecer en volumen.
5. La metodología desarrollada cumple con los parámetros estipulados en la norma E-060, asegurando de que el agua comience a ingresar antes que el cemento y los agregados.
6. La propuesta tecnológica y metodología desarrollada reducen la probabilidad de desarrollar una lesión en el trabajador, mediante el aprovechamiento del trabajo mecánico de la mezcladora para las labores de izaje y abastecimiento de agua.

7. La eliminación de inspecciones visuales durante el proceso de dosificación, reduce los tiempos de espera que se traducen en ahorro de horas hombre y horas maquina, factores que pueden ser motivo de investigación en tesis futuras.
8. La propuesta tecnológica desarrollada contribuye a mantener los tiempos mínimos requeridos de batido de concreto según Norma, debido a que muchas veces este tiempo es obviado por la falta de conocimiento, insuficiente supervisión o premura en los ciclos de abastecimiento que se ven afectados por tiempos en esperas e inspecciones al tanteo.
9. Los equipos desarrollados son un medio de capacitación indirecta del personal de obra, que va introduciendo en sus conceptos la importancia de mantener un diseño de mezcla en peso.
10. La propuesta tecnológica y metodología desarrollada contribuyen a reducir la fatiga en los trabajadores, permitiéndoles recuperarse en corto tiempo luego de una jornada de trabajo.
11. Los equipos dosificadores de agua, agregados y aditivos son regulables en altura y posicionamiento de trabajo, por tanto pueden ser fácilmente empleados por un trabajador de construcción civil promedio, evitando posturas incómodas de trabajo.
12. La propuesta tecnológica y metodología desarrollada permiten romper la monotonía de los trabajos asignados a una persona específica durante el proceso de abastecimiento de agregados a la mezcladora, en vista de que las inspecciones se realizan instrumentalmente lo que permite alternar o compartir funciones para mantener un ciclo de producción eficiente.

RECOMENDACIONES

1. Para la dosificación manual de agua se recomienda emplear recipientes de áreas de sección conocidas y de alturas mayores al diámetro del recipiente, con lo cual se mejoraría la dosificación manual.
2. Se recomienda introducir sensores digitales para el control de abertura y pesaje del equipo dosificador de agregados, con lo cual se mejoraría la precisión del equipo.
3. Se recomienda emplear los equipos desarrollados para iniciar investigaciones referidas a la reducción de la resistencia promedio, según lo estipulado en la Norma E-060 sección 4.5, con lo cual se podría obtener un ahorro económico en la compra de cemento.
4. Se recomienda buscar ciertos mecanismos que permitan reducir la manipulación de bolsas de cemento de 42.5kg, en vista de que se está superando el límite permisible de 25kg. estipulado en el manual de manipulación de cargas publicado en la Norma Básica de Ergonomía (2008-Peru)
5. Se recomienda ampliar los ambientes de trabajo al momento de almacenar los agregados, con la finalidad de generar el espacio necesario para el tránsito del personal y la instalación de los equipos desarrollados en la presente tesis.
6. Se recomienda realizar capacitaciones a los operadores de las mezcladoras a fin de difundir conceptos teóricos que contribuyan a emplear apropiadamente los equipos en cuanto a tiempos de batido, capacidad de carga y la importancia de la dosificación en peso.
7. Se recomienda definir claramente los roles y responsabilidades que deberá ejecutar cada trabajador durante el proceso de abastecimiento de agregados a la mezcladora.
8. Se recomienda introducir el software y el curso de Solidworks en la FIC-UNI a fin de motivar el desarrollo de nuevos equipos y herramientas para la construcción..

BIBLIOGRAFIA

ACI Capitulo Peruano, Tecnologia del Concreto, Editorial ACI Capitulo Peruano 1998, Perú.

Aliaga Díaz, Luis, Introducción al Estudio del Trabajo en Edificaciones, Tesis UNI - FIC, 1991, Perú.

Beer Ferdinand P., Mecánica de Materiales, cuarta edición, editorial Mc Graw 2007, México.

Huarcaya Olarte, Jorge, Evaluación de Ensayo de Resistencia a Compresión de Probetas de Concreto utilizando Almohadillas de Fabricación Nacional, Tesis UNI - FIC, 2006, Perú.

Leyva Naveros, Humberto, Física I Teoría y Problemas Resueltos, editorial Moshera 1995, Perú.

Llanos Calúa, Héctor, Constructabilidad - Herramienta para el Mejoramiento en la Construcción, Tesis UNI - FIC, 2006, Perú.

Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, Norma Básica de Ergonomía -Oficio N° 2042-2008-MTPE/2, 2008, Perú.

Organización Internacional de Trabajo OIT, Introducción al Estudio del Trabajo; imprenta del Journal Geneve 1965, Ginebra, Suiza.

Merle C., Potter, Mecánica de Fluidos, tercera edición, editorial Thomson 2002, México.

Hernandez Sampieri, Roberto, Metodología de la Investigación, editorial Mc Graw 2006, México.

Solid Works, curso llevado en la facultad de Mecánica UNI-FIM para el diseño y simulación de equipos en 3D, UNI – FIM 2008

Trujillo Parraga, Isaac, Estudio de Tiempos y Modelo Productivo de Demoras de los Procesos para la Medición de la Productividad en los Procesos Constructivos, Tesis UNI - FIC, 1994, Perú.

Ulloa Velásquez, Wilfredo, Apuntes de clase del curso Programación de Obras, Capitulo Estudio del Trabajo, UNI - FIC 2008.