



ANÁLISIS DE LAS ACTIVIDADES QUE CONSUMEN AGUA POTABLE EN ETAPA DE OBRA GRUESA: CASO DE ESTUDIO OBRA EL ROBLE

Proyecto de Título para optar al Título de Constructor Civil

Estudiante:
José Manuel Guerra Pincheira

Profesor Guía:
Claudia Andrea Rojo Mellado

Fecha:
Junio 2021
Santiago, Chile

SOLO USO ACADÉMICO

“A todas mis personas queridas”

AGREDECIMIENTOS

Los logros de esta investigación se deben a la gran voluntad y conocimientos de mi profesora tutora Claudia Rojo Mellado, además de la gran ayuda de mi compañera Amanda Abaroa y mi hermana María Jesus Guerra. Además, agradecer infinitamente todo el equipo de la Obra El Roble por la oportunidad de realizar la investigación con ellos, en especial al administrador de la obra Armando Robles.

Siempre agradecido de mi familia por la gran oportunidad que me brindaron y su preocupación para mi bienestar y así crear un ambiente óptimo para la realización de esta investigación.

SOLO USO ACADÉMICO

ÍNDICE

CONTEXTO HIDRICO MUNDIAL:.....	9
CONTEXTO HIDRICO EN CHILE	11
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
OBJETIVO GENERAL	15
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
METODOLOGÍA	20
1. CONSUMO DE AGUA (TEÓRICO) DIRECTO	22
1.1. Consumos de operación.....	22
1.2. Consumos aseos de la obra:.....	24
1.3. Consumo de tratamientos:	25
1.4. Consumo de Mano de Obra:.....	29
2. CONSUMO DE AGUA (TEÓRICO) INDIRECTO	35
2.1. Consumo de agua potable por bidones:	35
2.2. Consumo de agua potable en hormigón	36
3. OTROS CONSUMOS:	39
ANÁLISIS DE RESULTADOS	40
Consumo real caso de estudio.....	40
Contraste consumo real v/s consumo estimado	42
Valores de consumo de agua vs valores del proyecto.....	46
CONCLUSIONES:	48
ANEXOS.....	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Mapa de déficit/superávit de precipitaciones acumuladas a agosto 2019 .	11
Figura N° 2: Decreto M.O.P zonas de escasez	13
Figura N° 3: Plano Planta Piso 1, Obra El Roble	17
Figura N° 4: Plano Planta Piso Tipo 3-8.....	18
Figura N° 5: Proyecto Obra El Roble	19
Figura N° 6: Esquema de actividades.....	21
Figura N° 7: Ficha tecnica hidrolavadora SpitWater HP201S	25
Figura N° 8: Memoria de cálculo de dosificación hormigón.	37
Figura N° 9: Extracto facturación Obra El Roble.....	41
Figura N° 10: Pagos Agua potable Obra El Roble.	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Superficies obra El Roble.....	16
Tabla N° 2: Consumo Bomba de hormigón.....	23
Tabla N° 3: Calculo teórico consumo de agua tratamiento de juntas losas.	26
Tabla N° 4: Calculo teórico consumo de agua tratamiento de juntas pilares.....	26
Tabla N° 5: Cálculo teórico consumo de agua en limpieza de enfierraduras y moldaje.....	28
Tabla N° 6: Cálculo consumo de agua para yeso en moldajes de pilares.....	28
Tabla N° 7: N ° trabajadores por periodo, Obra El Roble	30
Tabla N° 8: Promedio, Máximos y Mínimos de trabajadores en obra.....	31
Tabla N° 9: Consumo agua Mano de Obra con contrato directo.	31
Tabla N° 10: Consumo agua Mano de Obra Subcontrato.....	32
Tabla N° 11: Consumo trabajadores oficinas, profesionales y supervisores.	32
Tabla N° 12: Consumo total trabajadores Obra El Roble.....	33
Tabla N° 13: Consumo de agua, compra de bidones.	35
Tabla N° 14: Consumo de agua hormigón.....	38
Tabla N° 15: Consumos Teóricos actividades Obra El Roble.	42

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1: Trabajadores por mes.	34
Gráfico N° 2: Consumos Obra El Roble.....	43
Gráfico N° 3: Valores de Obra Gruesa v/s valor de agua potable.	47

SOLO USO ACADÉMICO

RESUMEN

El sector de la construcción tiene, a nivel mundial, un impacto significativo para el medioambiente. Este produce efectos que pueden ser negativos en el ecosistema debido a su alto impacto de deforestación, consumo de recursos naturales y emisión de contaminantes (Nazer A., Pavez O., Zuñiga B., Gonzalez L., 2018).

Hoy en Chile se vive un cambio importante debido al cambio climático, variaciones en las temperaturas que conllevan alteraciones en el comportamiento del ecosistema. Un ejemplo claro es la variación negativa que se tiene de los sistemas frontales a lo largo del país con más notoriedad en la zona centro- sur del país (Garreaud, 2011). Esto trae consigo un cambio crítico ya que al haber un aumento en las temperaturas y menor frecuencia de precipitaciones da como resultado una disminución de los volúmenes anuales de escorrentía y deshielos anticipados (Garreaud, 2011).

Actualmente, Chile se encuentra con una escasez hídrica importante, además, existen localidades del país que presentan notorias sequías (*Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia - CR2*, 2020). Un 21,6% a nivel nacional presenta un grado de desertificación, afectando así a 6.816.661 habitantes aproximadamente, correspondiente a 151 comunas del país (Sud-Austral Consulting SpA, 2016).

Dado todo lo expuesto anteriormente, es que se hace necesario buscar cambios en el actuar cotidiano sobre el uso de los recursos hídricos a nivel país.

Si dimensionamos la cantidad de agua que se consume en proyectos de construcción, podemos dar cuenta que se utiliza una gran cantidad de recurso hídrico en una parte importante de las partidas de la obra existen consumos de agua (Nazer et al., 2018). Para dar cuenta de esto, la presente investigación tendrá como caso de estudio un proyecto de construcción en la etapa de obra gruesa. Se buscará identificar las partidas que tengan consumo de agua potable en la etapa de obra gruesa de una construcción con destino a oficinas. Se analizarán todas las partidas que estén comprendidas en la etapa de obra gruesa de la obra a estudiar en un periodo de 12 meses excluyendo la etapa de excavación. Esto con el fin de determinar sus consumos totales, desglosando su interacción si es de forma directa o indirecta y crear criterios y análisis teóricos con los datos obtenidos.

Palabras Claves: Consumo Hídrico, Agua potable, Construcción, Obra gruesa.

SUMMARY

The construction sector has, worldwide, a significant impact on the environment. This produces effects that can be negative in the ecosystem due to its high impact of deforestation, consumption of natural resources and emission of pollutants (Nazer A., Pavez O., Zuñiga B., Gonzalez L., 2018).

Today in Chile we are experiencing an important change due to climate change, variations in temperatures that lead to alterations in the behavior of the ecosystem. A clear example is the negative variation of frontal systems throughout the country with more notoriety in the central-southern zone of the country (Garreaud, 2011). This brings with it a critical change since an increase in temperatures and less frequent precipitation results in a decrease in the annual volumes of runoff and anticipated thaws (Garreaud, 2011).

Currently, Chile has a significant water shortage, and there are locations in the country with notorious droughts (Center for Climate Science and Resilience - CR2, 2020). A 21.6% at national level presents a degree of desertification, thus affecting approximately 6,816,661 inhabitants, corresponding to 151 communes of the country (Sud-Austral Consulting SpA, 2016).

Given all of the above, it is necessary to seek changes in the daily actions on the use of water resources at a national level.

If we dimension the amount of water consumed in construction projects, we can realize that a large amount of water resource is used in an important part of the work items there are water consumptions (Nazer et al., 2018). To account for this, the present research will have as a case study a construction project in the rough work stage. It will be sought to identify the items that have drinking water consumption in the rough construction stage of a construction for office use. All the items that are included in the rough construction stage of the work to be studied in a period of 12 months, excluding the excavation stage, will be analyzed. This will be done in order to determine their total consumption, breaking down whether their interaction is direct or indirect, and to create criteria and theoretical analysis with the data obtained.

Keywords: Water consumption, Drinking water, Construction, Major works.

CONTEXTO HIDRICO MUNDIAL:

Hoy el planeta vive uno de sus momentos más críticos que se ha generado por el cambio climático (Nazer et al., 2018).

Los recursos naturales usados como materia prima no han tenido mayor variación. Durante los últimos 50 años se tiene un consumo de agua insostenible que ha futuro no nos dará abasto (Santibañez Q., 2017). Existe una crisis del agua que ha ido en aumento. En el siglo XX se vivenció una demanda de agua que se multiplicó por más de 6 veces, mientras que la población mundial se triplicó. Por esto, se estima que para el 2025 dos tercios de la población enfrentará problemas de acceso al recurso hídrico, esto por escasez grave o moderada (Martínez Valdés & Villalejo García, 2018).

El agua es un recurso vital para nuestro ecosistema. En el planeta, se puede cuantificar un 97% aproximadamente de agua proveniente de los océanos, y solo un 2,5 de agua dulce. Si desglosamos este 2,5% el 79% de este corresponde a agua dulce en los glaciares, el 20% es agua subterránea y solo el 1% es agua en la superficie de fácil acceso, que pudiera ser empleada para consumo humano (Agudelo C., 2005).

Se vive un momento de escasez hídrica mundial, los polos están perdiendo masa debido a las alzas en las temperaturas del ecosistema, lo que trae consigo deshielos de forma exponencial combinando el agua del glaciar con el agua de mar (Peralta Rodriguez, 2020), dando como resultado un cambio en su composición, salinizando el agua y aumentando el problema para su consumo. Según un artículo publicado por las Naciones Unidas, “el agua es muy importante para el desarrollo humano y es de vital importancia reducir la carga de enfermedades y mejorar la salud de las personas”(*USGS Water-Science School*, s. f.).

Uno de los grandes problemas de esta situación es que no se cuenta con acceso asegurado a agua dulce para todas las personas. De hecho, según la OMS aproximadamente 3 de cada 10 personas carecen de acceso a agua potable y 6 de cada 10 no obtienen de saneamiento seguro (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2017). En cifras, alrededor de 2.100 millones de personas no tienen acceso al agua dulce, mientras que 4.500 millones no tienen un saneamiento seguro (OMS, 2017).

Si bien el agua es utilizada mayormente en los sectores de la agricultura, las industrias tienen un consumo importante (Pinto A., Faúndez R., Mancilla C., 2017), y es aquí donde se encuentra el sector de la construcción. Para la vida del hombre la construcción ha sido vital y se ha ido perfeccionando con el transcurso del tiempo.

Siempre se ha dicho que por naturaleza la construcción no es un proceso amigable con el medio ambiente (Enshassi A., Kochendoerfer B., Risq E., 2014). Es por esto que es nuestra responsabilidad generar un cambio abrupto en los sistemas constructivos tradicionales.

Es importante que como sociedad tengamos una mirada mucho más crítica y seamos cautelosos con este recurso, ya que si no se toma conciencia y medidas públicas con el cuidado del agua se tendrán consecuencias catastróficas a futuro (Agudelo C., 2005).

El sector de la construcción es considerado una de las industrias con mayor emisión de contaminantes en el planeta, esto genera un gran impacto negativo en el ecosistema (Enshassi et al., 2014)

En la construcción tradicional, uno de los materiales más utilizados es el hormigón armado, y uno de los principales elementos que se necesita para generar este material, es el agua (Medina E., 2007). Además, el agua es vital para el funcionamiento de la obra, tanto para abastecer a las personas, como también es necesaria para satisfacer distintas partidas, las cuales no siempre se tienen en consideración y es por esto que la construcción sostenible busca optimizar su uso (Enshassi et al., 2014). Es por esto mismo que como profesionales del área de la construcción es importante que investiguemos, entendamos, actuemos y enseñemos sobre la construcción sostenible y sustentable por un bien a futuro y para poder conservar de mejor manera nuestro ecosistema.

En la presente investigación se detallarán las distintas partidas, donde se buscará identificar aquellas actividades donde está presente el consumo agua potable. Estas se intentarán clasificar según su interacción en la obra, ya sea directa, indirecta o de otro origen. La obra por estudiar corresponde a un proyecto de construcción en altura destinado a oficinas, ubicado en la región Metropolitana de Chile, la cual se encuentra en la etapa de obra gruesa. Se evaluará en el periodo de 12 meses sin contar la partida de excavación, buscando sus consumos mensuales por medio de la solicitud de documentos a la empresa y determinación teórica de otros volúmenes, los cuales no se tendrán de forma concreta.

La finalidad de este estudio es dejar en evidencia el consumo que puede tener una construcción en altura destinada a oficinas, en etapa de obra gruesa y tener una visión más clara sobre las acciones que se podrían tomar. Si bien se sabe que en obra hay una gran variedad de partidas, no existe una legislación que obligue a las empresas a tener un registro del consumo.

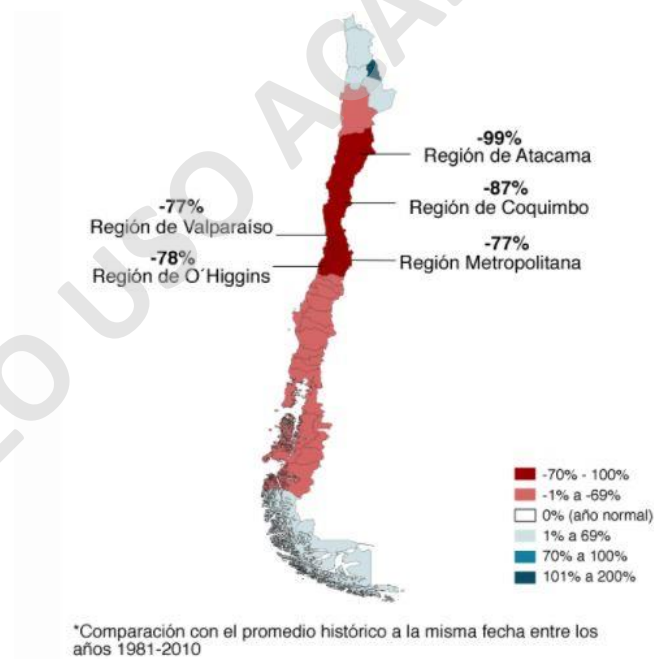
Esta investigación trae consigo una ayuda a estudios futuros que busquen gestionar de mejor manera este recurso.

CONTEXTO HIDRICO EN CHILE

Cuando se habla de sequía, se hace mención a procesos de disminución de recurso hídrico causados únicamente por procesos naturales y calentamiento global (*Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia - CR2, 2020*)

Hoy en día, en Chile existe una gran sequía causada por la falta de precipitaciones y baja en los caudales de los ríos (*Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia - CR2, 2020*). La sequía meteorológica que se observa en nuestro país, llamada la “mega sequía”, cumplió una década en 2019 y se extiende desde la región de Coquimbo hasta la región de Los Lagos (*Garreaud et al., 2017; Garreaud et al., 2019*). Además, se le suma la escasez hídrica que afecta a las distintas regiones del país. Al referirse al concepto de escasez, se menciona la disminución del recurso hídrico por medio de procesos meteorológicos, hidrológicos y además el uso que se le destine. Dicho lo anterior se puede determinar que Chile vive un proceso de escasez y sequía (*Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia - CR2, 2020*).

Figura N° 1: Mapa de déficit/superávit de precipitaciones acumuladas a agosto 2019



Fuente: Dirección General de Aguas de Chile, 2019. Recuperado de <https://www.aguasdelpacifico-iag.cl/mapa-de-deficit-superavit-de-precipitaciones-acumuladas-a-agosto-de-2019/>

Aún así, la Dirección General de Aguas, asegura que Chile es un país privilegiado en cuanto al recurso hídrico, considerando que el volumen que se tiene per cápita es de 51.218 m³/ persona/año (Nazer et al., 2018), mientras que la media mundial es de 6.000 m³/ persona/año y el umbral del desarrollo sostenible de 2.000 m³/ persona/año. Si bien es un promedio alto, hay una irregularidad en la distribución, ya que en las zonas más desérticas (norte del país) el promedio de 500 m³/ persona/año muy por debajo a la zona sur del país donde es 160.000 m³/ persona/año (Larrain, 2013). Ello puede deberse a la geografía que tiene el país, el cual tiene aproximadamente 4.200 Km de longitud y un promedio de 180 km de ancho, esto emplazado entre la cordillera de los Andes y el océano Pacífico. Esta geografía trae consigo beneficios enormes en términos hídricos, ya que genera variedad climática y más de 200 cuencas, que abastecen a las distintas regiones del país (Banco Mundial et al., 2011).

Chile cuenta con más de 19 millones de habitantes (Instituto Nacional de Estadísticas, 2021), de los cuales en el año 2011 el 89% vivían en ciudades, principalmente en la región Metropolitana y de Valparaíso (Banco Mundial et al., 2011). Esto ya está generando consecuencias negativas debido a la sobrepoblación en estas zonas, sumado a las sequías que enfrentan distintas zonas del país.

En el año 1980, se define en la Constitución de Chile, en su artículo 19 N° 24 - “Derecho de propiedad de los privados sobre las aguas entregadas por el Estado (Páez-Pinto et al., 2017). Esta medida generó cambios en el Código de Aguas y le otorga al estado solo la responsabilidad de asignar los derechos de agua de uso originales, títulos gratuitos y sin límites de adquisición a las partes interesadas por este bien (Banco Mundial et al., 2011). Estas medidas tuvieron reformas en el año 2005, donde se solucionaron algunas falencias en los Códigos de Aguas, pero la mercantilización del recurso queda intacta.

Chile, bajo sus marcos legales establecidos, genera remates de recurso hídrico en varias regiones del país, esto atrae a las grandes empresas mineras a adquirir el recurso, y usarlo, obteniendo con ello, derecho total de propiedad privada y así, hacer lo que se estime conveniente para la empresa (Larrain, 2013).

En los últimos años, nuestro país, ha tenido un desarrollo económico importante, con un aumento en su tasa anual de crecimiento real de PIB de un 6,2%. Esto está muy relacionado con las industrias que consumen el recurso hídrico tales como la minería y la agricultura (Banco Mundial et al., 2011). Es por esto que el estado puede ver como un beneficio la privatización del agua.

Según el mapa de la Sociedad Nacional de Minería de Chile (2021) la mayor parte de la industria minera del país, trabaja entre la región Metropolitana y la región de Arica y Parícuta (SONAMI, 2021). Claramente esto es un gran problema, ya que como se ha mencionado anteriormente, a medida que avanzamos hacia el norte del país, el déficit de agua crece (Banco Mundial et al., 2011).

Es por esto, que en esta situación crítica de escasez, es muy importante replantearse las prioridades con respecto al uso del agua.

Figura N° 2: Decreto M.O.P zonas de escasez



**MINISTERIO DE HACIENDA
OFICINA DE PARTES**

RECIBIDO

**CONTRALORIA GENERAL
TOMA DE RAZON**

RECEPCION

DEPART. JURIDICO	
DEPART. REGISTRO	
DEPART. CONTABLE	
SUB. DEP. C. CENTRAL	
SUB. DEP. E. CUENTAS	
SUB. DEP. C.P. Y RENDIM. NAC.	
DEPART. AUDITORIA	
DEPART. V.D.P. y V.I.	
SUB. DEP. MUNICIPIO	

REFERENDACION

REF. POR \$ _____

IMP. POR \$ _____

ANOT. POR \$ _____

IMP. POR \$ _____

DEDUC. OTO: _____

PROCESO N° 14785098

**SUBSECRETARIA OO. PP.
OFICINA DE PARTES**

28 ABR 2021

TRAMITADO

REF.: DECLARA ZONA DE ESCASEZ A LA COMUNA DE PAINE, REGION METROPOLITANA DE SANTIAGO.

06 ABR 2021

SANTIAGO,

DECRETO M.O.P. N° 63

VISTOS:

- El oficio N° 138 de la Gobernadora Provincial de Maipo, de 1 de abril de 2021;
- El Informe Técnico N° 14, de la División de Hidrología de la Dirección General de Aguas, denominado "Informe Condiciones Hidrometeorológicas, comuna de Paine", de 1 de abril de 2021;
- El oficio Ord. D.G.A. N°152, del Director General de Aguas, de 05 de abril de 2021;
- El Decreto Supremo N° 19, de 2001, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia que faculta a los Ministros de Estado para firmar "Por orden del Presidente de la República";
- La Resolución D.G.A. N° 1674, de 12 de junio de 2012, que deja sin efecto la Resolución D.G.A. N° 39, de 1984 y establece los criterios para calificar épocas de extraordinaria sequía;
- Las facultades que me concede el artículo 314 inciso 1° del Código de Aguas; y

CONSIDERANDO:

- QUE**, por medio del oficio N° 138, de 1 de abril de 2021, la Gobernadora Provincial de Maipo, solicitó decretar zona de escasez hídrica a la comuna de Paine, provincia del Maipo, región Metropolitana de Santiago, dado su actual estado hidrometeorológico.
- QUE**, el Informe Técnico N° 14 de la División de Hidrología de la Dirección General de Aguas, denominado "Informe Condiciones Hidrometeorológicas, comuna de Paine", de 1 de abril de 2021, consigna que en la comuna de Paine, se verifica la condición establecida para los caudales en el numeral 6.b) de la Resolución D.G.A. N° 1674, de 2012, que estableció nuevos criterios para calificar épocas de extraordinaria sequía, dado que el ICE calculado, es menor al índice límite definido en la estación analizada.
- QUE**, debido a las razones señaladas, y con el objeto de implementar medidas extraordinarias, que contribuyan a superar la escasez del recurso hídrico, se requiere la dictación de un decreto de escasez en la comuna de Paine, provincia del Maipo, región Metropolitana de Santiago.
- QUE**, el Director General de Aguas mediante el oficio Ord. D.G.A. N°152, de 05 de abril de 2021, solicitó se declare zona de escasez a la comuna de Paine, provincia del Maipo, región Metropolitana.



=====

TOMADO RAZÓN

Fecha : 28/04/2021

Jorge Andres Bermudez Soto

Contralor General

=====

Fuente: Ministerio de Obras Publicas de Chile 2021

El día 6 de abril de 2021 el Ministerio de Obras Publicas solicitó mediante el decreto M.O.P. N°63 que se declaren zona de escasez a la comuna de Paine y la región Metropolitana de Santiago. Este decreto fue aprobado y se encuentra vigente (Ministerio de Obras Públicas - Dirección de General de Aguas, 2021). Con la resolución mencionada, se genera un llamado de alerta debido que estos problemas se venían desde el año 2020 cuando se declara zonas de escasez la zona de la comuna del Maipo y la región Metropolitana, lugar donde se concentra la mayor parte de la población del país. Uno de los grandes desafíos que están proponiendo las autoridades del Gobierno de Chile, es disminuir el impacto que está produciendo o puede producir la sequía, para así, lograr la sostenibilidad del agua a lo largo del tiempo.

Con el fin de velar por el uso

eficiente de este recurso en las zonas áridas del país, "el Gobierno ha propuesto las Estrategias de Desarrollo Regionales para la macrozona norte de Chile" (Nazer et al., 2018,p.2).

El agua en construcción es de suma importancia para la materialización del hormigón., Si bien es cierto que existen diversos materiales para generar soluciones constructivas, tales como la madera, ladrillo, acero, entre otras, el uso del hormigón sigue siendo muy

importante. Dado el contexto sísmico que tiene el país una de las mejores soluciones para las construcciones en edificación en altura es el hormigón armado. Es por esto, que el uso del agua en construcción es de suma importancia, ya que al tener un aumento significativo en las construcciones en altura durante los últimos años, el recurso hídrico se ve amenazado, lo cual es un grave problema, ya que al no tener regulación y estar privatizada, las empresas solo ven como un bien, sin hacer uso adecuado (Larrain, 2013).

Hoy en día, la construcción se expande, tanto como horizontal como vertical, el aumento de la población crea una mayor demanda y la centralización de la ciudad crea una inversión hacia la construcción en altura como ya se mencionó anteriormente. Tal como se señala en el informe trimestral de la organización Growth From Knowledge [GFK] (2020), la oferta de departamentos ha crecido considerablemente en la región Metropolitana. Si a ello se suma la preferencia por el hormigón armado como material base, genera un uso importante de agua, del cual hoy no se tienen mayores registros. Es por esto que el presente informe busca determinar las principales partidas que tienen consumo de agua.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Dado el contexto que se presenta anteriormente, se busca realizar un análisis sobre un caso de estudios con el fin de determinar los distintos consumos de agua potable en las diversas partidas asociadas a la etapa de obra gruesa.

La pregunta de investigación para lograr lo planteado es:

¿Cuáles son las partidas que consumen agua potable en la construcción de una edificación en altura destinada a oficinas, en la etapa de obra gruesa en Santiago?

OBJETIVO GENERAL

Dado esto, el objetivo general de esta investigación será:

Analizar aquellas actividades y/o procesos principales que influyen en el consumo de agua potable en la construcción de una edificación para oficinas en altura, en etapa de obra gruesa, en Santiago.

Para la realización del objetivo general, se tendrá un periodo de evaluación de 12 meses, con un periodo de 4 meses de estudio en terreno y 8 meses teóricos según sus registros y soluciones constructivas. Se identificarán las partidas que mayor incidencia tengan en el uso del recurso hídrico. Esto con el fin de dar a conocer acerca del consumo de agua potable total en la etapa de obra gruesa de la obra a estudiar.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para los objetivos específicos se centrarán en 3 principalmente los cuales son:

- Identificar las actividades que tienen consumo de agua en un proyecto de construcción de edificación en altura.
- Caracterizar los consumos de agua según su origen, para cada partida del proyecto de construcción, en obra gruesa.
- Calcular los consumos de agua potable, tanto en m³ consumidos (reales) como en aquellos que sea factible su determinación a nivel teórico.

DESCRIPCION DEL CASO DE ESTUDIOS

El caso de estudios corresponde a una obra de construcción de edificación en altura. Esta obra se encuentra ubicada en la calle Avenida La Dehesa 440, Lo Barnechea, Región Metropolitana. Corresponde a la Zona M del Plan Regulador Comunal de la comuna.

El proyecto de nombre El Roble, es un proyecto de edificación en altura con destino para oficina y locales comerciales. Cuenta con 2 etapas que consisten en 2 torres de tipo espejo donde el caso de estudio se centrará solo en una etapa.

El Roble cuenta con un terreno de 6.306 m², donde se dividirán las dos construcciones. El edificio consta de 14 pisos, 6 subterráneos y 8 pisos sobre nivel de terreno. En los pisos -1 y 1 se destinarán a locales comerciales, los 5 pisos bajo nivel de terreno y los 7 pisos sobre nivel de terreno serán solo oficinas.

Tabla N° 1: Superficies obra El Roble

TORRE A	ÚTIL (M ²)	COMÚN (M ²)	TOTAL (M ²)
S. EDIFICADA BAJO TERRENO	7921,53	7775,16	15696,69
S. EDIFICADA SOBRE TERRENO	8828,71	1031,21	9859,92
S EDIFICADA TOTAL	16750,24	8806,37	25556,61

Fuente: Obra El Roble

La Tabla 1 nos muestra las superficies que tiene el edificio, con un total de 25.556 m² proyectados para su construcción.

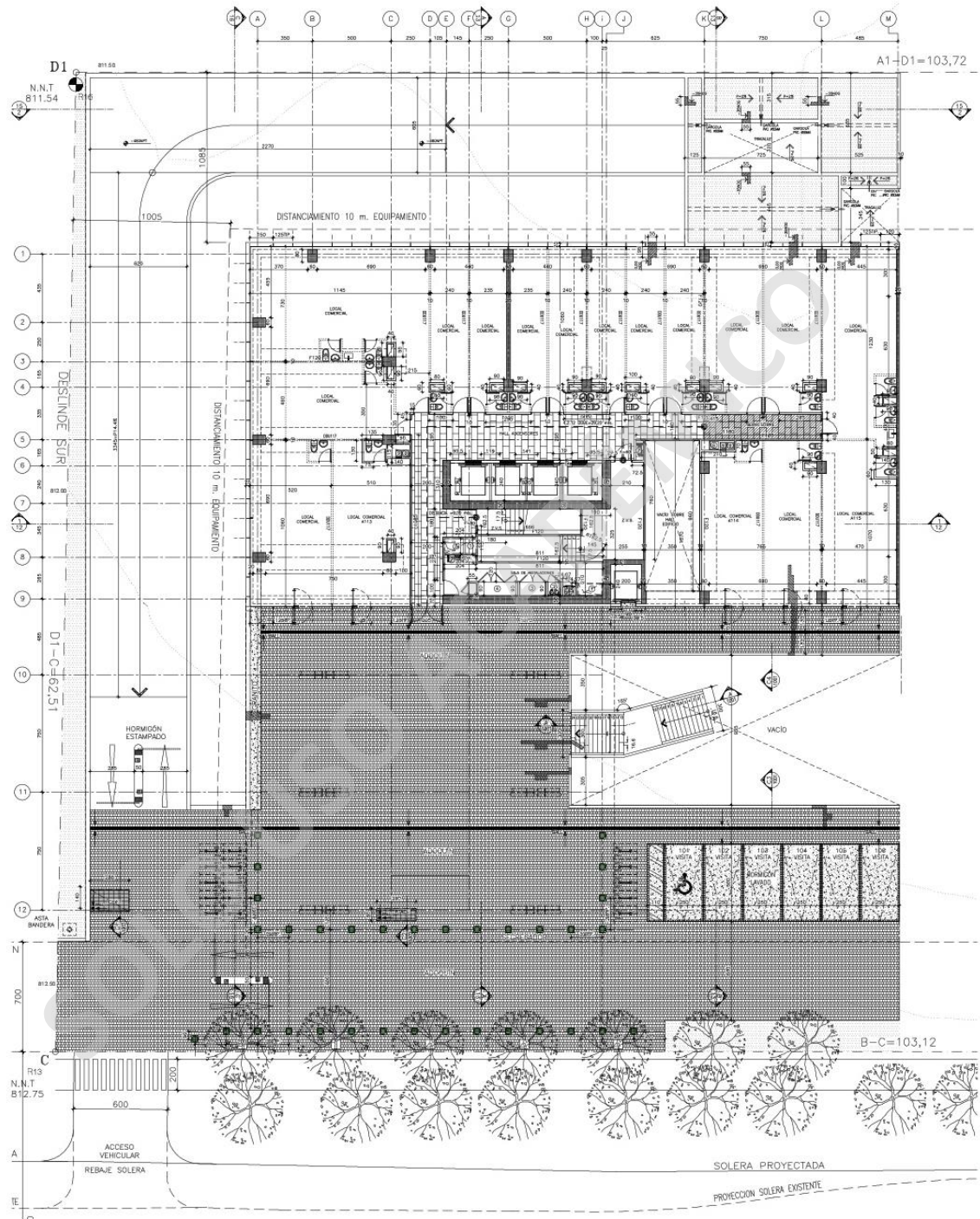
El proyecto cuenta con 492 estacionamientos, 161 bodegas, 21 locales comerciales y 196 oficina. Su material principal es el hormigón armado y tendrá una fachada de ventanales por el perímetro del edificio.

Como muestra la Figura 2, el proyecto cuenta con el primer y segundo piso con 915 y 945 m² respectivamente, y la Figura 3 los pisos superiores que aumentan su superficie a 1.437,2 m².

La obra cuenta con solo una especialidad en subcontrato, que son los enfierradores, los demás trabajadores son por parte de la empresa.

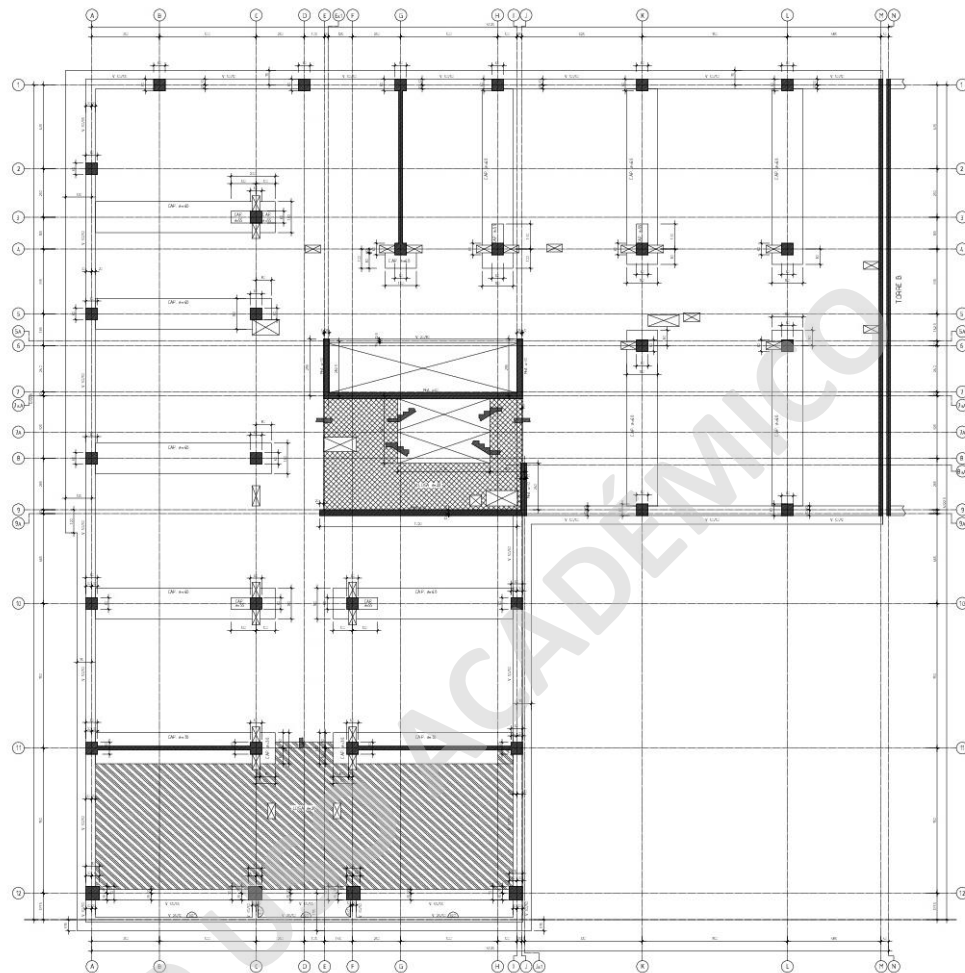
La obra gruesa tiene un presupuesto de 128.000 UF + IVA, lo que da un valor total de 152.320UF, esto dentro de los 428.400 UF IVA incluido, valor total del proyecto.

Figura N° 3: Plano Planta Piso 1, Obra El Roble



Fuente: Obra El Roble

Figura N° 4: Plano Planta Piso Tipo 3-8



Fuente: Obra El Roble

La obra gruesa cuenta con 2 etapas: subterráneos y edificio. Para la obra gruesa de los subterráneos se planifica una duración de 165 días, donde se tienen las partidas de excavación a mano, emplantillado, fierro y hormigonado de las fundaciones, y la materialización de muros y losa de los pisos: -6, -5, -4, -3, -2 y -1. Mientras que para la obra gruesa del edificio se planifica una duración de 116 días, donde las partidas especificadas son: losas, muros y pilares de los pisos 1 al 8 más el piso mecánico y la sala de máquinas.

Para el contexto de los avances de la obra, la pandemia ocasionada por el Coronavirus obligó a detener los trabajos realizados en obra por las cuarentenas impuestas por el Gobierno de Chile. Esto implica el 21 de mayo del 2020 cerrar y retrasar la programación establecida en un principio. El 31 de agosto la obra vuelve a su funcionamiento, debido que las condiciones sanitarias lo permiten. Gracias a esto la obra retoma sus actividades

suspendidas durante los 3 meses de paralización. y continúan la programación inicial cambiando las fechas.

Figura N° 5: Proyecto Obra El Roble



Fuente: Constructora Nahmias

METODOLOGÍA

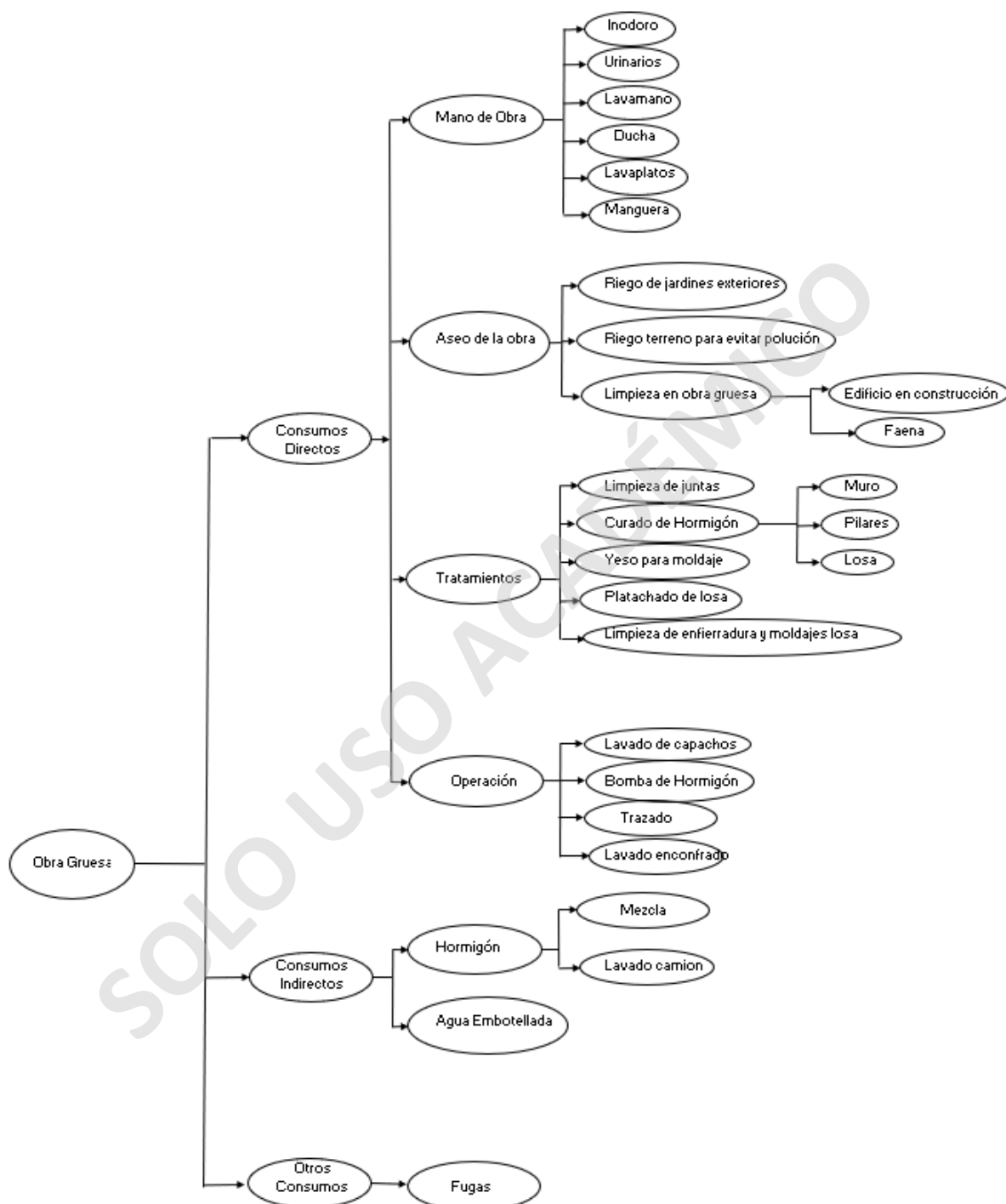
La metodología empleada para esta investigación está basada principalmente en la metodología de la tesis de Raúl Torres con el título “determinación de las principales actividades que consumen agua potable en etapa de terminaciones: Caso de estudio Obra El Blanco”. La finalidad de este método es diferenciar las partidas y actividades de la obra gruesa que contengan consumo de agua potable. En primera instancia se determinaron los 3 grandes grupos los cuales son:

- Consumo (teórico) directos.
- Consumo (teórico) indirectos.
- Consumo (teórico) otras estimaciones

Una vez identificadas las partidas y actividades, se buscarán los antecedentes necesarios para crear estimaciones de consumos teóricas que nos ayudarán a analizar e identificar las actividades y partidas más incidentes con el consumo de agua potable. Para esto la información necesaria será obtenida en obra y con el respaldo de fichas técnicas y en el caso del hormigón con la empresa Polpaico. Cabe recalcar que al tener la dificultad y no contar con sistemas de medición del recurso hídrico en obra, los criterios a evaluar y estimar serán exclusivos para el caso de estudio.

La Figura 6 nos muestra las actividades identificadas y sus divisiones.

Figura N° 6: Esquema de actividades



Fuente: Elaboración propia en base Torres, R. & Rojo, C., (2020)

1. CONSUMO DE AGUA (TEÓRICO) DIRECTO

Consumos directos serán todas las partidas que tengan un consumo de agua y tengan un registro por el medidor de agua de la obra registrados durante los 12 meses de duración de esta investigación.

El consumo de agua en este apartado es teórico, ya que, el agua utilizada en las distintas partidas no siempre seguirá las condiciones ideales con las que se piensa emplear el recurso. Esto puede depender de las variables de la temperatura, el clima, las pérdidas de material o el criterio del trabajador.

Cabe mencionar que todas las actividades que contengan el uso de hidro lavadora, serán evaluadas con los mismos criterios según la ficha técnica que posee. Esto debido que se ejecutaban todas las actividades con el mismo modelo.

Los consumos directos se clasifican en 4 grandes grupos, que son:

- 1.1. Operación
- 1.2. Aseo de la obra
- 1.3. Tratamientos
- 1.4. Personal en Obra

1.1. Consumos de operación:

El primero en estimar serán los consumos de operación, dentro de este grupo se encuentran 2 subdivisiones, que son: Bomba de hormigón y lavado de capachos.

1.1.1. Bomba de hormigón:

Al tener una edificación en altura, la bomba de hormigón trae muchos beneficios, al ser un sistema de tuberías de acero que recorren el edificio como arterias, puede abastecer la mayor cantidad de superficie de la obra. También como el edificio va creciendo, las tuberías alargan su longitud con él. Como la obra se abastece de hormigón exclusivamente para las losas por este medio, la bomba tiene un protocolo de acción para su funcionamiento que es: Lavado de las tuberías para eliminar cualquier residuo previo al hormigonado, luego se crea una lechada con cemento para que lubrique las tuberías y el hormigón no quede pegado y se tapen las tuberías, una vez hecho lo anterior se procede a expulsar el hormigón, y para terminar su uso se debe volver a lavar las tuberías para eliminar todo material rezagado. La cantidad de agua que necesita la bomba para su funcionamiento son 500 litros al inicio y 500 litros para finalizar, este dato recopilado por el operador de la bomba. Para definir todo en una misma unidad, se convertirán a m³.

Tabla N° 2: Consumo Bomba de hormigón

Piso	Tramos	Litros x Tramo	Litros Totales	m ³
1	4	1000	4000	4
2	2	1000	2000	2
3	4	1000	4000	4
4	3	1000	3000	3
5	3	1000	3000	3
6	3	1000	3000	3
7	3	1000	3000	3
8	3	1000	3000	3
PM	3	1000	3000	3
	28			28

Fuente: Elaboración propia en base a alguna información entregada en empresa Grupo SH

Las programaciones de la obra siempre dividieron las superficies de las losas en 3 para proceder con los hormigonados. Para esto, se estima que por piso se necesitaron, como mínimo, 3 días diferentes con la utilización de la bomba. Como este estudio tiene un periodo de 12 meses, se calcula desde el nivel 1 al 8 más el piso mecánico. En el piso 1 y 2 se tienen superficies distintas que los pisos superiores, para eso se consultan con las programaciones donde veremos cómo se distribuyen las superficies para los procesos de hormigonado. En el piso 1 se dividen en 4 tramos, esto debido a su gran superficie, mientras que el piso 2 se divide en 2. En el caso del piso 3 se dividen en 4 tramos debido a la complejidad del relleno de una de las losas, debido a su estructura inferior.

Esto nos da un resultado de 28 días que se utilizó la bomba de hormigón, multiplicado por el consumo que se tiene por día de 1 m³, nos da un consumo de 28 m³.

1.1.2 Lavado de capachos:

La obra cuenta con 4 capachos que se destinan para el relleno de todos los muros y pilares del edificio. Este cálculo no se podrá estimar, si bien se tiene la información de que un pilar necesita de un capacho, en los muros es variable dependiendo de su altura y largo, pero la limitante para este cálculo será su cuantificación de limpieza, esta se procede con manguera y no se tienen registros del caudal ni el tiempo empleado.

1.2. Consumos aseos de la obra:

1.2.1. Riego de jardines exteriores:

La obra cuenta con jardines frente a la vereda colindante a la obra. Todas las mañanas el portero encargado de la entrada oriente riega el jardín y sus árboles, esto por medio de manguera. El cálculo para esta partida tampoco se podrá realizar debido a no tener un control del caudal de la manguera y no contar con un registro detallado de esta actividad.

1.2.2. Riego de terreno para evitar polución:

La obra cuenta con un terreno no mayor a 600 m² libres de grava y tierra, todos los días es regado al menos una vez por el portero encargado de la entrada norte de la obra. Para este cálculo tampoco se podrá tener un estimativo de su consumo por los mismos motivos anteriores del riego de Jardines.

1.2.3. Limpieza de la obra:

En esta actividad se tienen dos divisiones de limpieza, la primera corresponde a la limpieza del edificio en construcción y la segunda a la limpieza de la faena.

Los cálculos para la limpieza del edificio no son calculables, ya que, es efectuado por trabajadores jornales utilizando la mayor cantidad de veces botellas plásticas llenadas con agua para humedecer las superficies, como no se tiene el control de los lugares ni la cantidad de veces que limpian por día es inconcluso el valor que pueda tener su consumo. Para el caso de la limpieza de la faena también no se podrá efectuar el cálculo de su consumo debido a no tener conocimiento de la cantidad de agua utilizada para la limpieza de oficinas, baños y cocina.

1.3. Consumo de tratamientos:

Cuando hablamos de tratamientos, serán todas las actividades que sean complementarias para dejar habilitado el comienzo de las partidas de hormigonado o sean actividades que sean de alisado de losa. Entre ellos están:

Para esta actividad se utilizó una hidrolavadora modelo SpitWater HP 201S, y gracias a su ficha técnica se obtiene el caudal de 21 Litros por minuto.

Figura N° 7: Ficha tecnica hidrolavadora SpitWater HP201S

Descripción	Detalles del producto
ESPECIFICACIONES:	
Presión: 200 Bar	
Caudal: 21 Lts	
T° máx. entrada: 35°C	
Cantidad de pistones: 3 cerámicos	
Motor: Eléctrico	
Potencia motor: 7.5 / 10 Kw/Hp	
Voltaje: 380 Vol	
Fases: 3	
Frecuencia: 50 Hz.	
Consumo: 13.5 Amperes	
Revoluciones de bomba: 1450 Rpm	
Garantía 1 año	

Fuente: INNTECH, Especificaciones Hidrolavadora SpitWater HP 201S agua fría, 2021, recuperado de <https://www.inntech.cl/hidrolavadoras/57-hidrolavadora-industrial-spitwater-hp-201-s.html>

1.3.1. Tratamiento o limpieza de juntas:

El tratamiento de juntas es la limpieza de un pilar, losa o muro, este procedimiento comienza con la extracción de la capa superficial del hormigón del elemento a tratar, esto con el fin de crear una base rugosa para generar mayor adherencia al hormigonar con las estructuras futuras.

Para la estimación del cálculo en tratamiento para losas, se definió un promedio de 30 segundos por metro lineal, este tiempo fue calculado en obra por medio de promedio de tiempo de uso de la hidro lavadora en un total de 7 losas.

Tabla N° 3: Calculo teórico consumo de agua tratamiento de juntas losas.

Piso	mL	Tiempo x mL (s)	Tiempo total	Consumo de agua (21L x min.)	m³ de agua
1	60,52	30	1815,6	635,4	0,6354
2	19,64	30	589,2	206,2	0,2062
3	40,4	30	1212	424,2	0,4242
4	40,4	30	1212	424,2	0,4242
5	40,4	30	1212	424,2	0,4242
6	40,4	30	1212	424,2	0,4242
7	40,4	30	1212	424,2	0,4242
8	40,4	30	1212	424,2	0,4242
PM	40,4	30	1212	424,2	0,4242
					3,811

Fuente: Elaboración propia en base a datos Obra El Roble

La Tabla N°3 muestra los valores considerados para el cálculo de agua consumida por esta actividad. Para los metros lineales se cubió por medio de los planos teóricamente donde se crearon los cortes de las planificaciones. Para los pisos 3 al piso 8 se tienen pisos tipos, si bien varían en un volumen muy mínimo se consideró el mismo metro lineal. Los resultados muestran un consumo de 3,81 m³ a lo largo de todo el periodo de estudio.

Para la estimación del consumo del tratamiento de juntas de los pilares se determinó que el tiempo a usar la hidro lavadora es de 1,43 segundos por 0,01m². Con esta medida se logra tener una variable ajustable a los m² de pilares que se encuentran entre el piso 1 al 8, los que no sobrepasan el 1,12 m². El tiempo de uso de la hidro lavadora se definió por el promedio de tiempo en 22 pilares.

Tabla N° 4: Cálculo teórico consumo de agua tratamiento de juntas pilares.

Pilares (m2)	s/0,01m2	Tiempo x pilar (s)	Cantidad Pilares	Tiempo total uso de agua (s)	Consumo de agua (21L x min.)	m³ de agua
0,36	1,63	58,68	168	9858,24	3450,3	3,4503
0,4	1,63	65,1	20	65,1	22,7	0,0227
0,44	1,63	71,72	1	71,72	25,1	0,0251
0,48	1,63	78,24	20	1564,8	547,6	0,5476
0,49	1,63	79,87	24	1916,88	670,9	0,6709
0,5	1,63	81,5	2	163	57	0,057
1,12	1,63	182,56	6	1095,36	383,3	0,3833
						5,16

Fuente: Elaboración propia en base a datos Obra El Roble

La Tabla N°4 representa el consumo que se tiene por tratamiento para todos los pilares del periodo de estudio. Con un total de 241 pilares el gasto de agua es de 5,16 m³.

En el caso del tratamiento de juntas de muros no se pueden calcular debido a no tener los suficientes datos para poder desarrollar una estimación teórica del consumo. Aún así, se

puede deducir que no es tan alejado de los valores anteriores. El edificio cuenta con 3 muros que se repiten desde el piso 1 al 2, para el resto de los pisos aumentan a 6 muros, donde dos de ellos que son los del vano del ascensor y la caja de escalera tienen un ancho de 50 cm y un largo no mayor 16,9 metros lineales el más grande.

1.3.2. Curado del hormigón:

El hormigón es una mezcla exotérmica, esto implica que desarrolla calor, por ende, el agua que contiene la mezcla tiende a evaporarse. El curado del hormigón es la acción para evitar que la mezcla pierda el agua necesaria para no sufrir retracciones, sean hidráulicas o plásticas.

Su cálculo es inexacto y no se puede estimar en este estudio, debido a que se realiza con manguera y depende exclusivamente al criterio del trabajador de cuánta agua utiliza por sector. También es influenciado por el clima el cual se someta la estructura.

1.3.3. Platachado de losa:

Esta actividad es muy importante para el resultado fino de la losa, en obra se tuvo a un equipo de alisado el cual consistía en 5 personas generalmente, un operador de la allanadora, más conocida como “Helicóptero” dos personas trabajaban con los niveles de piso (Chapulín) y los dos restantes alisan con la regla metálica.

Para lograr un acabo liso de la losa, se le agrega agua a la superficie y se procede al alisado por medio de la allanadora y la cuadrilla. En obra este grupo de alisadores utiliza un tambor de 200 litros llenos para la losa y el lavado de sus herramientas.

El cálculo para esta actividad se determina igual que el uso de la bomba de hormigón, se calcula la cantidad de veces que se hormigonaba y se multiplica por los 200 litros utilizados.

Al definir los 30 días que se tuvo que hormigonar, se utilizaron 6.000 litros, que finalmente declararemos como 6 m³.

1.3.4. Limpieza de enfierradura y moldaje:

Esta partida es de suma importancia, y protocolarmente siempre se efectúa el día anterior o previamente al hormigonado. Como las partidas del fierro son las ultimas antes de completar la losa con el hormigón, la limpieza queda para el final, aprovechado de limpiar los fierros y las placas fenólicas del moldaje.

La limpieza es por medio de la hidro lavadora y el tiempo promedio que se utilizó la hidro es de 31,2 segundos por m². Este cálculo es considerado para los pisos 1 al piso mecánico, por ende, se realiza la cubicación de los m² de cada piso y se multiplica por el tiempo estipulado. Luego se generan los cálculos de los litros utilizados y convertirlos a m³.

La cubicación de los m² nos servirá luego para el cálculo del agua utilizado para el hormigón de los pisos anteriormente señalados.

Tabla N° 5: Cálculo teórico consumo de agua en limpieza de enfierraduras y moldaje.

Piso	m ²	Tiempo (s) x m ²	Tiempo x Piso (s)	Consumo de agua (21L x min.)	m ³ de agua
1	1887,24	31,2	58881,9	20608,6	20,6
2	928,05	31,2	28955,2	10134,3	10,1
3	1434,46	31,2	44755,2	15664,5	15,7
4	1415,86	31,2	44174,8	15461,1	15,5
5	1434,46	31,2	44755,2	15664,5	15,7
6	1415,86	31,2	44174,8	15461,1	15,5
7	1434,46	31,2	44755,2	15664,5	15,7
8	1415,86	31,2	44174,8	15461,1	15,5
PM	1434,46	31,2	44755,2	15664,5	15,7
139784,2					139,8

Fuente: Elaboración propia

Se logró calcular el uso de 139.784,2 litros de agua, convirtiéndolos en 139,8 m³. Un consumo mucho mayor a los calculados anteriormente.
En los pisos 3,5,7 y PM se usan los mismos m², igualmente para los pisos 4,6 y 8.

1.3.5. Yeso para moldajes:

La obra emplea una solución para la pérdida de lechada que contienen los pilares al momento de hormigonar. El encofrado de material metálico deja muchas uniones sin impermeabilizar, por lo que se emplea la técnica del “calafateo”. El sellado se realiza con “Yeso Super” de la marca volcán.

Para este cálculo se utiliza la cubicación de cantidad de pilares mostrada anteriormente y se determinó en obra que el rendimiento de 1 saco de yeso (25kg) para 2 pilares.

Tabla N° 6: Cálculo consumo de agua para yeso en moldajes de pilares

Cantidad Pilares	Sacos x Pilar	Total Sacos	Litros de agua (17 L x 25kg)	m ³ Agua
241	0,5	121	2048,5	2,05

Fuente: Elaboración propia

Este cálculo es teórico, ya que, la utilización de agua queda completamente a criterio del trabajador, también considerando los volúmenes de pérdida. El cálculo del rendimiento de agua por saco es basado en las especificaciones técnicas del producto.
Como resultado, se utilizan 2,05 m³ de agua para el calafateo de los pilares.

1.4. Consumo de Mano de Obra:

Se utiliza la metodología de incluir a la mano de obra como una actividad aparte debido que, no se tiene un conteo exacto de cuanta es la mano de obra por partida o actividad detallada por mes, pero si se tienen los registros de mano de obra total detallado, es por esto que, se toma la decisión de determinarlo como una actividad más.

El consumo de mano de obra es uno de los consumos más variables, debido a que se está mencionando a todos los trabajadores donde no todas las personas actúan igual y al no tener los mismos criterios y no tener instrumentos que ayuden a medir exactamente el agua, se tienen diferencias al momento de ejecutar y/o confeccionar material. Para este cálculo se utilizarán datos de consumo de agua basados en el consumo promedio por artefacto según la OMS.

La obra cuenta con 2 baños que tienen 13 inodoros, 8 urinarios, 4 lavamanos y 25 duchas en total para hombres. Para mujeres cuenta con 1 baño que contiene 1 inodoro, 1 lavamanos y 2 duchas. Esta cantidad corresponde al área de trabajadores en terreno excluyendo al profesional de terreno y supervisores.

Para el caso de los supervisores cuentan con 1 baño que tiene 2 inodoros, 1 lavamanos y 2 duchas. Y por último hay 5 oficinas de la faena que tienen baño y contienen 5 inodoros y 5 lavamanos.

Para el cálculo de uso los baños por parte de las oficinas serán 3 baños que serán usados por 2 personas cada baño y los otros 2 por 1 persona cada baño. En el caso de los supervisores, serán 7 personas en el uso de ese baño.

La obra contó con 5 trabajadoras de terreno que utilizarán el baño de mujeres y el resto de las personas de la obra compartirán los dos baños destinados a los trabajadores de terreno. Primero se solicitó la información de la cantidad de personal que tuvo la obra en todos los meses que duró la obra gruesa, esto solicitado a la oficina de prevención de riesgo de la obra. Luego se clasificó esta información para el periodo de estudio.

Tabla N° 7: Número de trabajadores por periodo, Obra El Roble

Mes	N° Trabajadores con contrato directo	N° Trabajadores Sub-contrato
feb-20	104	23
mar-20	109	-
abr-20	103	30
may-20	110	37
jun-20	87	-
jul-20	86	-
ago-20	86	-
sept-20	100	31
oct-20	128	51
nov-20	135	54
dic-20	137	64
ene-21	135	62
feb-21	133	59

Fuente: Oficina prevención de riesgo, Obra El Roble

La Tabla N° 7 muestra la cantidad de trabajadores de terreno, específicamente de las áreas de: jornales, carpinteros, albañiles, gasfiter, trazadores, eléctricos, concreteros, enfierradores, portería, bodega y además se considera también a los trabajadores de pintura, tabiqueros y Tecma. Si bien esta especialidad corresponde a las actividades de terminaciones, son actividades que se empezaron en el período de obra gruesa. Por ende, se suman al consumo durante esta etapa.

La Tabla N°7 diferencia entre trabajadores con contrato directo con la empresa Nahmias y trabajadores con subcontrato (trabajadores pertenecientes a otra empresa u persona representante que tengan el contrato del servicio especializado).

Para este caso, los trabajadores que tengan contrato directo serán todos menos los trabajadores del área de la enfierradura, tabiqueros y trabajadores de la empresa Tecma. Entrando a los detalles de la información de la Tabla N°7, para el mes de marzo no se tiene el registro oficial de cuantos trabajadores por subcontrato se tiene, dado eso, el valor para ese mes no se considerará.

Para los meses de junio, julio y agosto se tiene una disminución en la cantidad de los trabajadores con contrato directo y una eliminación de los trabajadores con subcontrato. Esto se debe a la pandemia que sufre el país por el Coronavirus, esto lleva a paralizar contratos y disminución de personal. Mas adelante estos valores no se considerarán debido a que la obra deja de operar presencialmente y no hay un consumo de agua por parte de los trabajadores.

Ya entrando a los meses finales del estudio ya se nota claramente un incremento de personal.

Tabla N° 8: Promedio, Máximos y Mínimos de trabajadores en obra.

	Trabajadores con contrato directo	Trabajadores Subcontrato
Promedio	112	32
Max	137	64
Min	86	23

Fuente: Elaboración propia en base a datos Obra El Roble

La obra contó con un promedio de 112 personas trabajando con contrato directo y 32 personas por subcontrato. El máximo de personas fue de 137 con contrato directo y 64 subcontratos alcanzados el mismo mes. Y el mínimo de trabajadores con contrato directo y subcontratos son de 86 y 23 respectivamente.

Para el cálculo de consumo de los trabajadores se basó en el del Ministerio de Salud de Chile, el artículo 14 de dicho decreto establece que en todo lugar que contenga abastecimiento propio de agua, se debe considerar una dotación de 100 litros por persona al día.

Luego se tomarán los datos de la Tabla N°7 donde se calcularán los valores por mes de consumo por parte de la mano de obra.

Tabla N° 9: Consumo agua Mano de Obra con contrato directo.

Mes	N° Trabajadores con contrato directo	Días trabajados	Litros x Persona Día	Litros totales x Mes	m³ x Mes
feb-20	104	20	100	208000	208,0
mar-20	109	20	100	218000	218,0
abr-20	103	21	100	216300	216,3
may-20	110	19	100	209000	209,0
jun-20	0	22	100	0	0,0
jul-20	0	23	100	0	0,0
ago-20	0	19	100	0	0,0
sept-20	100	21	100	210000	210,0
oct-20	128	22	100	281600	281,6
nov-20	135	20	100	270000	270,0
dic-20	137	20	100	274000	274,0
ene-21	135	20	100	270000	270,0
feb-21	133	20	100	266000	266,0
					2422,9

Fuente: Elaboración propia en base a datos Obra El Roble.

El consumo total de la mano de obra con contrato directo nos da 2422,9 m³, como se mencionó anteriormente, para los meses de junio, julio y agosto se consideran 0 trabajadores para el cálculo debido a que la obra se encontraba cerrada.

Tabla N° 10: Consumo agua Mano de Obra Subcontrato.

Mes	N° Trabajadores Subcontrato	Días trabajados	Litros x Persona Día	Litros totales x Mes	m³ x Mes
feb-20	23	20	100	46000	46,0
mar-20	0	20	100	0	0,0
abr-20	30	21	100	63000	63,0
may-20	37	19	100	70300	70,3
jun-20	0	22	100	0	0,0
jul-20	0	23	100	0	0,0
ago-20	0	19	100	0	0,0
sept-20	31	21	100	65100	65,1
oct-20	51	22	100	112200	112,2
nov-20	54	20	100	108000	108,0
dic-20	64	20	100	128000	128,0
ene-21	62	20	100	124000	124,0
feb-21	59	20	100	118000	118,0
					834,6

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla N° 10 nos muestra que el consumo de los trabajadores de subcontrato tiene consumo de 792,5 m³. Cabe destacar que los cálculos son de forma teórica, ya que, si bien se determinó el consumo de los WC y ducha, no se tiene conocimiento del consumo en lavamanos, urinarios y lavaplatos, es por esto que el estudio se basa en el mínimo establecido por el MINSAL.

Tabla N° 11: Consumo trabajadores oficinas, profesionales y supervisores.

Mes	N° Trabajadores	Días trabajados	Litros x Persona Día	Litros totales x Mes	m³ x Mes
feb-20	15	20	100	30000	30,0
mar-20	15	20	100	30000	30,0
abr-20	15	21	100	31500	31,5
may-20	15	19	100	28500	28,5
jun-20	0	22	100	0	0,0
jul-20	0	23	100	0	0,0
ago-20	0	19	100	0	0,0
sept-20	18	21	100	37800	37,8
oct-20	19	22	100	41800	41,8
nov-20	19	20	100	38000	38,0
dic-20	19	20	100	38000	38,0
ene-21	22	20	100	44000	44,0
feb-21	20	20	100	40000	40,0
					359,6

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla N° 11 se toma en cuenta a todos los trabajadores con labores administrativos dentro de la obra, el profesional de terreno y el jefe de terreno, supervisores y la oficina de prevención de riesgo. El consumo total en el periodo de estudio es de 359,6 m³.

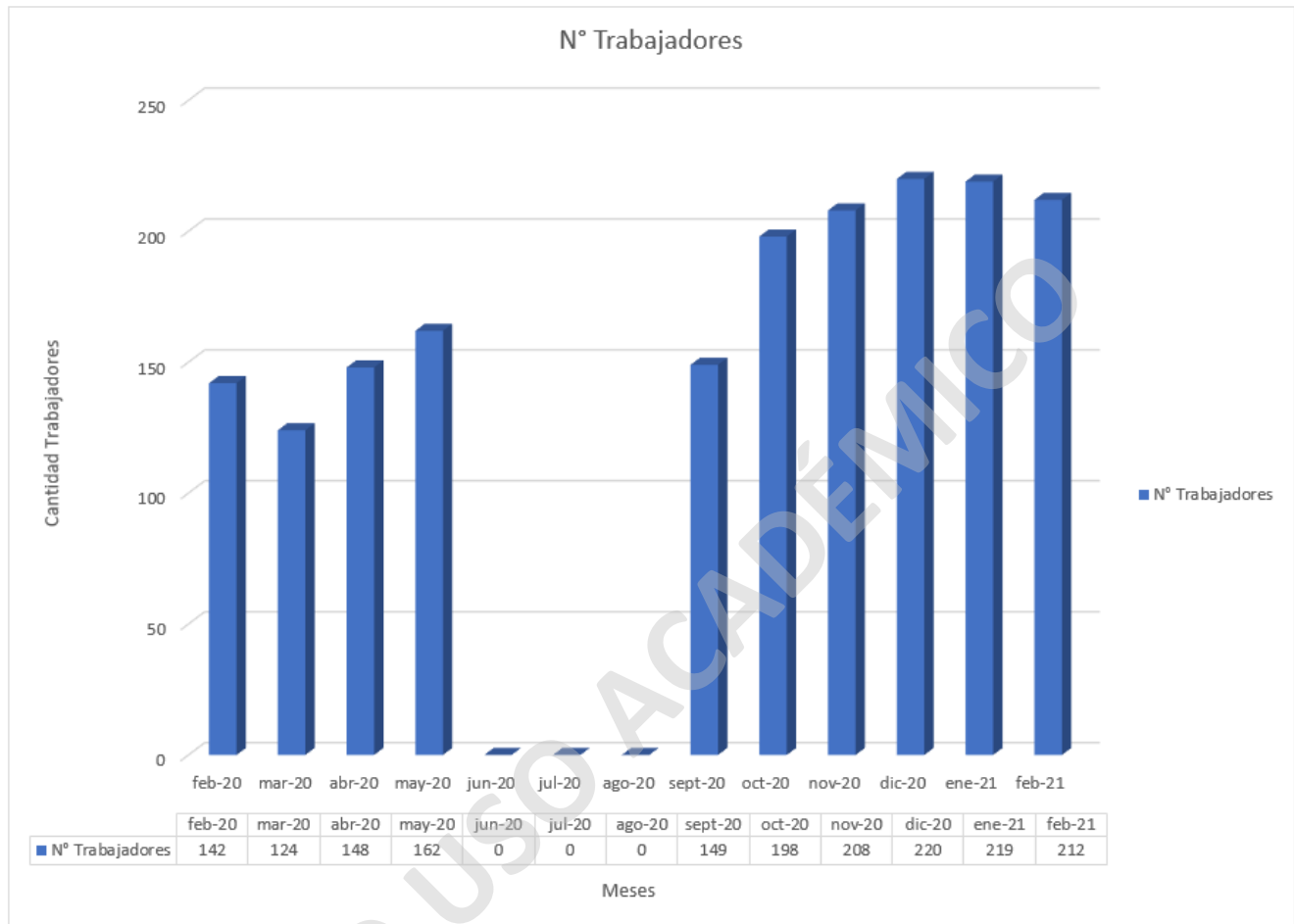
Tabla N° 12:Consumo total trabajadores Obra El Roble.

Trabajadores	Consumo m³
Trabajadores M.O con contrato directo	2422,9
Trabajadores Subcontrato	834,6
Trabajadores admin. y Supervisores	359,6
Total	3617,1

Fuente: Elaboración propia

Determinados los consumos de cada área de los trabajadores de la obra, se procede a calcular el consumo total en el periodo de estudio el cual fue de 3.617,1 m³.

Gráfico N° 1: Trabajadores por mes.



Fuente: Elaboración propia

El Gráfico N° 1 deja en evidencia la variación de personal que tiene la obra durante el periodo de estudio.

Claramente durante los primeros meses se tiene un número de trabajadores menor que los últimos, debido a que la obra empieza a necesitar más gente por el comienzo de las partidas de terminaciones.

Y también se ve una nula participación durante los 3 meses de junio, julio y agosto por la pandemia que afecta al planeta.

2. CONSUMO DE AGUA (TEÓRICO) INDIRECTO

En el presente capítulo se buscarán definir los consumos que pertenezcan a las actividades y/o partidas que contengan uso indirecto de agua.

En esta categoría nos encontramos con 2 divisiones, agua utilizada para el hormigón del edificio y el agua embotellada que se compra en obra. Se vuelve a destacar que el cálculo de estas actividades es de forma teórica, salvo la compra de agua, que por medio de las órdenes de compra se puede determinar cuántos m³ se utilizaron.

2.1. Consumo de agua potable por bidones:

El consumo destinado a la compra de bidones de agua se calcula por medio de la cantidad de bidones comprados por mes. Estos bidones traen 20 litros de agua y abastecerán a todo el equipo de planta, esto significa a todos los supervisores, profesionales y administrativos.

Se tiene una compra semanal de 5 bidones de agua para los meses con más calor y una compra de 3 bidones para los meses de frío.

Tabla N° 13: Consumo de agua, compra de bidones.

Mes	Cantidad bidones	Litros x Bidón	Litros Total x mes	m ³
feb-20	20	5	100	0,1
mar-20	20	5	100	0,1
abr-20	12	5	60	0,06
may-20	12	5	60	0,06
jun-20	0	5	0	0
jul-20	0	5	0	0
ago-20	0	5	0	0
sept-20	20	5	100	0,1
oct-20	20	5	100	0,1
nov-20	20	5	100	0,1
dic-20	20	5	100	0,1
ene-21	20	5	100	0,1
feb-21	20	5	100	0,1
				0,92

Fuente: Elaboración propia

El valor de la cantidad de bidones comprados tiene como constante una compra mensual de 4 veces. Este valor será multiplicado por la cantidad de bidones que se compren según los meses que se determina dicha cantidad.

El consumo total por medio de la compra de bidones de agua potable es de 0,92 m³.

2.2. Consumo de agua potable en hormigón

Para el procedimiento de la estimación del consumo de agua, se comienza por la cubicación del hormigón de toda la obra gruesa comprendida en el período de estudio. Se calculan 3.578,2 m³ de hormigón en 12 meses que se distribuyen en los 9 pisos.

Luego se consulta a la obra el tipo de hormigón que se utiliza viendo las fichas técnicas. Se determina el mismo hormigón para todas las estructuras evaluadas el cual es un GB 30 (10) 20/12 proporcionado por la empresa Polpaico.

Para determinar el consumo de agua por m³ se le solicita la memoria de cálculo a la empresa Polpaico, el cual es proporcionado y la Figura N°8 nos grafica lo siguiente.

Figura N° 8: Memoria de cálculo de dosificación hormigón.



MEMORIA DE CÁLCULO DE DOSIFICACIÓN

FECHA : 15-abr-21
At. Sr. (a) : Jose Guerra

Tipo de Hormigón : GB 30 (10) 20/12
Código Sap del Hormigón : 10057556
Planta de Hormigón : Renca
Obra : El Roble la Dehesa
Dirección / Ubicación de la Obra : La Dehesa 440, Lo Barnechea
Empresa Constructora : Nahmias

CARACTERÍSTICAS DEL HORMIGÓN

f_c (MPa) : 30
Fracción defectuosa (%) : 10
Tamaño máximo nominal del árido (mm) : 20
Asentamiento de cono de Abrams (cm) : 12
Edad de ensayo (días) : 28
Otros :
fc está expresado en:
☐ compresión cubo 20x20
☒ compresión cilindro 15x30
☐ tracción por flexión viga 15x15

DOSIFICACIÓN (1m³, Áridos s.s.s.)

a) $f_d = f_c * F_i + t * s$ (MPa) : 34,6
b) Agua (l) : (reducida por aditivo pertinente) : 173
c) Razón Agua/Cemento : 0,62
d) Dosis de cemento (kg) : 277
e) Arena Fina % : 6,7
Arena Media % :
Arena Gruesa % : 49,3
Gravilla % : 44,0
Grava % :
Total % : 100

La proporcionalidad de los áridos está sujeta a modificaciones para mantener la granulometría de la mezcla, dadas las variaciones granulométricas individuales, densidades y/o absorciones de cada uno de ellos y/o de su procedencia.

f) Dosificación con áridos Saturados Superficie Seca S.S.S. (1 m³ de homigón fresco).

MATERIAL	PROCEDENCIA	CANTIDAD /m3
Cemento	(kg) Grado Alta Resist.	SSS 277
Agua	(l) Planta Potable	173
Arena Fina	(kg) Polpaico	128
Arena Media	(kg) Rio Maipo	
Arena Gruesa	(kg) La Junta	947
Gravilla	(kg) Rio Maipo	842
Grava	(kg) Lo Blanco	
Plastificante - Retardador	(cc) Tipo D (NCh 2182 Of 95)	1433
Hidrofugo	(cc)	
Incorporador de Aire	(cc) Tipo H (NCh 2182 Of 95)	

NOTAS:

- 1) La presente dosificación requiere el conocimiento del procedimiento usado y de las condiciones básicas adjuntas.
- 2) En su pedido DEBE mencionar el CÓDIGO OPERACIONAL DEL HORMIGÓN.
- 3) La presente dosificación está sujeta a modificaciones sin previo aviso, obedeciendo a razones netamente técnicas para asegurar la uniformidad de todas las características resultantes del producto suministrado. Por lo tanto de requerirse la información correspondiente a una actualización, agradeceríamos solicitarla al Personal de la Asistencia Técnica de Pétreos.
- 4) La presente dosificación está elaborada para preparar homigones en centrales homigoneras, de modo de asegurar la resistencia. El preparar homigones en obra con esta dosificación no asegura sus características finales.

Fuente: Polpaico, Chile (2021)

La Figura N° 8 nos proporciona la dosificación de agua por m³. El valor es de 173 litros por m³.

El procedimiento de cálculo se grafica en la Tabla N° 14, donde se segmentan los m³ por cada piso y se multiplica por el factor de litros de agua que será el mismo para todos lo m³.

Tabla N° 14: Consumo de agua hormigón.

Piso	m³ Hormigón	Litros de agua x m³	Total Litros	m³
1	481,5	173	83299,5	83,30
2	289,7	173	50118,1	50,12
3	421,1	173	72850,3	72,85
4	396,6	173	68611,8	68,61
5	398,7	173	68975,1	68,98
6	396,6	173	68611,8	68,61
7	398,7	173	68975,1	68,98
8	396,6	173	68611,8	68,61
PM	398,7	173	68975,1	68,98
				619,03

Fuente: Elaboración propia

El consumo de agua en el hormigón es de 619.030 litros en total, lo que serán finalmente 619,03 m³. Cabe mencionar que el cálculo de esta actividad es de forma teórica debido a que no se tiene conocimiento de que todos los hormigones solicitados contengan exactamente esa cantidad de agua por m³ y tampoco se sabe si hubo alguna alteración en obra consensuado con la empresa Polpaico.

3. OTROS CONSUMOS:

Dentro de este segmento, se encuentran las fugas que se puedan tener en obra, si bien las fugas no fueron posible cuantificarlas, si se identificaron como un consumo constante mientras se utilizaba la manguera, es por esto que el cálculo no se podrá realizar, pero se deja determinado como un consumo no asociado a una partida.

Con esto se da por finalizado el proceso de estudio de las partidas y actividades y determinación de consumos. Con esto se procede crear el análisis de resultados.

SOLO USO ACADÉMICO

ANALISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se analizarán los estudios previos de los consumos de todas las partidas y se buscarán contrastar entre ellos para la elaboración de la determinación de las partidas con mayor consumo de agua en la obra.

Para ello se recopiló información sobre los consumos reales que tuvo la obra durante el periodo de estudio, con el fin de corroborar que los datos obtenidos están dentro de los márgenes reales que se tuvieron en obra.

Para esto se le solicita a la obra el registro de las facturas de Aguas Cordillera.

Consumo real caso de estudio

Obteniendo un consumo teórico de gran parte de las partidas es momento de revisar con el consumo real que tuvo la obra. Para esto se le solicita a la empresa el consumo que se tiene a lo largo del caso de estudio. Gracias a esto la empresa proporciona el consumo que ha tenido durante los últimos 48 meses, donde nos enfocaremos solo en los 12 meses determinado anteriormente.

Cabe mencionar que la obra asegura tener un solo medidor, el cual mantiene funcionamiento único desde 18/12/18. Con esta información se tiene una base mucho mas fidedigna de lo que se buscó estimar en un comienzo.

Figura N° 9: Extracto facturación Obra El Roble.

Fecha Lectura	Fecha Facturación	Lectura	M3 Consumo	Facturación del Servicio	Otros Cargos
10/03/2021	18-03-2021	11.704	743	891.570	11.028
08/02/2021	17-02-2021		571	528.213	2.371
08/01/2021	18-01-2021	10.390	538	561.892	41.640
09/12/2020	17-12-2020	9.852	1.139	1.317.717	33.474
07/11/2020	17-11-2020	8.713	617	597.148	27.024
07/10/2020	17-10-2020	8.096	476	447.496	26.257
08/09/2020	17-09-2020	7.620	80	75.968	17.159
07/08/2020	17-08-2020	7.540	496	466.021	9.607
08/07/2020	17-07-2020		496	466.259	35.545
08/06/2020	16-06-2020		250	235.461	39.493
08/05/2020	16-05-2020		274	257.978	30.912
07/04/2020	16-04-2020		282	265.115	18.561
06/03/2020	15-03-2020	5.474	612	690.784	2.052
06/02/2020	15-02-2020	4.862	552	611.749	285
08/01/2020	17-01-2020	4.310	595	654.553	2.158
07/12/2019	17-12-2019	3.715	553	603.485	285
08/11/2019	15-11-2019	3.102	409	441.150	285
07/10/2019	16-10-2019	2.693	199	180.540	393
06/09/2019	16-09-2019	2.494	174	157.971	285

Fuente: Aguas Cordillera

La Figura N°9 contiene los consumos y valores facturados en la obra, donde los consumos evaluados comienzan desde marzo debido que corresponden al mes anterior y tendremos los consumos desde febrero hasta febrero del año próximo.

Contraste consumo real v/s consumo estimado

Teniendo en consideración lo dicho anteriormente, sumamos los consumos mensuales que se tienen durante el periodo de estudio y nos da un consumo de 5.454 m³.

Ahora con los valores estimados de todas las partidas y actividades que se logró hacer, la Tabla N°14 representa sus consumos individuales y totales.

Tabla N° 15: Consumos Teóricos actividades Obra El Roble.

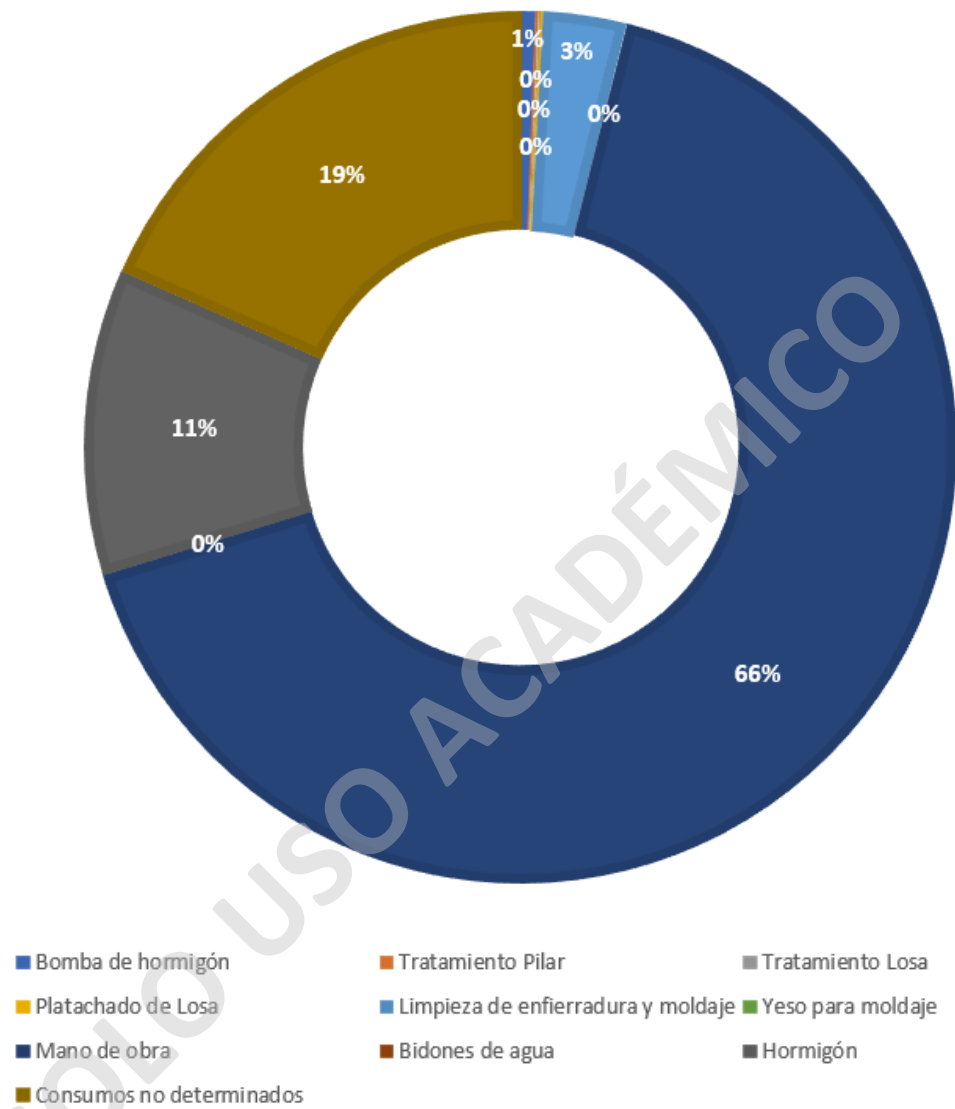
Actividad	Consumo Litros	Consumos m³
Bomba de hormigón	30000	30
Tratamiento Pilar	6110	6,11
Tratamiento Losa	4530	4,53
Platachado de Losa	6000	6
Limpieza de enfierradura y moldaje	166400	166,4
Yeso para moldaje	1878,5	1,88
Mano de obra	3617100	3617,1
Bidones de agua	920	0,92
Hormigón	619000	619
	4451938,5	4451,9

Fuente: Elaboración propia

Contrastando con los 5.454 m³ que se consumieron realmente en la obra, se tiene un consumo no identificado de 1.002,1 m³, los que se denominarán consumos no determinados.

Estos 1.002,1 m³ pueden entrar los consumos que no se lograron determinar y también consumos de los ya determinados anteriormente, pero de su real aplicación del recurso, como por ejemplo la perdida de material de alguno de las actividades y también las fugas. Cabe mencionar que estos consumos no determinados solo entraran los consumos directos y otros consumos (fugas), los consumos indirectos no entraran en este grupo debido que el consumo que se tienen no pasa por el medidor de agua que tiene la obra.

Gráfico N° 2:Consumos Obra El Roble



Fuente: Elaboración propia

El Gráfico N° 2 nos muestra la proporción de los consumos de agua de la obra, para esto se establecieron todos los consumos determinados y los no determinados para lograr cuadrar los consumos teóricos con los consumos reales.

Se tiene que la bomba de hormigón representa el 0,6%, los tratamientos de pilares un 0,1% al igual que los tratamientos de losa y Planchado de losa, la limpieza de enfierradura y moldaje un 3,1%, el yeso para los moldajes un 0,03%, la mano de obra un 66,3%, los bidones de agua 0,02%, la utilización del hormigón de la obra un 11,3% y por último los consumos no determinados un 18,3%.

Creando un ranking de las 5 actividades con mayor consumo de agua en el caso de estudio, se determina según las estimaciones teóricas de dichos consumos y agregando consumos no definidos al estudio, las actividades son:

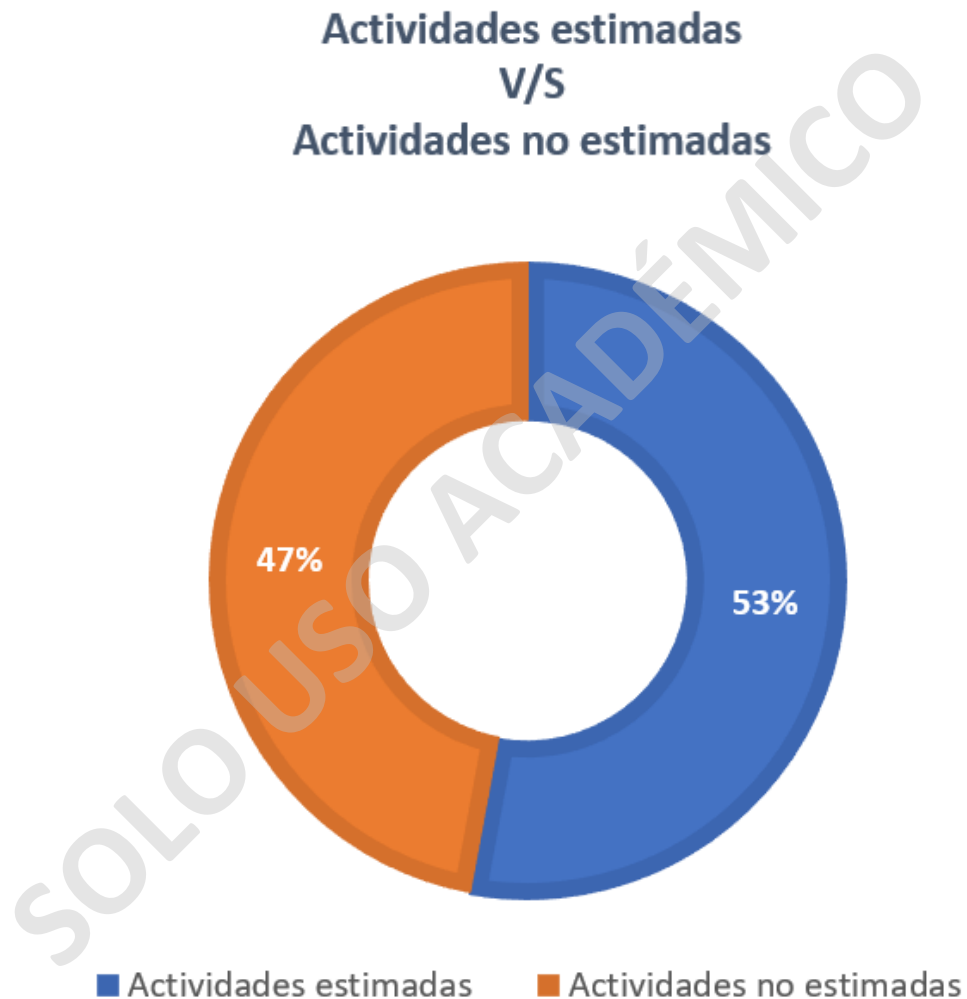
1. Mano de obra.
2. Consumos no determinados.
3. Hormigón de la estructura.
4. Limpieza de enfierradura y moldaje.
5. Bomba de hormigón.

Dichas actividades representan el 99,6% del consumo de agua aproximadamente de la obra, esto ignorando la diferencia de $1.002,1\text{m}^3$.

Las actividades que se nombran representan un gran porcentaje de las partidas que se ejecutaron durante el periodo de estudio. Como se puede inferir, al final todas las partidas contienen consumo de agua, debido que todas las partidas son realizadas por trabajadores. Además, si bien la partida en si no necesita agua para su realización, se tienen actividades secundarias para la realización de la partida.

Por otro lado, es importante señalar que, dada la naturaleza del estudio, existe un grado de incertidumbre importante. De hecho, de 17 actividades identificadas en un comienzo, se lograron calcular, de manera teórica, tan solo 9. Pero si bien es un 52% aproximado de las actividades, son las actividades que mas incidencia tienen en los resultados finales.

Gráfico N° 3: Actividades estimadas V/S Actividades no estimadas



Fuente: Elaboración propia

Valores de consumo de agua vs valores del proyecto

Gracias a la colaboración de la gerencia de la empresa Nahmias, se tiene acceso a los consumos de agua potable y valores facturados durante los últimos 48 meses.

Para este contraste se usarán los valores totales de ambas variables, ya que, se tiene el valor total de la obra gruesa, pero no se tienen los valores por partidas, por ende, no se podría contrastar solamente por el periodo de estudio.

Como se mencionó en el contexto del caso de estudio, la obra presupuestó 152.320 UF IVA incluido. Este valor es obtenido gracias a la Obra El Roble.

El valor del agua como nos muestra la Figura N° 10, es de \$9.818.080, transformados a 333,06 UF (Utilizando valor UF 29.478.44, 26 de abril 2021). Cabe mencionar que el agua que es utilizada para este cálculo es la anteriormente mencionada como consumos directos, es decir toda el agua que es cuantificada por el medidor de agua de la obra.

Figura N° 10: Pagos Agua potable Obra El Roble.

PAGOS

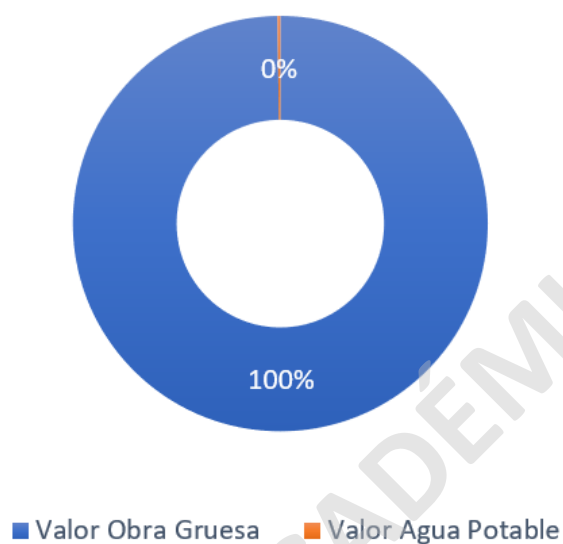
Fecha Pago	Monto Pagado \$
11/01/2021	3.794.600
09/07/2020	1.877.410
07/02/2020	656.710
03/01/2020	603.760
20/12/2019	441.440
30/10/2019	180.930
11/10/2019	158.250
06/09/2019	240.860
24/07/2019	382.980
11/06/2019	248.290
09/05/2019	247.290
04/04/2019	433.020
14/03/2019	175.160
07/02/2019	377.380

Fuente: Obra El Roble

El valor que se utilizará para estimar el contraste serán todas las facturaciones ya canceladas por la empresa, estas llegan hasta el mes de enero del 2021. Cabe recalcar que los valores que utiliza la empresa de Aguas Andinas varían y no se tiene con exactitud el valor por facturación mes a mes. Es por esto que se utilizarán para la estimación solo los valores totales facturados.

Gráfico N° 4: Valores de Obra Gruesa v/s valor de agua potable.

Valor Obra Gruesa v/s Valor agua potable



Fuente: Elaboración propia

El Grafico N°4 refleja la proporción de gasto que tiene la empresa por agua potable con respecto al valor total de la obra gruesa.

El porcentaje destinado al consumo de agua potable sobre el valor total de la obra es de un 0,218%. Un valor insignificante para el costo total de la obra gruesa.

CONCLUSIONES:

Podemos concluir, finalmente, que la proyección a futuro tomando en cuenta el escenario hídrico actual en el país y el mundo, además de todas las complejidades que nos esperan, sumando también el contexto sanitario y el social que golpea al país a fines de octubre del 2019 en el llamado “estallido social”, es muy desfavorable. Considerando que se generan variables con mayor prioridad para los entes legisladores, sin tomarle aún el peso a la situación hídrica nacional y mundial.

Es por esto, que el objetivo principal de esta investigación, la cual se enfocó en la etapa de obra gruesa de una construcción en altura, es continuar con los pasos de estudios anteriores sobre la gestión hídrica en construcción. Debido a que se tiene muy poca información sobre este tema es primordial empezar por identificar todas las acciones, procesos y actividades que necesiten el uso de agua. Mencionado lo anterior, se desarrolla un objetivo general, que tiene como propósito analizar aquellas actividades y/o procesos principales que más influyen en el consumo de agua potable en la construcción de una edificación para oficinas en altura en etapa de obra gruesa, en Santiago. A continuación, se identifican todas las partidas, para así estimar su consumo teórico que, a pesar de ser un proceso complejo, se obtuvieron, aunque no en todas las partidas, mejores resultados a los esperados. generando una investigación con datos muy completos y siempre destacando los resultados de forma teórica, pero a su vez respaldados por las mediciones del MAP.

Por otro lado, hay actividades las cuales no se logró encontrar información mínima para determinar consumos teóricos, pero al encontrar que tienen consumo de agua, es un resultado aceptable para el registro de todas las actividades. Con esto, futuras investigaciones pueden enfocarse en esas actividades para lograr determinar algún criterio de cuantificación de su consumo.

Dichas actividades que no se logró tener información concreta al respecto fueron principalmente las actividades que utilizaban la manguera de la obra, como tareas de limpieza de las herramientas de trabajo o limpieza de la obra. Al no tener información del caudal de la manguera y tampoco un control o un medidor especializado en el funcionamiento de la manguera, no se pudo estimar ningún dato para realizar un cálculo.

Para todas las actividades que tengan vínculo con los usuarios, ya sea el uso de los artefactos del baño, camarines, cocina, el agua residual se devuelven a la red de desagüe público. En cambio, las demás actividades que se presentaron anteriormente, el agua residual simplemente se incorpora al ambiente por la evaporación o absorbida por la tierra.

Ya obteniendo los resultados de las estimaciones, el consumo generado por todos los usuarios de la obra es el que tiene más incidencia en los consumos totales de agua. Si bien el valor utilizado para generar el cálculo es una constante mínima que se establece por Ley, este valor puede variar, dependiendo únicamente del individuo, pero el empleador debe garantizar que la cantidad mínima establecida esté asegurada, por ende, como

sabemos que este tipo de consumo no lo podremos eliminar, si se crea una prioridad colectiva al cuidado y uso responsable del uso del agua. Estos consumos podrían ser lo más bajo posible y contribuir a una gestión y optimización optima en la obra, siempre y cuando no afecte la cobertura mínima de saneamiento.

Al encontrarnos en un escenario tan complejo con el agua potable, es de suma importancia el generar valor a la gestión del recurso hídrico, ya que, si se quiere realmente mejorar en ámbitos sustentables y buscar la optimización del agua, lo fundamental es implementar una gestión hídrica que contenga la implementación necesaria y también muy importante el cambio de mentalidad de las personas para lograr un manejo responsable del recurso, será la clave para investigaciones futuras el identificar y cuantificar volumétricamente los consumos en las distintas obras que se tienen en el país.

Por otra parte, es muy importante que busquemos generar conciencia colectiva en la sociedad, solo generándola se lograra establecer cambios importantes y a favor del ambiente, creando tal concientización en la población que los entes reguladores se verán obligados a generar un cambio en todas las actividades como se realizan hoy en día. Un ejemplo claro podría ser el buscar materias primas que puedan suplir el uso de agua potable, ya sea aguas tratadas o simplemente otro suplemento. Si bien el consumo de la mano de obra es el más incidente en el consumo total, las demás partidas podrían utilizar otro recurso para disminuir. También otra solución que se puede utilizar es el uso de agua potable en los inodoros, al no ser un agua destinada para ser ingerida por las personas, se puede utilizar aguas que ya se han puesto en tratamiento.

Como conclusión general, se logran en gran parte de las actividades que tienen algún consumo de agua la determinación de sus consumos teóricos lo que conlleva a un análisis mucho más fundamentado, si bien los consumos determinados son teóricos, los criterios utilizados se encuentran respaldados gracias a las coberturas continuas del MAP. Obteniendo lo anterior se pudo determinar las actividades más críticas gracias al contraste que se logró generar. Con esto se establece que la investigación tiene un gran éxito con los datos obtenidos en la etapa de obra gruesa en el caso de estudio mencionado anteriormente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agudelo C., R. M. (2005). El agua, recurso estratégico del siglo XXI. *El agua, recurso estratégico del siglo XXI*, 23(1), 91–102.
- Banco Mundial, Ambiente, M., & Sostenible, D. (2011). *CHILE*.
- Castañeda, Angel Emilio, & Miele Bravo, Yordi. (2017). Una mirada al comportamiento estructural de columnas, vigas, entrepisos y edificaciones durante el sismo de Ecuador 2016. *Revista ingeniería de construcción*, 32(3), 157-172. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732017000300157>
- Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia - CR2. (2020). <http://www.cr2.cl/que-ocurre-en-chile-sequia-o-escasez-hidrica/>
- Dirección General de Aguas. (2020). Decreto MOP N.º 63 de 06 de abril de 2021, *declara zona de escasez hídrica a la comuna de Paine, Región Metropolitana*. Fecha de caducidad: 06-10-2021.. 2020, de Ministerio de Obras Públicas Sitio web:<https://dga.mop.gob.cl/administracionrecursoshidricos/decretosZonasEscasez/Paginas/default.aspx>
- Enshassi, A., Kochendoerfer, B., & Rizq, E. (2014a). An evaluation of environmental impacts of construction projects. *Revista Ingenieria de Construccion*. <https://doi.org/10.4067/s0718-50732014000300002>
- Enshassi, A., Kochendoerfer, B., & Rizq, E. (2014b). Evaluación de los impactos medioambientales de los proyectos de construcción. *Revista ingeniería de construcción*, 29(3), 234–254. <https://doi.org/10.4067/S0718-50732014000300002>
- Santibáñez, F. (2016). *El cambio climático y los recursos hídricos de Chile*. 2021, de Ministerio de Agricultura Sitio web: https://www.opia.cl/static/website/601/articles-91835_archivo_01.pdf
- Garreaud, R. D. (2011). *Cambio Climático: Bases Físicas e Impactos en Chile*.
- Larrain, P. (2013). *Conflictos por el agua en Chile* (Número November).
- Martínez Valdés, Y., & Villalejo García, V. M. (2018). La gestión integrada de los recursos hídricos: una necesidad de estos tiempos. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 39(1), 58–72.
- Nazer, A., Pavez, O., Zúñiga, B., & González, L. (2018). Determinación del consumo de agua potable durante la construcción de viviendas en una zona semi desértica de Chile. *Matéria (Rio de Janeiro)*, 23(3). <https://doi.org/10.1590/s1517->

707620180003.0535

ONU, P. (2016). *Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos hídricos en el Mundo 2016: Agua y Empleo*.

Panez-Pinto, A., Faúndez-Vergara, R., & Mansilla-Quñones, C. (2017). Politización de la crisis hídrica en Chile: Análisis del conflicto por el agua en la provincia de Petorca. *Agua y Territorio*, 10, 131. <https://doi.org/10.17561/at.10.3614>

Peralta Rodriguez, A. (2020). *El calentamiento global como proceso gráfico*. 1, 63.
Santibañez Q, F. (2017). El cambio climático y los recursos hídricos de Chile. *Agricultura chilena, reflexiones y desafíos al 2030*, 1, 147–178.

SONAMI. (2021). *Mapa Minero de Chile - Sociedad Nacional de Minería*.
<https://www.sonami.cl/mapaminero/>

Sud-Austral Consulting SpA. (2016). *Actualización De Cifras Y Mapas De Desertificación En Chile*. July. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18963.27686>

USGS Water-Science School. (s. f.). Recuperado 23 de junio de 2020, de
<https://web.archive.org/web/20131214091601/http://ga.water.usgs.gov/edu/earthwherewater.html>