UNIVERSIDAD DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL PIRHUA

ANÁLISIS DE LOS SOBRECOSTOS PRODUCIDOS DEBIDO A DEFICIENCIAS EN LOS RENDIMIENTOS; GENERADOS POR EFECTOS EXTERNOS A LA OBRA, MEDIANTE LA METODOLOGÍA: DISRUPTION-MEASURED MILE

Aldo Diaz-Diaz

Piura, enero de 2014

FACULTAD DE INGENIERÍA

Departamento de Ingeniería Civil

Diaz, A. (2014). *Análisis de los sobrecostos producidos debido a deficiencias en los rendimientos; generados por efectos externos a la obra, mediante la metodología: Disruption-Measured Mile*. Tesis de pregrado en Ingeniería Civil. Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Civil. Piura, Perú.

Esta obra está bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú

Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura

U N I V E R S I D A D D E P I U R A

FACULTAD DE INGENIERÍA

"Análisis de los sobrecostos producidos debido a deficiencias en los rendimientos; generados por efectos externos a la obra, mediante la metodología: Disruption – Measured Mile"

Tesis para optar el Título de
Ingeniero Civil

Bach. Aldo Iván Diaz Diaz

Asesor: Mgtr. Ing. Luis Gerardo Chang Recavarren

Piura, Enero 2014

Dedico esta tesis a mi dulce esposa
que ha sido el impulso principal
para terminarla y a mis padres
que han sido mi apoyo en
todas mis decisiones.

Prólogo

La realidad muestra que son pocas las maneras conocidas de justificar la denominada "inculpabilidad" del contratista en las consecuencias económicas generadas como sobrecosto por aquellas actividades de los proyectos que se han visto afectadas por factores de pérdida en la productividad, pues resulta difícil para algunos demostrar su "no participación " en tales efectos ya que no cuentan con la herramienta adecuada sobre que sustentarse al momento de realizar las reclamaciones por tales costos.

Es necesario conocer métodos de cálculo para los costos generados por agentes de: problemas, demoras y /o eventos ajenos al normal desarrollo de los proyectos, siendo que esto es una preocupación que afecta a todos los involucrados en la industria de la construcción.

Este trabajo muestra la aplicación del método "Measured Mile" o "Milla Medida", al proyecto: "Lote 3A, Mejoramiento de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado para Piura y Castilla". Se describe la aplicación de la metodología con la cual calcular el sobrecosto generado, en base a los rendimientos obtenidos por cuadrilla para las diferentes profundidades a las cuales se trabajó, y de éstos obtendremos parámetros que servirán como comparación con el total de rendimientos obtenidos de toda la obra.

Finalmente deseo expresar un especial agradecimiento a mi asesor, Mgtr. Ing. Luis Gerardo Chang Recavarren, por su valiosa contribución al desarrollo de esta tesis.

INDICE GENERAL

Introducción……... 1

Capítulo 1: Marco de conocimientos

1.1 Productividad …….…. 3
1.2 Definición de "Disruption" …….… 3
1.3 Causas y Consecuencias del "Disruption" ……. 4
1.4 Daño o Costo ……... 5
1.5 Métodos de Análisis de Sobre Costos ……. 5
1.5.1 Costo de la obra considerando la interrupción…….……... 6
1.5.2 Enfoque del Costo Total ……. 6
1.5.3 Estándares de la Industria ……... 6
1.5.4 Histórico Vs Actual …….……... 7
1.5.5 Planificado Vs Actual …….…… 7
1.5.6 Enfoque basado en la Opinión de Expertos …… 7
1.5.7 "Measured Mile" o Milla Medida …….…….. 7
1.5.7.1 Metodología de la "Measured Mile" ……... 8
1.5.7.2 Sostenibilidad Legal del Método ……. 9
1.5.7.3 Antecedentes ……..… 10
1.5.7.4 Ventajas del método "Measured Mile" ……..… 10
1.5.7.5 Causas posibles de ocurrencia de Disruption…..……11
1.5.7.6 Consideraciones a tener en cuenta ……. 12
1.5.7.7 Actualizaciones al método…….. 12

Capítulo 2: Descripción del Proyecto

2.1 Obras previstas en el Proyecto…….. 15
2.2 Redes de Agua Potable y Alcantarillado ……. 17
2.2.1 Sistema Colectores Primarios……....……. 17
2.2.1.1 Ubicación……..…….…...…..……. 18
2.2.1.2 Tipos de Terreno y Recomendaciones……. 18
2.2.1.3 Información de los Colectores Existentes…… 20
2.2.2 Conceptualización del Proyecto...……....……... 21
2.2.2.1 Área de Drenaje F1……..……. 22
2.2.2.2 Área de Drenaje F2……..……. 23
2.2.2.3 Área de Drenaje F3……..……. 24
2.2.3 Colectores Principales……25
2.2.3.1 Colector Sullana……..…….. 25
2.2.3.2 Colector Lima……..……. 26
2.3 Proceso Constructivo y Especificaciones Técnicas…..……. 26
2.3.1 Trazo y Replanteo…..…… 26
2.3.2 Excavación…..……..……. 26
2.3.3 Refine y Nivelación…..……..……..…….. 26
2.3.4 Cama de Apoyo...……..……..…….. 27
2.3.5 Bajada de Zanja...……..……..…….. 27

2.3.6 Limpieza de líneas....……..……..….. 27
2.3.7 Instalación de Tuberías de Desagüe....……..……. 27
2.3.8 Relleno de Zanjas....……..……..……... 28
2.3.8.1 Material Selecto....…….…….….. 28
2.3.8.2 Material Seleccionado....……..……..…….….. 29
2.3.9 Compactación del Relleno……. 29
2.3.9.1 Primer Relleno Compactado……. 29
2.3.9.2 Segundo Relleno Compactado…….. 29

Capítulo 3: Factores Limitantes generadores de la baja de Productividad

3.1 Mala Ingeniería…….……..…….…….. 31
3.1.1 Errores de Diseño en cotas de llegada de la tubería al buzón……..... 31
3.1.2 Ausencia de Redes en el diseño y su posterior adición…….. 32
3.1.3 Indicación incorrecta del Tipo de Pavimento…… 36
3.2 Falta de Información…….……..…….…….. 36
3.2.1 Sistema colapsado en las redes de alcantarillado sanitario y colectores… 36
3.2.2 Prohibición de descarga o evacuación de los caudales de agua subterránea a los buzones existentes ……..…...45
3.2.3 Información Errónea del nivel freático…….. 45
3.3 Interrelación y Conjunción de Efectos.……..……..…….. 45

Capítulo 4: Metodología del Cálculo

4.1 Información Necesaria para el Cálculo……. 48
4.1.1 Protocolos de Nivelación…….….. 48
4.1.2 Información del trabajo por Capataz……. 48
4.2 Rendimiento Promedio Ponderado Tramos No Afectados del Proyecto……...……. 49
4.3 Rendimiento de Tramos Afectados…… 49
4.4 Condiciones de Trabajo……. 49
4.5 Análisis de Precios Unitarios……. 50
4.6 Descripción del Cálculo…….… 55

Capítulo 5: Resultados

5.1 Metrados Trabajados…….. 81
5.2 Metrados Afectados…….….. 82
5.3 Factores Limitantes….……... 83
5.4 Rendimientos Promedio Ponderado de Tramos No Afectados…….. 83
5.5 Costo Esperado Final……. 84
5.6 Costo Real Final……. 84
5.7 Sobrecosto del Proyecto……. 85
5.8 Costos Unitarios Promedio…… 86
5.9 Gráficas Globales……... 91
5.10 Resultados por Condición de Trabajo…….. 94

Conclusiones…… 99
Recomendaciones…… 100
Referencias Bibliográficas……... 101
Anexos……. 103

Introducción

El éxito o fracaso de un proyecto de construcción a menudo se sostiene sobre la eficiencia conseguida en la productividad del trabajo realizado. Por lo tanto, es necesario educar y comprender la base para la medición y seguimiento de la productividad de las diferentes actividades de los proyectos.

Si la planificación de un proyecto y el presupuesto asignado al mismo, tienen en consideración posibles agentes como: demoras, ocurrencias, problemas y /o eventos; además de mantener una adecuada supervisión in situ de la productividad del trabajo, el proyecto tiene una alta probabilidad de éxito.

En la construcción, la productividad de las tareas se ha vuelto muy importante, ya que, los presupuestos y los plazos se manejan siempre con un estricto control para evitar sobrepasar los límites máximos deseados por la empresa.

Como resultado, la capacidad para medir la productividad y para articular las desviaciones de la productividad se han convertido en aspectos esenciales para el éxito de las empresas involucradas en la industria de la construcción.

Aun así con lo dicho anteriormente, los proyectos siguen manifestando sobrecostos una vez culminados, algunos debido a causas no previstas por el contratista y que no tienen forma de ser justificadas; pero en algunos otros si se pueden justificar tales causas como ajenas de culpa hacia el contratista y, es por este motivo que se podría reclamar tales sobrecostos del proyecto como pérdida ocasionada hacia el contratista.

El presente trabajo, muestra la metodología de cálculo de los costos producto de aquellas causas, eventos y/o factores ajenos al normal desenvolvimiento de los proyectos, conocida como “Measured Mile”; método de cálculo reconocido y aplicado mundialmente como fuente principal para el manejo de los sobrecostos y justificación de los mismos; y su aplicación para un proyecto de alcantarillado ya ejecutado en la ciudad de Piura.

Finalmente, cabe indicar que se parte del deseo de compartir los conocimientos, aplicaciones y conclusiones obtenidos en este trabajo para lograr un fácil manejo y adaptación a los diferentes proyectos de la industria de la construcción y enriquecernos mutuamente.

Capítulo 1

Marco de conocimientos

1.1 Productividad

La productividad es una medida de la velocidad en la que se lleva a cabo un trabajo. Esta tasa se expresa como la cantidad de trabajo, dividida entre la entrada de recursos. Por ejemplo, 24 metros cúbicos (m^3) de concreto colocados por un equipo de trabajo de 3 personas en 2 horas se expresan en forma de 4 m3/hora de trabajo, o 12 m3/hora de la cuadrilla, según la definición del recurso.

Se pierde productividad en el proyecto cuando la cantidad real de horas de trabajo del contratista o de los equipos es mayor que las horas previstas en su oferta. Otra forma de "pérdidas" de productividad es cuando el contratista realiza menos trabajo de lo previsto con la misma cantidad de recursos de mano de obra o de equipos y dentro de los mismos plazos previstos. En cualquier caso, el contratista está gastando más recursos de mano de obra o de equipos por unidad, para el trabajo realmente realizado. Los términos "pérdida", “alteración” e “ineficiencia” se usan indistintamente.

Debido que a los contratistas se les suele pagar por una cantidad fija de trabajo instalado, cualquier exceso de recursos que gastan para llevar a cabo este trabajo saldrá de sus honorarios, a menos que puedan recuperar dichos gastos a costas del propietario o de terceros.

1.2 Definición de “Disruption”

“Disruption” es una acepción anglosajona que hace referencia a un desorden, trastorno o alteración de una situación previa. En nuestro caso específico, y ya vinculado a temas de construcción, este término se relaciona a las consecuencias ocasionadas por la alteración de

la secuencia constructiva de la programación del contratista por causas que no le son imputables.

Así, "Disruption", según Nael Bunni (2005), puede ser definido como el efecto de un evento o un conjunto de eventos sobre la eficiencia y pérdidas de productividad en la ejecución de los trabajos, sin importar si se afectó una actividad critica.

1.3 Causas y consecuencias del "Disruption"

Los efectos de dicha alteración de la secuencia constructiva son la pérdida de eficiencia o productividad de los recursos asignados a la obra (equipo y mano de obra) y el ingreso de mayores recursos a los originalmente previstos, los cuales tienen un impacto en la utilidad del contratista, tal cual lo expresaría Edward J. McNaughton: "Es bien sabido que en la industria de la construcción las ineficiencias en el trabajo impactan significativamente al resultado final del contratista"[3].

Esta pérdida de eficiencia genera un costo y/o daño que debe ser reconocido a favor de la parte afectada, más aún si las causas de esta pérdida son ajenas a su responsabilidad. En la publicación "The Journal of the Institution of Civil Engineering Surveyors" (2008), se menciona: "Debemos señalar que el método de cuantificación del daño y/o costo derivado de un Disruption es materia de amplia discusión, siendo una de sus principales críticas la subjetividad del mismo". Más adelante agrega: "La cuantificación de la productividad es frecuentemente criticada por ser un proceso basado en el arte de la suposición e ilusión antes de que en la realidad" [10].

¿Qué puede originar un "Disruption"?.

Existen diversas razones que generan alteraciones a la secuencia constructiva originalmente planteada por el contratista y que se deben a causas que no le son imputables, según menciona Bunni: "La ineficiencia y pérdida de productividad del uso de los recursos son aspectos que se dan bajo el "Disruption" siendo que se originan por eventos que no son de responsabilidad del contratista" [2]; entonces entre ellas tenemos:

- Necesidad de rediseñar el expediente técnico entregado al contratista, debido a errores o a información inexacta.
- Instrucciones inoportunas por parte de la entidad supervisora.
- Condiciones imprevisibles en el terreno, etc.

Como ya se ha señalado, el "Disruption" genera mayores costos (producto de ingresar mayores recursos a la Obra), y pérdida de la eficiencia y productividad original de los recursos.

Así, desde el punto de vista general, si consideramos que la "Disruption" genera un daño, ésta deriva de la responsabilidad contractual al contratista. En ese sentido, si afecta de manera negativa la secuencia constructiva puede deberse al incumplimiento de una obligación contractual, como por ejemplo la entrega de un expediente técnico idóneo o de dar instrucciones oportunas para el desarrollo del proyecto.

El sujeto que incumple dicha obligación debe resarcir a su contraparte por los daños ocasionados. El pago de una indemnización a cargo del propietario se deriva de un incumplimiento de sus obligaciones aunque no tenga culpa.

En este caso, no existe un mayor trabajo o una mayor prestación, sino que por el contrario, existe una subutilización de los recursos que hacen que internamente se generen pérdidas que deben ser reconocidas hacia el contratista.

No obstante, las consecuencias de un "Disruption" también pueden ser vistas como un mayor costo ya que como resultado de la ineficiencia de los recursos se hace necesario ingresar mayores recursos a la obra para así revertir los efectos generados por la alteración de la secuencia constructiva.

1.4 Daño o costo

Es importante reconocer que para determinar si el reclamo del contratista es calificado como de mayores costos o como un daño, se debe regir por las disposiciones establecidas en el contrato así como por las limitaciones pactadas para uno u otro concepto.

También se debe tener en cuenta que para el reclamo de mayores costos derivados del "Disruption" no solo se debe cumplir con los requisitos de fondo establecidos en el contrato; sino también con los procedimientos formales establecidos contractualmente. Así, en caso que el contratista interponga un reclamo no solo deberá tener un respaldo contractual o legal sino que deberá haber cumplido con los requisitos de forma, establecidos en el contrato.

Ahora bien, la determinación de una pérdida de eficiencia o rendimiento implica necesariamente la identificación de un parámetro de comparación válido para determinar el daño producido.

1.5 Métodos de análisis de sobre costos

En la preparación de un reclamo por pérdida de productividad, el contratista buscará la manera de establecer la causalidad de su "pérdida" en la productividad. Además, el contratista deberá demostrar que estos eventos y sus impactos estaban fuera de su control y que no eran previsibles, como si lo serían por ejemplo los requisitos del proyecto original.

En la cuantificación de su afirmación de la productividad, el contratista deberá establecer que tenía un nivel básico de productividad razonable y alcanzable para el trabajo, y debe emplear un buen método de cálculo de la "pérdida" de productividad.

Si considerásemos el caso como disputa legal, los tribunales arbitrales no suelen aceptar como parámetro válido de comparación los rendimientos que se desprenden de los análisis de precios unitarios de la oferta, incluso en aquellos casos en los cuales dichos rendimientos están claramente expresados. Por ello, resulta difícil para un tribunal arbitral determinar si la diferencia entre el rendimiento real y el rendimiento de la oferta está producido por circunstancias externas y ajenas al contratista o por error como postor.

Apreciamos por tanto la complejidad que la cuantificación de la pérdida de rendimiento acarrea. En palabras de David Merrit (2008): "Mucho ha sido escrito respecto a cuantificar

y evaluar un reclamo por pérdida de productividad pero aún se mantiene como un proceso elusivo y en extremo nebuloso que es difícil de identificar y evaluar" [5].

A continuación se detallarán algunos métodos para obtener el sobrecosto por pérdida en la productividad:

1.5.1 Costo de la obra considerando la interrupción

Este enfoque requiere que el contratista haga una identificación oportuna de la interrupción. Una vez identificada debe documentar cómo se vio afectado el proyecto. No obstante, con el fin de hacer una identificación temprana del reclamo, el personal del proyecto debe estar capacitado para poder hacer un reconocimiento de los acontecimientos que puedan resultar en una interrupción.

Una vez identificado el evento que puede causar una interrupción, el personal de campo, debe estar capacitado para informar de manera adecuada y oportuna del problema al personal de la oficina.

Además, son importantes las revisiones periódicas del presupuesto del proyecto y los costos reales de la obra para poder hacer la identificación temprana de los sobrecostos. En esta metodología los costos asociados con la interrupción se facturarán según el tiempo y materiales y además se hará una retribución por el daño a la cartera del contratista.

El personal de campo debe colocar los siguientes elementos en carpeta: (a) una descripción del trabajo afectado, (b) los nombres de los trabajadores que se vieron afectados, (c) las horas empleadas / pérdidas como resultado de la interrupción, (d) fotografías y videos relacionados con el evento, (e) una descripción de cómo el evento afecta otras tareas, (f) cualquier otra documentación asociada al evento de interrupción y su efecto en el resto del proyecto.

1.5.2 Enfoque del costo total

El enfoque del costo total se calcula sumando los gastos generales y el margen, a la diferencia entre el costo estimado del proyecto y el costo real del proyecto. Pese a que el costo total es la técnica más sencilla, es el método menos aceptado para el cálculo de reclamaciones por interrupción. El fracaso de este método se debe a los posibles errores de cálculo del presupuesto meta presentado en la licitación del proyecto y además por cualquier ineficiencia logística y operativa atribuible a la empresa.

1.5.3 Estándares de la industria

Es bien sabido que existe una serie de guías publicadas de precios unitarios. Estas incluyen la productividad esperada para cada unidad de trabajo, que al ser comparadas con los valores obtenidos en la "realidad" del proyecto se podría dar indicios de las pérdidas de eficiencia.

Una vez más, la causa de la disminución del rendimiento durante el periodo en cuestión debe ser por el evento disruptivo. Debido a la variedad de manuales de estimación, es mejor elegir uno que esté especializado en el comercio de contratistas que pertenecen a un rubro en particular. También hay publicaciones de la industria que establecen el impacto sobre el rendimiento de eventos específicos. Estos incluyen, pero no se limitan a las inclemencias del tiempo, el exceso de personal, la aceleración y el tiempo extra.

No es conveniente utilizar como parámetros de comparación los de la industria o sector, debido a la dificultad de sustentar su aplicabilidad a las circunstancias de cada obra en específico.

1.5.4 Histórico Vs Actual

Si no hubiera ningún conjunto de base de datos asociados al proyecto actual para ser usado como punto de referencia, la siguiente mejor opción es usar las mediciones que se tomaron en circunstancias similares a las presentes pero en proyectos anteriores.

1.5.5 Planificado Vs Actual

Si no hubiera ningún conjunto de bases de datos se puede usar una base de datos reales registrados, y es factible tratar de comparar la productividad real con la productividad con la cual se pensó abordar el proyecto (planeada). El éxito del método dependerá de la forma convincente con que se pueda demostrar que la productividad "planificada" era realista.

1.5.6 Enfoque basado en la opinión de expertos

Este enfoque requiere la participación de un experto en la industria de la construcción. El experto contratado deberá obtener declaraciones anecdóticas del personal de campo en relación con el evento disruptivo. Además de obtener declaraciones de parte del personal del proyecto, el experto revisará la documentación del proyecto: de cómo se planeó y como en realidad se construyó. Después de haber reunido la información correspondiente, el consultor se apoyará en su experiencia con proyectos similares para poder emitir una opinión en cuanto a la naturaleza y el costo de la interrupción.

1.5.7 "Measured Mile" o Milla Medida

El análisis de milla medida es una comparación entre la productividad de un trabajo durante un periodo sin impactos (la milla medida) y su productividad durante un período afectado por cambios u otros eventos.

Desde 1986 la "Measured Mile" ha sido un método popular de análisis utilizado por contratistas demandantes en un esfuerzo para cuantificar las pérdidas directas de la productividad laboral en proyectos de construcción. La teoría del método se explica como la diferencia entre la productividad real ineficiente y una productividad normal, identificando la cantidad en exceso de costo para el contratista como consecuencia directa de la ineficiencia laboral y de la pérdida de la productividad. Edward J. McNaughton (1999) mencionó también: "La teoría es que la diferencia entre la productividad real ineficiente y una productividad normal identificada del contratista, es la cantidad de exceso de costo para el contratista como consecuencia directa de la ineficiencia laboral y de la pérdida de productividad".

Además, la milla medida se puede utilizar para determinar las ineficiencias de un trabajo causado por retraso, interrupción o interferencias en el proyecto.

1.5.7.1 Metodología de la "Measured Mile"

Un análisis de “Measured Mile” compara la productividad de un periodo afectado por una condición negativa o evento disruptivo, contra un periodo de tiempo en que no se vieron tales condiciones. En la figura 1.1 se muestran las curvas representativas de los costos planificados para el proyecto vs. los costos actuales, se observa las posibles variaciones que pueden tomar los costos reales.

Los pasos a seguir para el cálculo son:

1. Determinar la partida (concreto, madera, etc).
2. Determinar el período “milla medida” del rendimiento en dicha actividad.
3. Calcular la productividad de la mano de obra del contratista en el período de milla medida.
4. Calcular cual debería haber sido el costo, basado en las cantidades reales de trabajo (metrado) y su productividad durante la milla medida.
5. Calcular los sobrecostos mediante la diferencia entre el costo real y lo que debería haber sido.
6. Desarrollar matrices específicas de causa-efecto y dar recomendaciones de cómo evitar la disminución de la productividad del trabajo para estos casos.

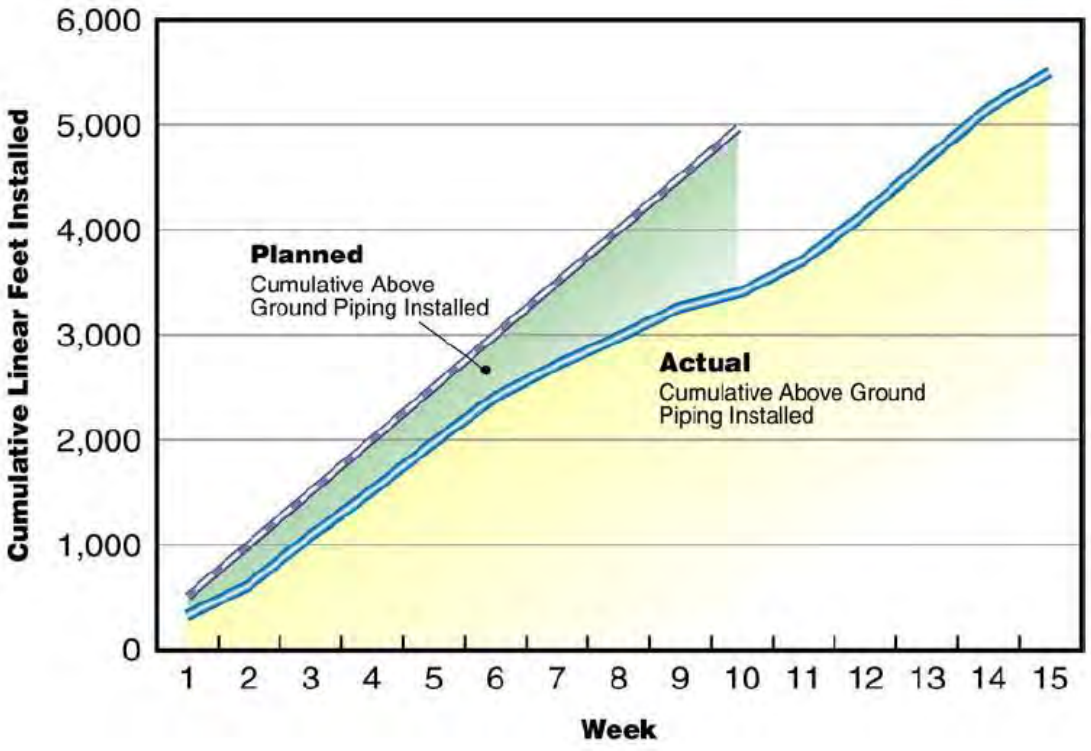
El *propósito* es mostrar el impacto del costo de determinadas acciones o eventos que afectan directamente los costos de mano de obra y de equipos.

El *objetivo* consiste en comparar la productividad durante los periodos de un proyecto que se han visto afectados por acontecimientos imprevistos y compararlos con los periodos que no se vieron afectados o que fueron sin obstáculos.

El periodo sin impacto se conoce como: “Milla de medición” o “Measured Mile” y es la base para predecir lo que debió haber sido el rendimiento de trabajo. Además, si el propietario es responsable del retraso o la interrupción, el contratista tendrá derecho a reclamo por las horas de trabajo adicionales asociadas a la ineficiencia.

Figura 1.1

Rendimiento Planificado vs Rendimiento Actual (Fuente: "Cumulative Impact Claims", Richard J. Long and Rod C. Carter, figura 5, pág. 26)



Es tal la magnitud en alcance de este método que se puede determinar periodos de producción iguales, o el de mayor producción, de la producción media y el de menor producción. Con este análisis también se puede determinar algunos otros aspectos como: porque el rendimiento real de trabajo ha variado (+/-), cuantificar los daños indemnizables y no indemnizables, etc.

Se pueden dividir los daños de ineficiencia laboral en actividades de trabajo (para el cálculo se ha sugerido dividir las actividades en base a la clase de tubería instalada. Véase Cap. IV "Metodología del Cálculo"), y luego podremos calcular el sobrecosto para cada una de ellas.

1.5.7.2 Sostenibilidad legal del método

Debe decirse que entre los métodos empleados internacionalmente, uno, el de la milla medida (The Measured Mile), ha logrado amplio respaldo doctrinal y jurisprudencial. De manera general, los tribunales reconocen la validez del método.

David Merrit (2008) afirmó diciendo: "Sin embargo, es la técnica de la milla medida la que ha ganado recientemente credibilidad y apoyo como un método aceptable para identificar, cuantificar y evaluar pérdidas de producción, particularmente en los Estados Unidos donde su uso ha sido aprobado por las cortes" [5].

1.5.7.3 Antecedentes

Durante la década de 1970, la compañía de petróleo y químicos "Petro-Chem", comprendió la importancia del seguimiento de la productividad en sus proyectos, como resultado de ello Petro-Chem desarrolló un sistema de seguimiento de sus avances basado en las horas de trabajo usadas.

La técnica implementada para medir la productividad del trabajo usaba un sistema de horas-hombre estándar, basada en el trabajo que se realiza bajo ciertas condiciones en un tiempo dado. Los ingenieros de costos llevarían a cabo estudios físicos y calcularían la cantidad de productos instalados. La cantidad instalada luego se multiplica por el factor de unidad de horas hombre estándar.

Las horas de trabajo obtenidas (a) fueron comparadas con las horas de trabajo reales usadas (b) en la instalación de la mercancía. Al dividir (b/a) da lugar a un índice de productividad. Si el valor era superior a 1 indica que el proyecto experimentó una productividad inferior a lo previsto. Un valor inferior que 1 indica que el trabajo tiene un desempeño mejor de lo previsto; tal enunciado fue propuesto por Timothy T. Calvey (2003) [6].

1.5.7.4 Ventajas del método “Measured Mile”

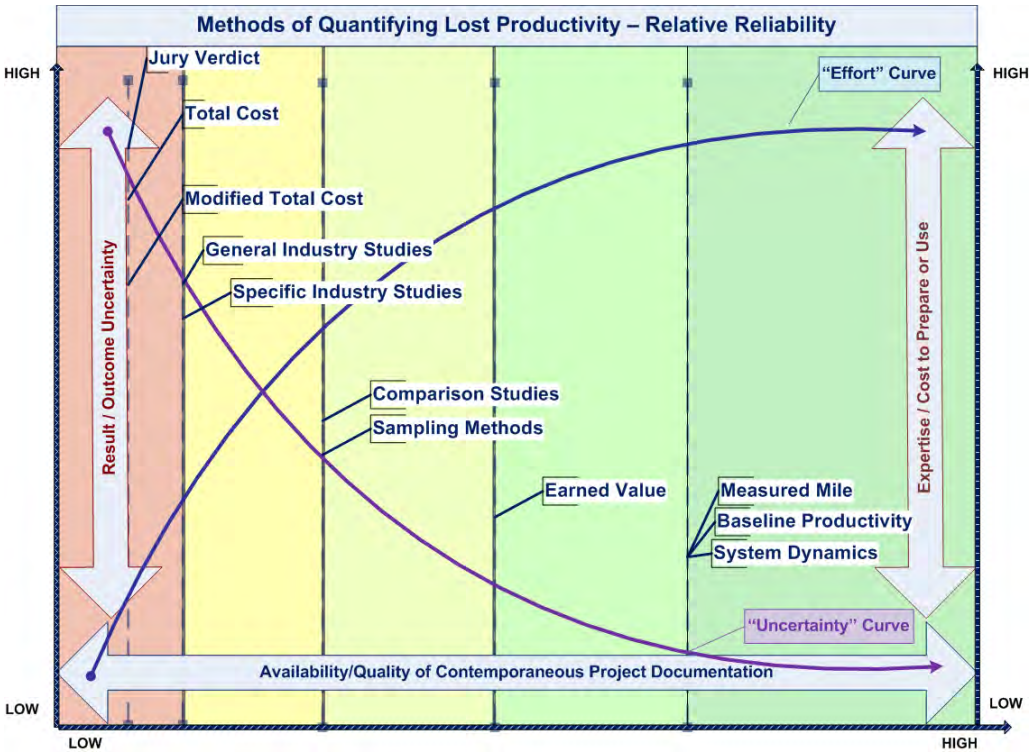
La “Measured Mile” les permite a los contratistas (usando su propia tasa de productividad) recuperar las pérdidas ocasionadas al llevar a cabo la construcción.

Si el contratista puede demostrar que hubiera sido capaz de realizar el trabajo con bajo presupuesto, los costos entonces se calcularán con la tasa de productividad no impactada.

Como se aprecia en la Figura 1.2 del método de la Measured Mile, uno de los métodos de mayor certeza en cuanto a resultados obtenidos, dentro de la curva de incertidumbre se encuentra en el extremo de menor valor; a su vez, en lo que respecta a pericia en su uso y/o costo de preparación para implementarlo en un proyecto en específico también es beneficioso para cualquier empresa, ya que no requiere de mucho costo o experiencia por parte del usuario. Pero sí se observa que mantendrá un alto grado de esfuerzo en lo que contempla a mantener una data constante y clara de los trabajos durante todo el tiempo que dure el proyecto.

Figura 1.2

Curvas de ventajas y desventajas de los métodos para medir productividad. (Fuente: "The Analysis and Valuation of Disruption" - by Derek Nelson, Senior Vice President & Regional Managing Director – Asia Hill International, Inc - 25 January 2011 – pag. 11).



1.5.7.5 Causas posibles de ocurrencia de Disruption

William C. Last, Jr en su publicación: "Are You Including a Loss of Productivity Cost Component in Your Change Orders? - Techniques for Establishing a Lost Productivity Claim", considera que algunas causas a considerar para la ocurrencia de la Disruption son:

- Eventos no previstos en la concepción del proyecto pueden tener un efecto de variabilidad en la productividad de los trabajadores en el proyecto.
- Condiciones meteorológicas excepcionales.
- La interferencia de propietario.
- Errores de diseño y ambigüedades.
- La coordinación deficiente de los proyectos.
- Ordenes de cambios excesivos.
- El acceso limitado a un emplazamiento.
- El trabajo fuera de la secuencia también puede afectar la eficiencia de los trabajadores en el proyecto.
- La espera de los trabajadores a que sus áreas de trabajo estén disponibles.
- Aumento de las movilizaciones y desmovilizaciones de los trabajadores del proyecto
- Desaceleración en el ritmo de los trabajadores.

Para Alejandro Cantú, Jorge Moreno, Mauro Gallina y Germán García; docentes de la Facultad de Ingeniería, UNC. Centro Universitario Mendoza ("Productividad real en obras civiles. Análisis de un caso"), las pérdidas también podrían darse por estos motivos:

- Pérdidas por transporte, distancias excesivas o viajes innecesarios.
- Pérdidas por movimientos, inspecciones innecesarias, supervisión excesiva, pérdidas de materiales.
- Pérdidas por defectos: reparaciones, trabajos rehechos, etc.
- Pérdidas por tiempo, demoras excesivas en resolver problemas, en recibir o enviar información.
- Pérdidas por papeleo y/o procedimientos engorrosos.

El costo de las pérdidas de eficiencia asociadas a este tipo de eventos debe ser un componente del costo de cualquier reclamo. La pérdida de eficiencia o productividad normalmente se expresa en términos de una disminución en el porcentaje de la máxima eficiencia que se preveía en el momento de la oferta del proyecto.

1.5.7.6 Consideraciones a tener en cuenta

- Si el contratista no prepara ningún tipo de parte de horas de trabajo al día, o prepara tablas de tiempos es mejor optar por otro tipo de método diferente a la milla medida.
- Se ha demostrado que la productividad en algunos casos aumenta en periodos de horas-extra programadas.
- El método de la "Measured Mile" puede ser una herramienta muy eficaz para la recuperación de costos no reembolsados, para este análisis los contratistas deben reevaluar sus procedimientos para asegurar que la información necesaria para la milla medida sea aceptada.

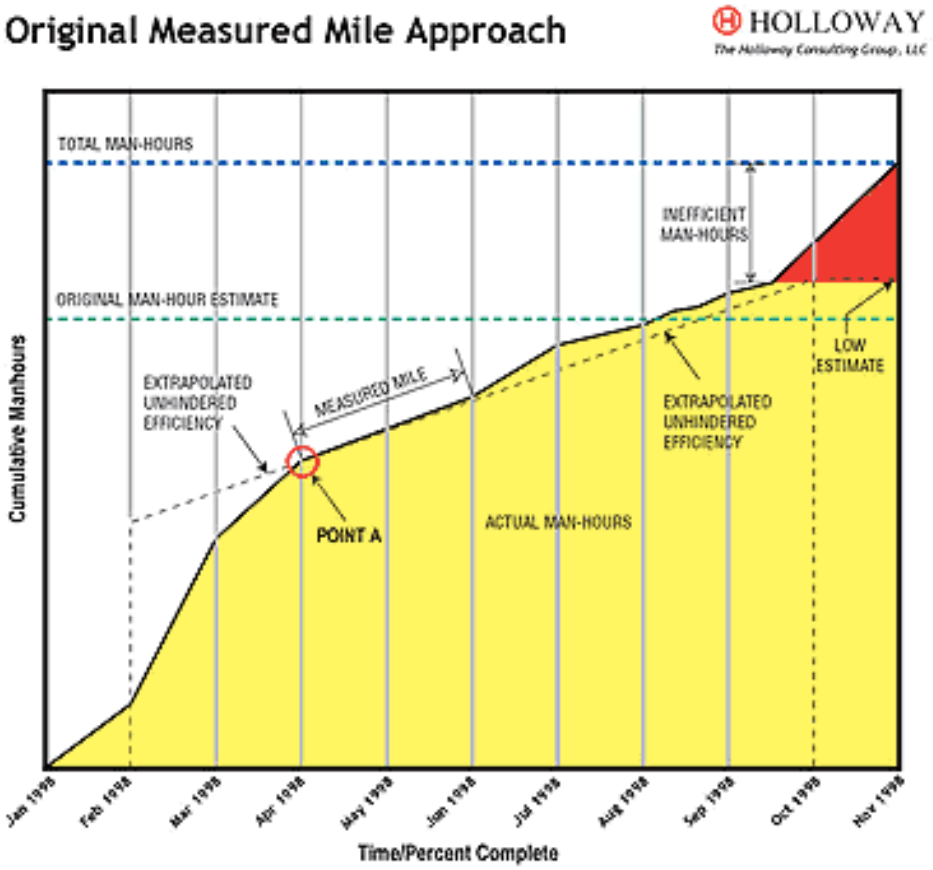
1.5.7.7 Actualizaciones al método

La experiencia ha demostrado que la metodología descrita en el original de 1986 del artículo y empleado en muchas ocasiones a partir de entonces tiene errores de fondo, ya que prácticamente todas las horas ineficientes efectuadas antes del comienzo de la milla medida serían no compensables y caerían en la cuenta del contratista.

Ver Figura 1.3

Figura 1.3

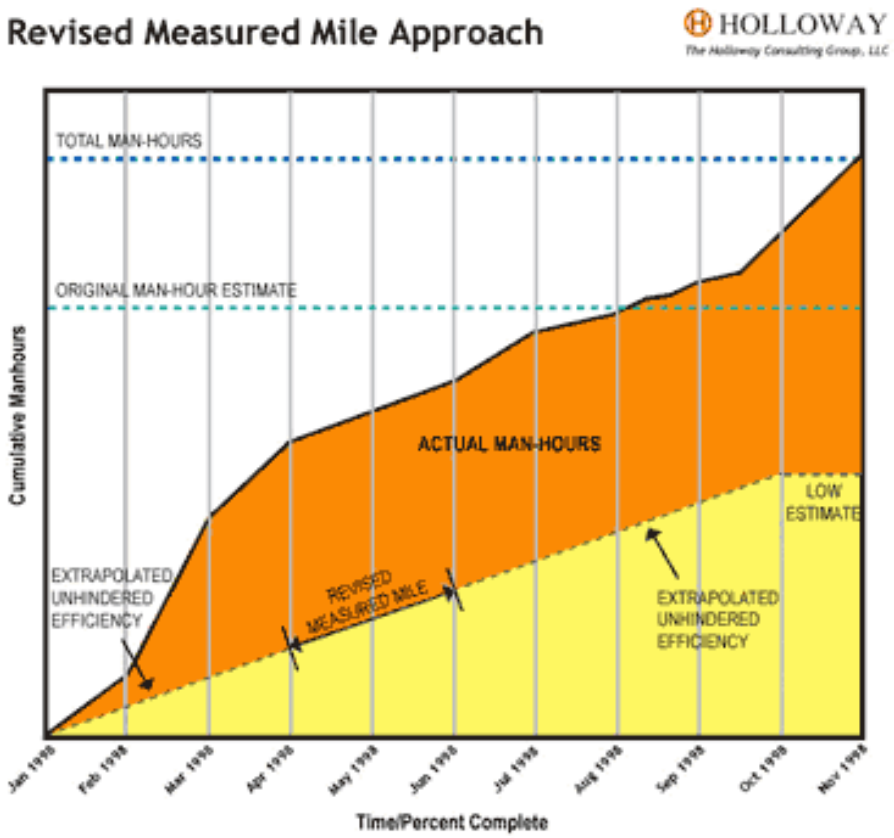
Propuesta original para la Measured Mile (Fuente: “The Measured Mile Revisited --- What you should know – Introduction to Measured Mile”- http://www.hcgexperts.com/newsletter/ecr-issue-80.html)



El enfoque adecuado sería establecer primero una milla medida defendible o la tasa de rendimiento. Entonces la tasa de rendimiento debe comenzar a 0,0 puntos en el eje XY de la tabla y proyectarlo hacia adelante a la terminación sustancial de la obra. El análisis debe reflejar la premisa fundamental de este método: el trabajo en cuestión podría haber sido completado en la tasa de producción en la que se basa la milla, sin penalizar excesivamente el contratista de las consecuencias de "cuando" comenzó y terminó la milla (Ver Figura 1.4).

Figura 1.4

Enfoque actual para la Measured Mile (Fuente: “The Measured Mile Revisited --- What you should know – Introduction to Measured Mile”- http://www.hcgexperts.com/newsletter/ecr-issue-80.html)



Capítulo 2

Descripción del proyecto

Se describe las características del proyecto: "LOTE 3A: MEJORAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO PARA PIURA-CASTILLA", obra en la que se aplicará la metodología "Measured Mile".

2.1 Obras previstas en el Proyecto

Las obras ejecutadas son parte de los Planes de Expansión de Mínimo Costo de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado desarrollados por Parsons – Cesel (1999) y del Estudio Técnico Económico Complementario desarrollado por la Dirección Nacional de Saneamiento "DNS" (2003). Las actividades y obras ejecutadas bajo este contrato a "precios unitarios" incluyen la construcción y puesta en servicio de las siguientes estructuras:

- Construcción de una Planta de Tratamiento de Aguas Servidas, laguna de oxidación, denominada "Lagunas San Martín", para un caudal promedio de tratamiento de 200 lps, que incluye desarenador de acuerdo al diseño incluido en los documentos de licitación. Se incluye la construcción del cerco perimétrico de la "Laguna El Indio".

- Laboratorio para análisis de aguas residuales que sería construido y equipado en los terrenos de la cámara de bombeo CB 19 Primavera.

- Modificación y reequipamiento de las siguientes cámaras de bombeo de aguas servidas:

    - Cámara de bombeo CB-7 MIRAFLORES

    - Cámara de bombeo CB-9 SAN JOSE (construcción nueva)

- Cámara de bombeo CB-11 SANTA MARIA DEL PINAR
- Cámara de bombeo CB-12 CONSUELO DE VELASCO
- Cámara de bombeo CB-13 VICÚS
- Cámara de bombeo CB-17 SUR MEDIO
- Cámara de bombeo CB-18 ALMIRANTE GRAU
- Cámara de bombeo MONTERRICO

- Instalación de tuberías de impulsión de aguas servidas de GRP rigidez 5 Kn/m2 (Glass reinforced pipe o fibra de vidrio) de las siguientes cámaras de bombeo:
  - CB-9 Tubería de 300 mm de diámetro
  - CB-10 Tubería de 600 mm de diámetro
  - CB-11 Tubería de 400 mm de diámetro.
  - CB-12 Tubería de 200 mm de diámetro
  - CB-Monterrico Tubería de 200 mm de diámetro
- Reposición de redes de agua potable con tuberías de PVC clase 10:
  - Reposición de las redes de distribuciones primarias y secundarias así como las conexiones domiciliarias de agua potable en el área comprendida entre el malecón Víctor Eguiguren, Avenidas Integración, Av. Sullana, Av. Fermín Málaga y Luis Eguiguren. Las redes primarias a reponer son: 150 mm, 200 mm, 250 mm, 300 mm. Las redes secundarias a reponer son 50 mm, 100 mm.
  - Reposición de los colectores primarios y secundarios y las conexiones domiciliarias de alcantarillado en el área comprendida entre el malecón Víctor Eguiguren, Av. Integración, Av. Sullana, Av. Panamericana Norte, Mártires de Ucchuracay, Fermín Málaga y Av. Luis Eguiguren. Los colectores primarios a reponer son: 250 mm 300 mm 350 mm 450 mm 550 mm 600 mm 800 mm Los colectores secundarios a reponer son: 200 mm.

Los trabajos a ejecutarse a precios unitarios incluyen los siguientes aspectos:

1. La construcción y puesta en funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas servidas “Lagunas San Martín” y la construcción del cerco perimétrico de la laguna El Indio.
2. Modificación y equipamiento de las cámaras de bombeo de aguas servidas de acuerdo a los diseños preparados para cada cámara de bombeo.
3. Instalación de las tuberías de impulsión en los diámetros y longitudes indicadas en el diseño.
4. Reposición de las tuberías primarias y secundarias de agua potable y alcantarillado, que incluyen las conexiones domiciliarias para el área delimitada en los planos de diseño.

5. Instalación de 23,500 medidores domiciliarios que incluyen cajas y accesorios.

2.2 Redes de agua potable y alcantarillado

Según los resultados del estudio Parsons – CESEL para las redes de agua potable, se tomó la decisión de no modificar la estructura existente.

Para la verificación de la red de alcantarillado se ha asumido una densidad de población de 181 habitantes por hectárea, una dotación diaria de 200 litros por habitante y un coeficiente de restitución de 80%. El coeficiente pico previsto por el Reglamento Nacional de Edificaciones es 1.8, y se ha utilizado en todos los otros cálculos del estudio. Sin embargo para la simulación de esta red se ha utilizado la fórmula de Harmon, que es más conservadora, y que permite considerar la variación del coeficiente al cambiar la población.

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones se ha considerado una infiltración de 1 litro/seg.- kilómetro de red y un flujo mínimo de 1.5 litro por segundo en los tramos de arranque, un diámetro mínimo de 200 mm y una pendiente mínima función del caudal ($0.0055*Q^{-0.47}$). También, se ha respetado la geometría y los diámetros de la red existente, ajustando las pendientes e incrementando los diámetros en los puntos necesarios.

De acuerdo a lo concordado con el PAPT (Programa de Agua Para Todos), programa del estado peruano, se han diseñado los colectores desde la urbanización Angamos hasta la avenida Sullana para dejar excluida la cámara de bombeo Angamos (CB-1).

2.2.1 Sistema colectores primarios

La cobertura del servicio en el medio urbano es del orden del 86% en agua potable y 70% en alcantarillado. En ambos casos, se encontró más del 50% de las tuberías en estado crítico, por ello se determinó su reemplazo mediante el método tradicional (con excavación de zanja), alternando con el método de instalación de tubería sin zanja (Método Cracking) en otros tramos menos afectados.

Félix Arriagada en su tesis: “Renovación de Tuberías de alcantarillado mediante sistema de fragmentación neumática o cracking” (pág. 12) define: ”Cracking es la técnica de renovar tuberías in situ o sin zanja, cuando la tubería madre o anfitriona está dañada y se quiere evitar grandes movimientos de tierra, minimizando la ruptura de hormigón, asfalto o algún material granular a lo largo del tendido, aumentando el diámetro de la tubería existente y conservando su pendiente. La utilización de esta tecnología permite ejecutar obras en zonas urbanas densamente pobladas, por ende con un gran tránsito vehicular en donde el impacto ambiental al hacerlo mediante esta tecnología, se reduce al mínimo”

Nota: Para efectos de este trabajo, solo se ha considerado lo referente a Instalación de Tuberías de Agua Potable y Alcantarillado, los demás ítems: Laguna EL Indio, Cámaras de Bombeo y Laguna San Martin no se incluyen en el alcance del trabajo.

2.2.1.1 Ubicación

El área de trabajo para los colectores primarios está delimitada dentro del distrito del cercado de Piura, de la siguiente manera:

Al Norte: Por la Av. Panamericana, Jr. Uchuraccay y la Av. Luis Eguiguren.

Al Sur : Por la Av. Integración.

Al Este: Por la Av. Sullana (considerando una derivación que pasa por las Av. Circunvalación, Av. San Martin, Jr. Ayacucho, Jr. Otto Toshman y la Av. Grau.

Al Oeste: Con el Malecón Eguiguren. *(Ver Gráfico 3.1)*

2.2.1.2 Tipos de terreno y recomendaciones

A continuación se da una referencia porcentual bastante aproximada de los diferentes tipos de terreno presentes en el proyecto:

a) Zona freática: 80%

Se ha determinado que la napa freática en épocas de avenidas o lluvias se encuentra entre 1.5 y 2 m. de profundidad, y a 3 m. de profundidad en épocas de estiaje o de escasas lluvias. Esta información ha sido obtenida del informe base para la realización de la memoria descriptiva y además de la información entregada por EPS GRAU.

Cabe recalcar que muchas zonas aparentan ser freáticas, esto debido a los múltiples desagües colapsados, que son aproximadamente el 50% de las líneas de la ciudad de Piura. Por esta razón, se tendrán que usar necesariamente entibados metálicos a lo largo de las zanjas y además cajones metálicos. (Ver Imagen 2.1).

Imagen 2.1

: Se aprecia el entibado metálico para protección en zonas freáticas.

b) Zona normal: 10%

Debido a la horizontalidad de casi la totalidad de la topografía del Cercado de Piura, el 90% de los colectores primarios está a más de 3 metros de profundidad, encontrándose arenas y areniscas bien compactas en todos los estratos de zanja. Para este tipo de terreno y para profundidades considerables es recomendable mojar por inundación parcial las zanjas a excavar de tal manera de obtener un talud firme y así evitar sobre excavaciones que puedan tener anchos de zanja hasta los 3 metros, lo cual sería el principal motivo de pérdida en esta partidas. Es recomendable también entibar intercaladamente para no retrasar el avance de obra, tomando las medidas de seguridad conveniente, ya que a veces suele cambiar la estratigrafía del terreno durante el proceso de entibado en zona normal (Ver Imagen 2.2).

Imagen 2.2

Se aprecia terreno con arenas, aquí se sugiere humedecer para evitar derrumbes de taludes.

c) **Zona semirocosa: 10%**

En las zonas aledañas al Rio Piura se encontraron presencia de bolonería (canto rodado), restos de árboles, restos de concreto, relleno contaminado y rocas de grandes dimensiones, las cuales en muchos de los casos se tendrán que reemplazar con material de préstamo. También se encuentra presencia de agua, se recomienda colocar entibados intercalados reforzados, para evitar derrumbes por socavamientos. (Ver Imagen 2.3).

Imagen 2.3

Se aprecia las raíces de los árboles, cantos rodados, etc. de igual manera se recomienda usar entibados o humedecer la zanja para evitar derrumbes.

2.2.1.3 Información de los colectores existentes

a) Colectores primarios diámetros de 300 a 450 mm

Se encontraban funcionando actualmente de manera regular, además mostraban múltiples reparaciones. El material principal es el concreto simple normalizado (CSN), habiendo sido reemplazadas en diferentes periodos por tuberías de asbesto cemento.

En los últimos años, estas tuberías han sido reemplazadas por tuberías de PVC corrugado (actualmente en mal estado) y otras en PVC liso, las cuales están trabajando bien y se encuentran en buen estado, sin embargo necesitan ser reemplazadas para uniformizar el tipo de material. Incluirá el reemplazo del 100% de buzones ya que se encuentran en pésimo estado. (Ver en Imagen 2.4).

b) Colectores primarios diámetros de 600 a 800 mm

Se encontraban funcionando en pésimo estado, la gran mayoría represado por múltiples colapsos de tubería y presentaban múltiples reparaciones. El material principal de estos colectores es el Concreto Reforzado (CR), habiendo sido reemplazadas en diferentes periodos por tuberías de asbesto cemento. Además, en los últimos años las zonas reparadas cuentan con dados de anclaje que cubren la tubería, debido a que la gran mayoría de las pendientes existentes eran demasiadas bajas, menores a 5 o/oo y no eran las adecuadas, tuvieron que ser mejoradas y replanteadas utilizando el método de Tradicional o Convencional (Catálogo y manual técnico págs. 15-21, "*Sistema de alcantarillado NTP-ISO 4335 Tubos y accesorios de PVC-U)*[10], con la salvedad de que en lo posible se subirían las profundidades de las tuberías nuevas a colocar, con el motivo de minimizar la excavación de tubería y utilizar además el tipo y clase de tubería adecuado en GRP.

Incluirá el reemplazo del 100% de buzones por buzones Tipo II pre-fabricados, ya que estos se encuentran en pésimo estado. Ver en Imágenes 2.4 y 2.5 el represamiento por colapso de tuberías y mal estado de los buzones.

Imagen 2.4

Estado dañado de buzones existentes.

Imagen 2.5

Represamiento por pésimo estado de las redes de alcantarillado en la ciudad de Piura

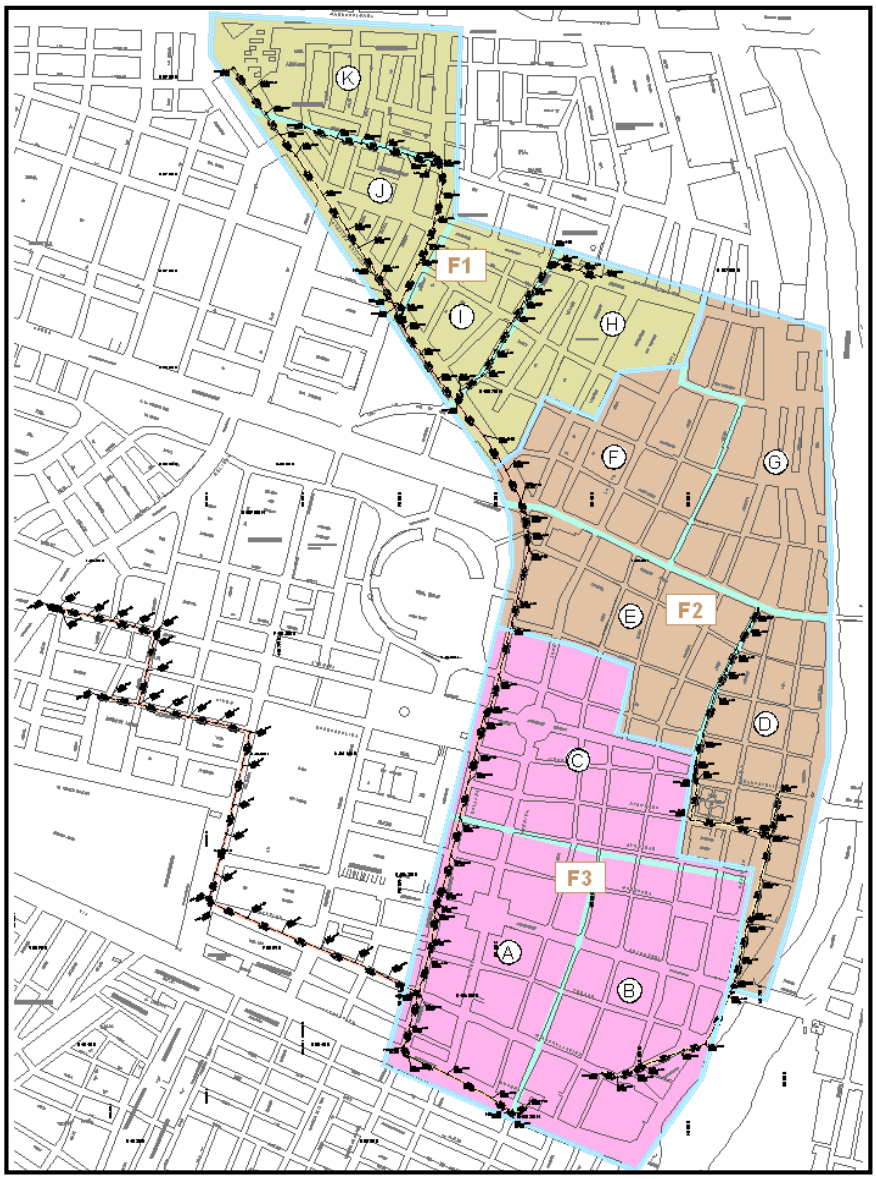
2.2.2 Conceptualización del proyecto

Según contrato se tiene un total de 30 km de cambio de tuberías de alcantarillado y 6.5 km de colectores primarios. Luego de haber detallado los colectores primarios y haber dividido conceptualmente las áreas de drenaje de la Obra Lote 3A Mejoramiento de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado para Piura y Castilla, podemos decir que existen 3 áreas de drenaje bien definidas F1, F2 y F3, en donde funcionarán las redes secundarias de desagüe, basadas en sus llegadas a los colectores primarios, las cuales a su vez se subdividen en 11

sub áreas de drenaje: A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, y K (Ver Figura 2.1) las cuales se describirán a continuación:

Figura 2.1

Delimitación del proyecto y sub áreas.



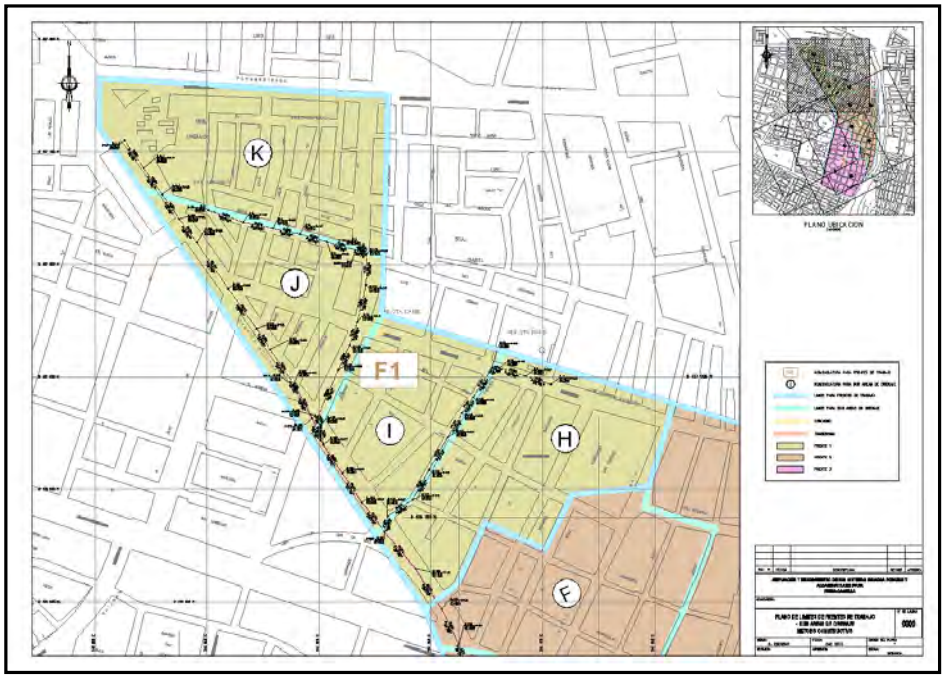
2.2.2.1 Área de drenaje F1

Está compuesta por 4 sub áreas de drenaje, (H, I, J y K), ver Figura 2.2. Podemos encontrar terrenos normales, semirocosos y freáticos, es la zona más alta topográficamente de la obra.

Esta zona funcionaba en forma regular.

Figura 2.2

Ubicación de área de drenaje “F1”.

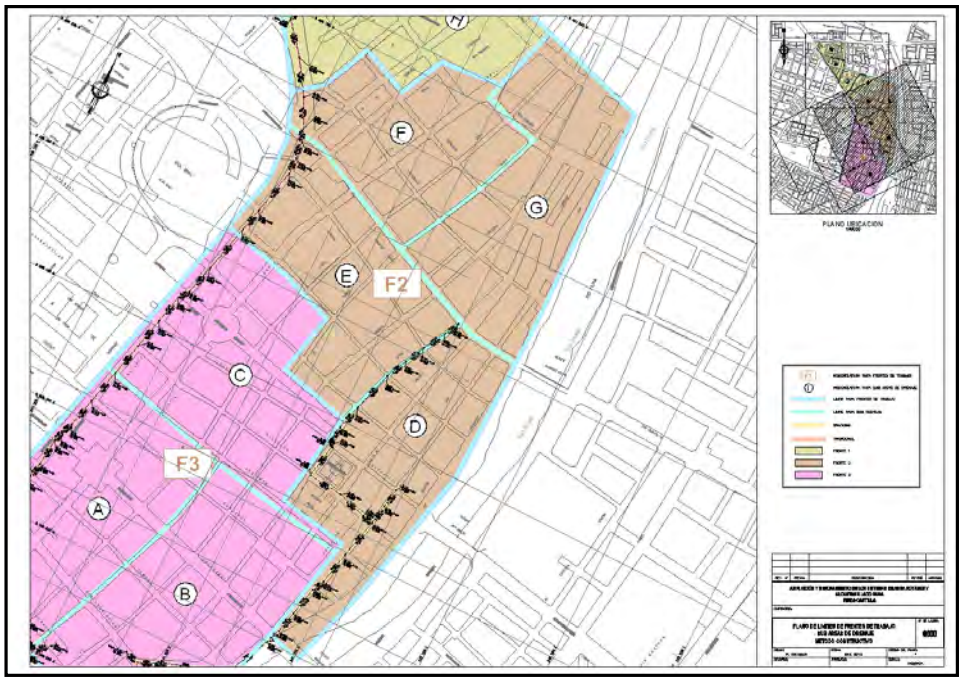


2.2.2.2 Área de drenaje F2

Compuesta de 4 sub áreas de drenaje, (D, E, F y G), ver Figura 2.3. Podemos encontrar terrenos normales, semirocosos y freáticos, es la zona intermedia topográficamente de la obra. Esta zona funcionaba en forma regular.

Figura 2.3

Ubicación de área de drenaje “F2”.

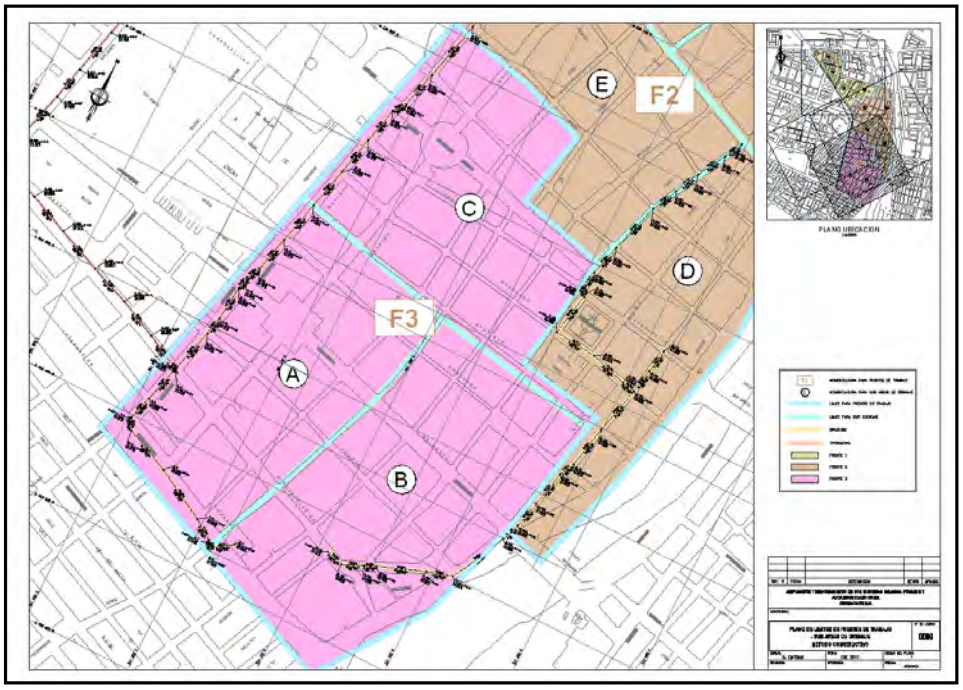


2.2.2.3 Área de drenaje F3

Compuesta de 4 sub áreas de drenaje, (A, B y C), ver Figura 2.4. Podemos encontrar terrenos normales, semirocosos y freáticos, es la zona más baja topográficamente de la obra. Esta zona funcionaba en pésimas condiciones.

Figura 2.4

Ubicación de área de drenaje "F3".



Los diámetros y longitudes de los colectores de relleno, primarios y secundarios que conforman la red de alcantarillado de la zona del lote 3A se indica en la Tabla 2.1 (aproximadamente):

Tabla 2.1: Longitud de colectores de la red de alcantarillado del Lote 3A.

Diámetro (mm)	Longitud (m)
200	24517.69
250	767.9
300	475.28
350	3052.44
400	76.1
450	1084.81
550	146.6
600	2374.97
800	1275.05
Total	33770.84

El sistema de alcantarillado está formado por redes secundarias de alcantarillado y por redes de colectores, estos últimos con profundidades de hasta 7.00 m. al llegar a la cámara de bombeo "Piura".

2.2.3 Colectores principales

Las redes de alcantarillado formadas por las tuberías de relleno, secundarias y primarias, se unen en 2 puntos determinados de la ciudad, para dar origen a los colectores principales: Sullana y Lima, constituidos por tuberías de grandes diámetros para evacuar el caudal hacia la cámara de bombeo Piura (Ver Figura 2.5).

Figura 2.5

Ubicación de redes de colectores en el proyecto.

2.2.3.1 Colector Sullana

Este recolecta los desagües domésticos de la zona céntrica y noreste del ámbito del proyecto, y se inicia hidráulicamente en el lado izquierdo de la avenida del mismo nombre a la altura de la antigua Panamericana frente al CERP, iniciándose con un diámetro de 300 mm hasta la Av. integración en la que llega con 800 mm en la que se une con el colector

Integración. Adicionalmente recibe desagües del sector Este mediante un colector que llega por la Av. Circunvalación de 600 mm.

2.2.3.2 Colector Lima

Este colector evacúa las aguas servidas que provienen de la zona Noroeste y centro de la zona en trabajo. Se inicia desde la Av. Lambayeque con 250 mm hasta la Av. Integración cerca de a la cámara de bombeo de 600 mm.

2.3 Proceso constructivo y especificaciones técnicas.

2.3.1 Trazo y replanteo

En esta etapa la cuadrilla de topografía, plasmará lo indicado en los planos en el terreno, trazando en él, el eje de los tramos, la ubicación de las cajas condominiales, entre conexiones y cajas de paso, así como las cotas que indican los niveles de profundidad requeridos para la excavación.

Se trabajará con un BM fijo que podrá ser una casa, un poste y con los planos de lotización de las habilitaciones que estarán debidamente sellados y firmados por la municipalidad en la que se esté efectuando el proyecto; esto último referente al plano, es para tener en claro el límite de propiedad y evitar problemas posteriores de reclamos en los que se indiquen que el ramal esté en el interior de la propiedad. Estos trabajos se realizarán en las veredas.

2.3.2 Excavación

Una vez que la cuadrilla de topografía ha indicado las cotas y la dirección del trazo se procederá a la excavación de las zanjas hasta los niveles especificados en el proyecto y para ello se empleará una retroexcavadora y volquetes.

De acuerdo a la disponibilidad del espacio, el material excedente procedente de la excavación se podrá colocar a un costado de la zona de excavación, delimitando en todo momento la zona de trabajo, o transportarlo al lugar de almacenamiento a través de los volquetes si el espacio fuese reducido. Si el material encontrado no es relleno orgánico, rocoso ni desmonte, servirá como material de préstamo para las capas finales del segundo relleno del tramo.

En los casos de encontrar nivel freático; en el punto más bajo se excavará un foso con la suficiente profundidad para alojar a las mangueras de succión de las motobombas a instalar; como la excavación en todo momento será desde la parte más baja hacia la más alta el agua siempre estará escurriendo y a la vez se estará bombeando a depósitos para ser derivados a otro lugar.

2.3.3 Refine y nivelación

Para proceder a instalar las líneas de alcantarillado, previamente las zanjas excavadas deberán estar refinadas y niveladas. El refine consiste en el perfilamiento tanto de las paredes como del fondo, teniendo especial cuidado que no queden protuberancias rocosas que hagan contacto con el cuerpo del tubo. La nivelación se efectuará en el fondo de la zanja.

2.3.4 Cama de apoyo

El tipo y la calidad del apoyo que tenga una tubería que ha sido tendida en una zanja, es otro factor que influye notablemente en la capacidad de soporte de los conductos enterrados. EI fondo de la zanja debe conformarse para proveer un apoyo firme, estable y uniforme a lo largo de toda la longitud de la tubería. Los materiales más económicos son: arena, fina o triturado pequeño, ya que su compactación se obtiene con un mínimo de apisonamiento. Con esta base, el objetivo primordial es evitar vacíos debajo y alrededor de cuadrante de la tubería.

De acuerdo al tipo y clase de tubería a instalarse, los materiales de la cama:

a) En terrenos normales y semirocosos. Será específicamente de arena gruesa o gravilla, que cumpla con las características exigidas como material selecto a excepción de su granulometría. Tendrá un espesor no menor de 0,10 m, debidamente compactada o acomodada (en caso de gravilla), medida desde la parte baja del cuerpo del tubo. Sólo en caso de zanja, en que se haya encontrado material arenoso no se exigirá cama.

b) En terreno rocoso. Será del mismo material y condición del inciso “a)”, pero con un espesor no menor de 0,15 m.

c) En terreno inestable (arcillas expansivas, limos etc.), la cama se ejecutará de acuerdo a las recomendaciones del proyectista. En casos de terrenos donde se encuentren capas de relleno no consolidado, material orgánico objetable y/o basura, será necesario el estudio y recomendaciones de un especialista de mecánica de suelos.

2.3.5 Bajada a zanja

Antes de que las tuberías y accesorios sean bajados a la zanja para su colocación, cada unidad será inspeccionada y limpiada, eliminándose cualquier elemento defectuoso que presente rajaduras o protuberancias. La bajada podrá efectuarse a mano sin cuerdas, a mano con cuerdas o con equipo de izamientos, de acuerdo al diámetro, longitud y peso de cada elemento y a la recomendación de los fabricantes con el fin de evitar que sufran daños, que comprometan el buen funcionamiento de la línea.

2.3.6 Limpieza de las líneas

Antes de proceder a su instalación, deberá verificarse su buen estado, conjuntamente con sus correspondientes uniones, los cuales deberán estar convenientemente lubricados. Antes del proceso de instalación se efectuará una limpieza del interior de la tubería con instrumentos de aire a presión. Durante el proceso de instalación, todas las líneas deberán permanecer limpias en su interior. Los extremos opuestos de las líneas, serán sellados temporalmente con tapones, hasta cuando se reinicie la jornada de trabajo, con el fin de evitar el ingreso de elementos extraños a ella. Para la correcta colocación de las líneas de alcantarillado, se utilizarán procedimientos adecuados, con sus correspondientes herramientas.

2.3.7 Instalación de tuberías de desagüe

Se describe a continuación el procedimiento de colocación de las líneas de desagüe con uniones flexibles.

a) Nivelación y alineamiento.- Las tuberías deberán quedar alineadas según el eje de la excavación, sin que exista ninguna deformación a lo largo de la línea de caída *(dirección de la red en dirección hacia el extremo de cota más baja en el tramo)*.

La instalación de un tramo (entre dos buzones), se empezará por su parte extrema inferior, teniendo cuidado que la campana de la tubería, quede con dirección aguas arriba. En los ramales condominiales y en las áreas de mayor pendiente, el asentamiento puede seguir el siguiente procedimiento:

- Se marca una zanja en tramos de 15 en 15 m.
- Se asienta en cada extremo un tubo.
- Se extiende una cuerda de nylon, de campana a campana bien estirada, a fin de facilitar el estiramiento de los tubos intermedios.
- Se inicia la colocación de los tubos de aguas abajo para aguas arriba. En las áreas donde se necesite mayor precisión, principalmente cuando se trata de colectores externos situados en áreas planas o en mayores profundidades (>1,50 m), el asentamiento debe obedecer los siguientes criterios:
    - La nivelación del terreno a lo largo del recorrido de los colectores se realizará en intervalos de 20 m.
    - El trazado de las referencias de nivel, obtenidas en los puntos principales del lugar, o traídas de los puntos conocidos más próximos del área a ser saneada; distará a lo máximo 200 m entre sí, siendo obligatoria la realización de una contra nivelación.

b) Niplería.- Todo el tramo será instalado con tubos completos a excepción del ingreso y salida del buzón en donde se colocarán niples de 0,60 m como máximo, anclados convenientemente al buzón.

2.3.8 Relleno de zanjas

El relleno deberá seguir a la instalación de la tubería tan cerca como sea posible, los fines esenciales que deberán cumplir este relleno son:

• Proporcionar un lecho para la tubería.

• Proporcionar por encima de la tubería, una capa de material escogido que sirva de amortiguador al impacto de las cargas exteriores. Siempre que sea posible, se deberá utilizar el mismo material excavado para el relleno de la zanja. El material a utilizar en el relleno de la instalación de tuberías es el siguiente de acuerdo a sus características físicas.

2.3.8.1 Material selecto.

Es el material utilizado en el recubrimiento total de la tubería y que deberá cumplir con las siguientes características:

a) Físicas.- Deberá estar libre de desperdicios orgánicos o material compresible o destructible, el mismo que no debe tener piedras o fragmentos de piedras mayores a ¾" en diámetro, debiendo además contar con una humedad óptima y densidad correspondiente. El material será una combinación de arena, limo y arcilla bien graduada, del cual: no más

del 30% será retenido en la malla N° 4 y no menos de 55%, ni más del 85% será arena que pase la malla N° 4 y sea retenida en la malla N° 200.

b) Químicas.- Que no sea agresiva a la tubería instalada en contacto con ella.

2.3.8.2 Material seleccionado

Es el material utilizado en el relleno de las capas superiores que no tenga contacto con la tubería, debiendo reunir las mismas características físicas del material selecto, con la sola excepción de que puede tener piedras hasta de 6" de diámetro en un porcentaje máximo del 30%. Si el material de la excavación no fuera el apropiado, se reemplazará por "Material de Préstamo" previamente aprobado.

2.3.9 Compactación del relleno

2.3.9.1 Primer relleno compactado.

El primer relleno compactado que comprende a partir de la cama de apoyo de la tubería, hasta 0,30 m por encima de la clave del tubo, será de material selecto para terreno normal. Para otro tipo de terreno se usará una capa de material de préstamo (arena gruesa o grava de ¼" – ½") desde la cama de apoyo hasta la clave de la tubería y a partir de ésta hasta 0,30 m encima, el relleno será apisonado con material selecto.

Este relleno, se colocará en capas de 0,10 m de espesor terminado, desde la cama de apoyo compactándolo íntegramente con pisones manuales de peso aprobado, teniendo cuidado de no dañar la tubería y/o estructura.

Ver Figura 2.6

2.3.9.2 Segundo relleno compactado.

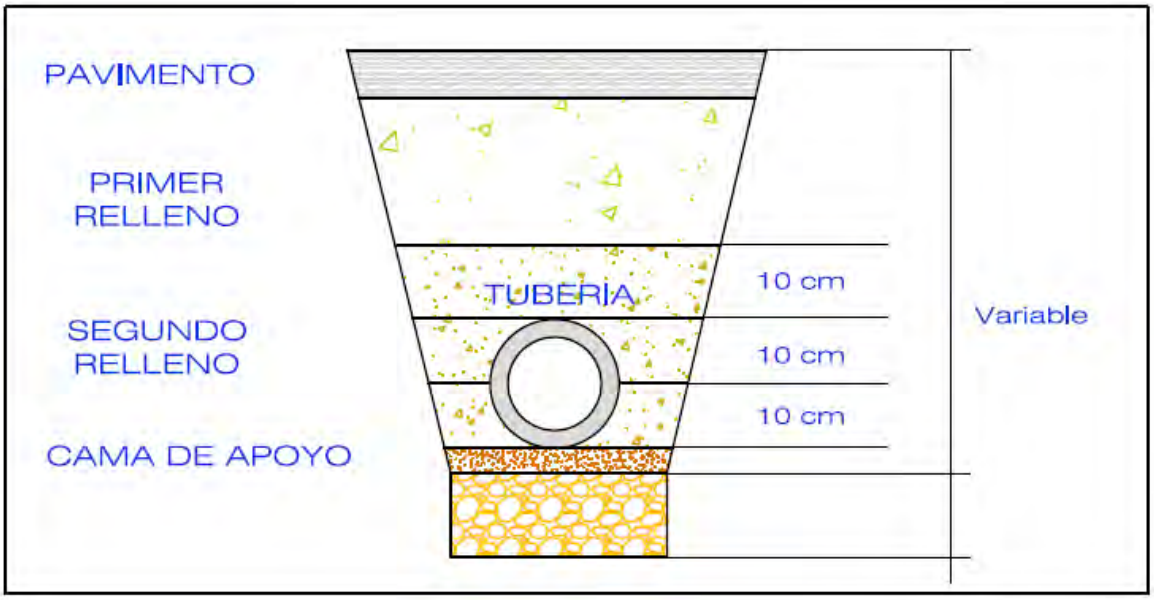
El segundo relleno compactado será con material seleccionado, entre el primer relleno y la sub-base, se harán por capas no mayores de 0,15 m de espesor, compactándolo con vibro-apisonadores, planchas y/o rodillos vibratorios. No se permitirá el uso de pisones u otra herramienta manual.

Durante la prueba hidráulica de la tubería, es importante comprobar la impermeabilidad de las uniones, para lo cual se deben dejar descubiertas. En el caso de zonas de trabajo donde existan pavimentos y/o veredas, el segundo relleno estará comprendido entre el primer relleno hasta el nivel superior del terreno. En el caso de zonas de trabajo donde existan pavimentos y/o veredas, el segundo relleno estará comprendido entre el primer relleno hasta el nivel superior del terreno.

Ver Figura 2.6

Figura 2.6

Esquema de la distribución de los rellenos de la zanja



Capítulo 3

Factores limitantes generadores de la baja de productividad.

Se han identificado algunas causas que a lo largo del periodo de ejecución del proyecto generaron los efectos de "disruption", y que a su vez fueron agentes directos de la baja en la productividad de las diferentes cuadrillas o frentes en los que se organizó la obra.

Llamaremos a estas causas o circunstancias con el nombre de: "factores limitantes" y a lo largo del capítulo se describirán cada una de ellas; de igual modo se establecerá la relación y efecto que tuvieron en el desarrollo de la obra. Tales factores limitantes son:

3.1 Mala ingeniería (Mi).

El proyecto se puede considerar como un proyecto de ingeniería con carencias técnicas importantes tales como son: mal diseño, errores técnicos, alcances ambiguos y falencias técnicas que pueden ser resumidas en las siguientes anomalías:

3.1.1 "Errores de diseño en cotas de llegada de la tubería al buzón (Tapada mínima - TM)".

Se presentó incumplimiento de normas técnicas referido a la altura de relleno. Según NORMA TÉCNICA O.S. 060 – "DRENAJE PLUVIAL URBANO" – apartado f4."*La profundidad mínima a la clave (diámetro interno) de la tubería desde la rasante de la calzada debe ser de 1 m.".* Esto se observa al tener profundidades de instalación de redes de alcantarillado sanitario y de colectores que no respetan las exigencias de seguridad para el diseño, construcción y operación.

Luego de haber hecho una evaluación del comportamiento hidráulico del sistema de redes secundarias de alcantarillado del proyecto en referencia, como parte de las labores de cada tramo; se encontró que existía este error en el diseño y que por ser de importancia en el buen funcionamiento posterior del tramo en ejecución, se debía coordinar con el ente supervisor para que se levante la observación ocurrida.

Tal accionar generó inmediatos bajos en el rendimiento de las cuadrillas, ya que debido a la detención del avance previsto de la instalación de la tubería, la cuadrilla tuvo que realizar labores que no son directas al avance de instalación de tubería, por ejemplo: limpieza de zonas aledañas, levantamiento y recojo del pavimento, ordenamiento de áreas cercanas a la zanja, etc. labores que disminuyeron directamente el rendimiento de la cuadrilla en tal tramo, ya que usualmente el levantamiento de dicha observación, se daba 1 o 2 días después de registrada la misma.

3.1.2 Ausencia de redes en el diseño y su posterior adición (AD).

A medida que se iba avanzando con los tramos del proyecto y para ciertas zonas en particular que carecían de tramos de redes de alcantarillado o que era insuficiente la misma en tal sector, se añadieron tramos que no fueron contemplados inicialmente en la propuesta.

Dichos tramos generaron que las cuadrillas que se encontraban cerca presenten ciertas demoras en su trabajo, ya que algunas de ellas fueron encargadas de realizar dichos tramos adicionales, que por ser de requerimiento inmediato del ente supervisor tuvieron que ser diseñadas conforme se iba avanzando en ellas; es decir, mientras el primer día se iba levantando el pavimento que correspondía a dicho tramo, no se tenía una certeza de hasta que profundidad se iba a excavar o hasta que longitud sería considerado tal tramo. Esto porque como se mencionó antes, la demora venía particularmente por el ente supervisor, que era el encargado del diseño de tal tramo a la vez que debía realizar la supervisión en otros tramos del proyecto. Este doble accionar generaba que el tramo adicional tuviera demora en su diseño y por ende en la ejecución del mismo, causando bajos rendimientos en la cuadrilla, ya que como se mencionó anteriormente no se encontraba realizando labores directas a la instalación de la tubería sino otras labores indirectas.

Este hecho recayó en el contratista incluso al tener que replantear la distribución de las cuadrillas y de los materiales necesarios para cumplir dichos requerimientos siendo motivo de variación en la productividad que se iba desarrollando en adelante en la obra.

Ver Figuras (3.1, 3.2, 3.3) los tramos resaltados de color naranja.

Figura 3.1

Tramos añadidos al ir avanzando la ejecución del proyecto.

Figura 3.2

Tramos añadidos al ir avanzando la ejecución del proyecto.

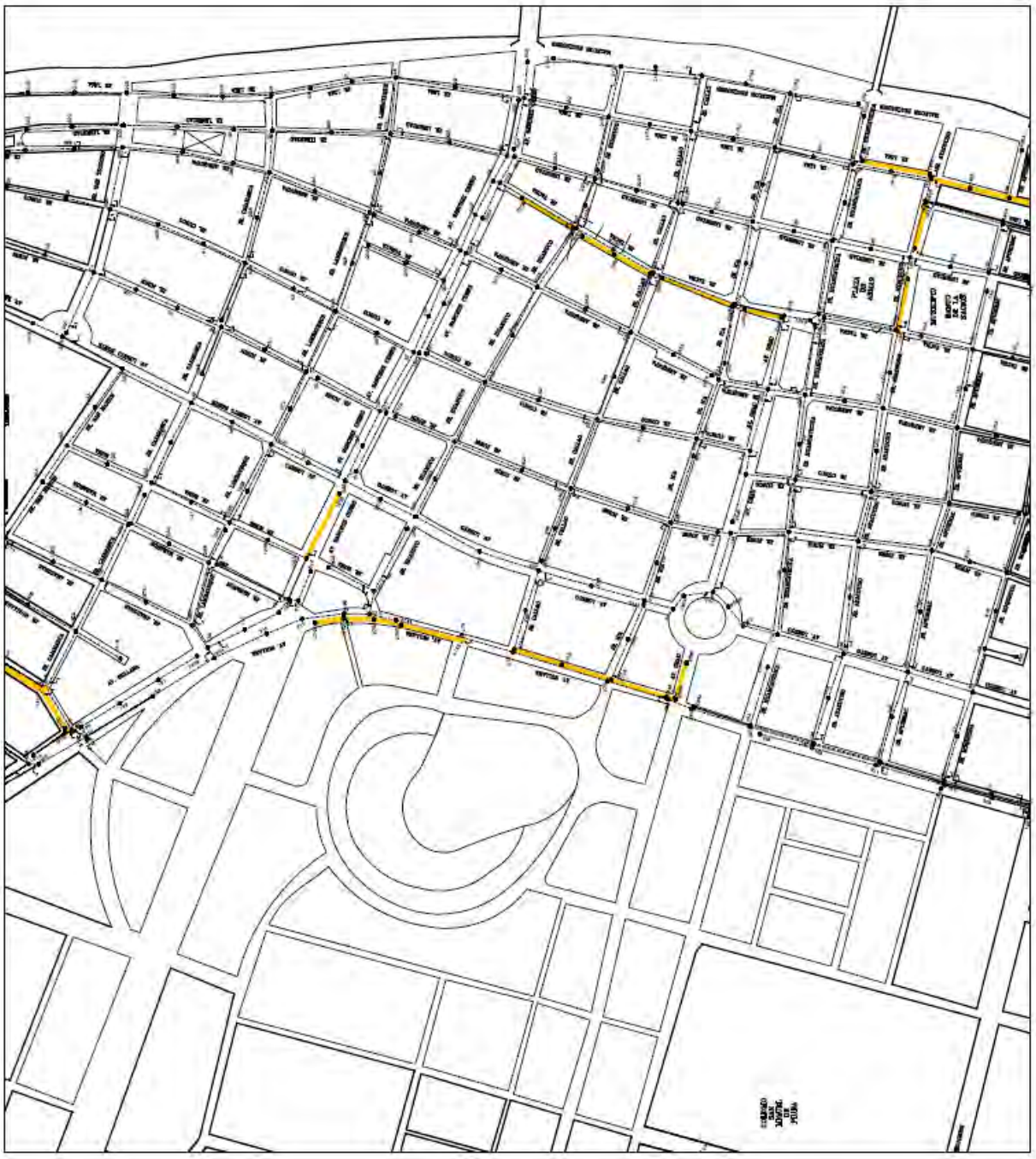


Figura 3.3

Tramos añadidos al ir avanzando la ejecución del proyecto.

3.1.3 Indicación incorrecta del tipo de pavimento.

Se encontró en obra que existían errores en los planos del proyecto; esto básicamente a una indicación incorrecta del tipo de pavimento que se debía de encontrar en los tramos (Buzón a Buzón) del proyecto, se podría decir que un 50% de la longitud total de calles a intervenir en la instalación de redes de tuberías de alcantarillado sanitario indicaban un pavimento distinto al encontrado al momento de realizar el zanjeado respectivo.

En las figuras 3.4, 3.5, 3.6 y 3.7 se observa el tipo de pavimento "supuesto" (descripción entregada al momento de ofertar el proyecto), mientras que en las figuras 3.8, 3.9, 3.10 y 3.11 se observa como fue la realidad encontrada, se resalta en tales figuras con color azul para las redes secundarias y con rojo para los colectores, en aquellos tramos que fueron pavimento mixto una vez finalizado el proyecto.

Este hecho fue causa de disruption en algunos tramos en particular, debido a que al igual que para los tramos adicionales, se debía de realizar una documentación necesaria para la aceptación y ejecución del tramo. De otra manera no se podía realizar trabajo alguno en el mismo; de esta forma el personal obrero de la cuadrilla afectada con tal tramo debía de realizar otras labores, como por ejemplo, cortes en la longitud del tramo para verificar si contenía tal pavimento en toda su longitud, la limpieza del tramo para su uso público vehicular mientras no se realice el levantamiento del pavimento, limpieza y ordenamiento de pistas y avenidas, etc.

Estas acciones indirectas a la instalación de la tubería tomaron por lo menos entre 1 o 2 días mientras se realizaba la aprobación del trabajo en estas nuevas condiciones. En todo ese tiempo la cuadrilla, en algunos casos posibles, fue trasladada a otro tramo o se subdividió para seguir avanzando el proyecto, pero tan inmediatamente se tenía la aprobación del trabajo en tal tramo, la cuadrilla retomaba sus labores en el mismo, esto ya que siendo la red de alcantarillado como su mismo nombre lo dice una "red" debían de continuarse las labores por áreas para su pronto puesta en funcionamiento y ver así lo menos posible afectados a los usuarios de dichos tramos de tubería.

Ver en las figuras 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.10 y 3.11 la descripción gráfica de lo expuesto anteriormente.

3.2 Falta de información (FI).

Se encontró una carencia de información correspondiente a las condiciones externas, físicas y de operación de la infraestructura existente en funcionamiento. Algunas de estas carencias informativas son:

3.2.1 Sistema colapsado en las redes de alcantarillado sanitario y colectores (SC).

No se informó de las condiciones existentes del sistema de redes de alcantarillado y colectores, ya que este se encontró colapsado; es decir, la tubería antigua o red existente presentaba serios daños y en muchos casos casi ya no existía. Redes y colectores destruidos o corroídos por acción del gas sulfhídrico y ácido sulfúrico.

Constantemente hubo el colapso de las redes de alcantarillado y de colectores existentes durante la instalación de la nueva infraestructura, solo por acción de las excavaciones realizadas a cierta distancia de las ya existentes.

Figura 3.4

Ubicación supuesta del pavimento mixto encontrado en obra (zona centro).

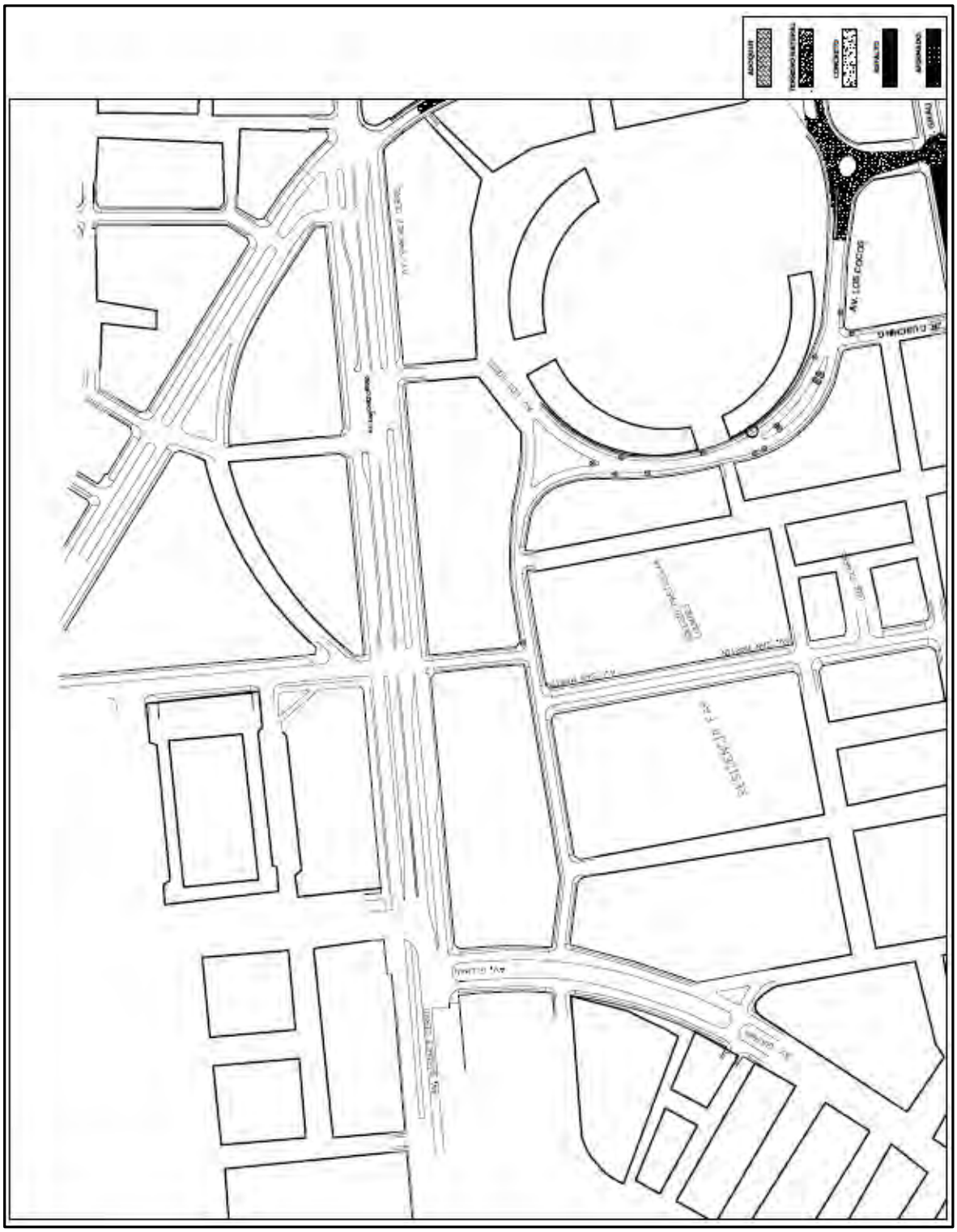


Figura 3.5

Ubicación supuesta del pavimento mixto encontrado en obra (zona centro).

Figura 3.6

Ubicación supuesta del pavimento mixto encontrado en obra (zona centro).

Figura 3.7

Ubicación supuesta del pavimento mixto encontrado en obra (zona centro).

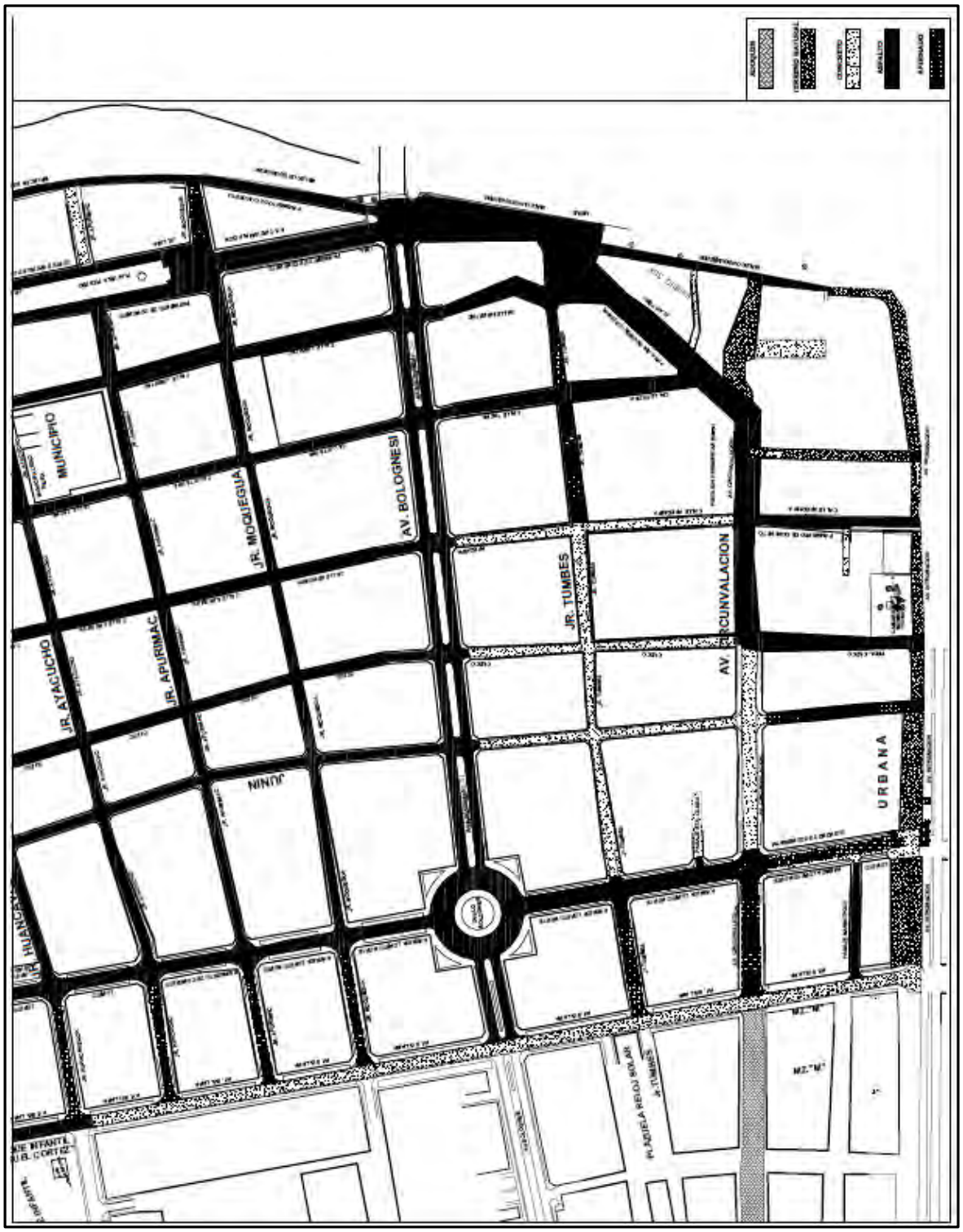


Figura 3.8

Ubicación real del pavimento mixto encontrado en obra.

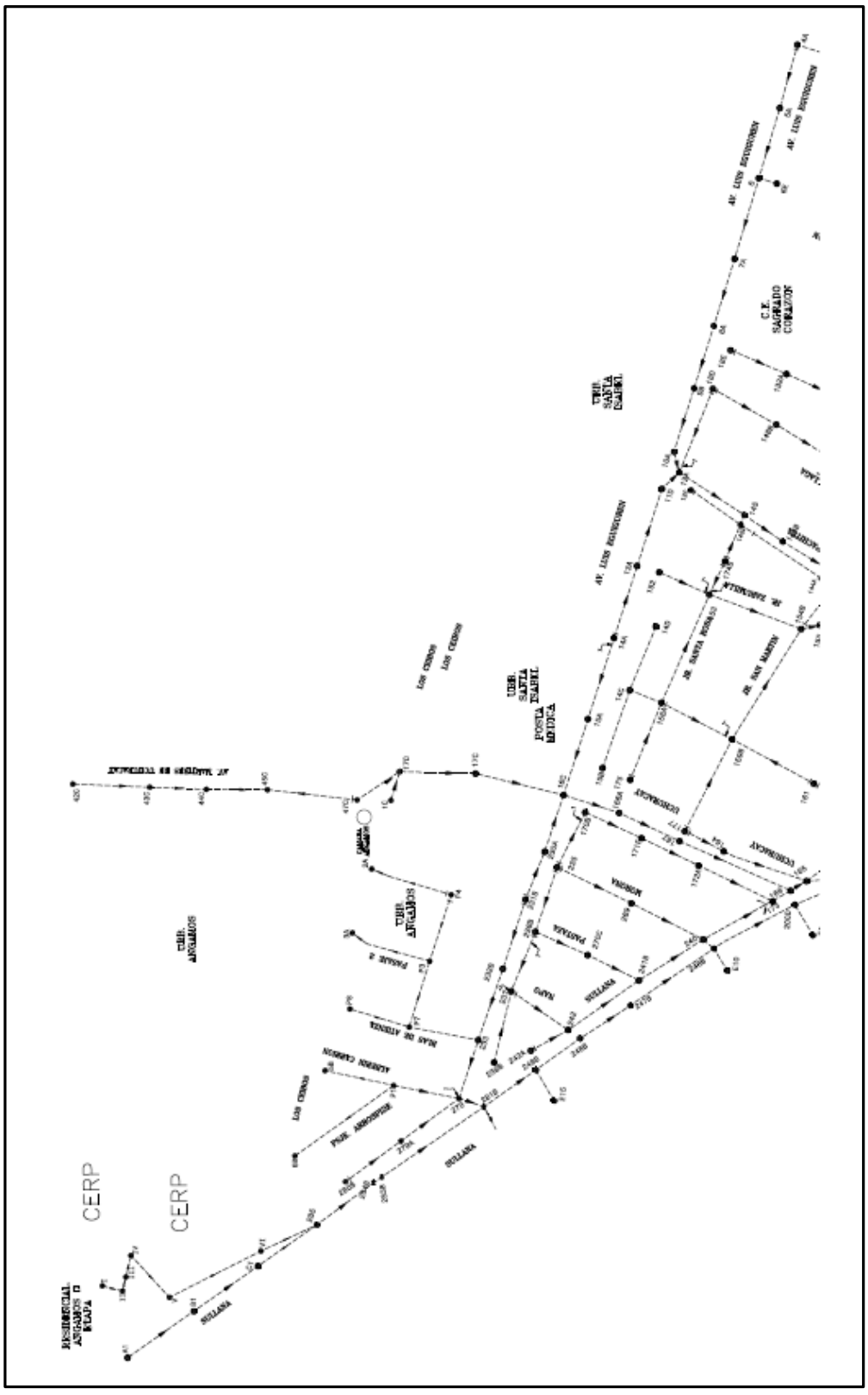


Figura 3.9

Ubicación real del pavimento mixto encontrado en obra.

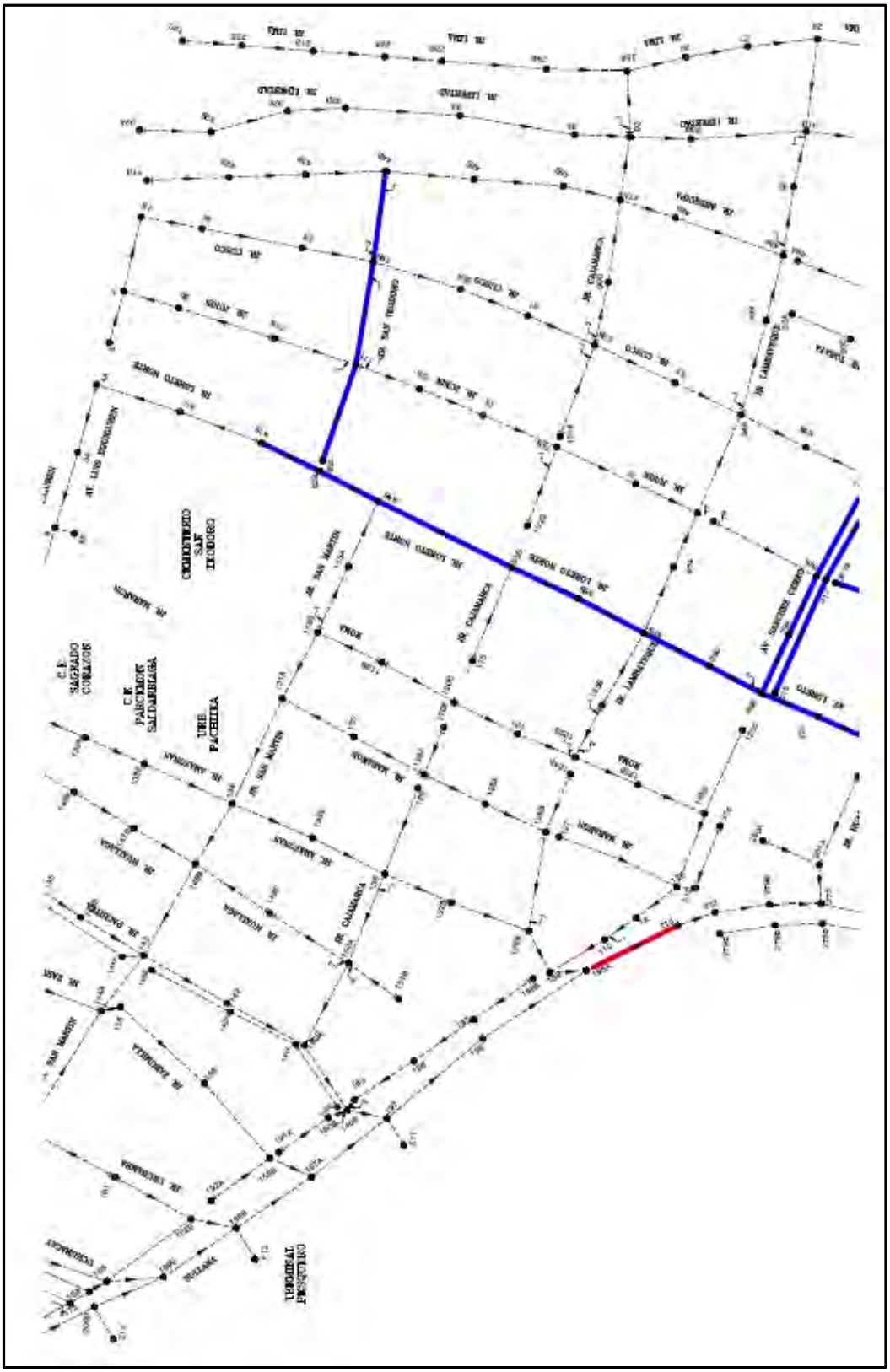


Figura 3.10

Ubicación real del pavimento mixto encontrado en obra.

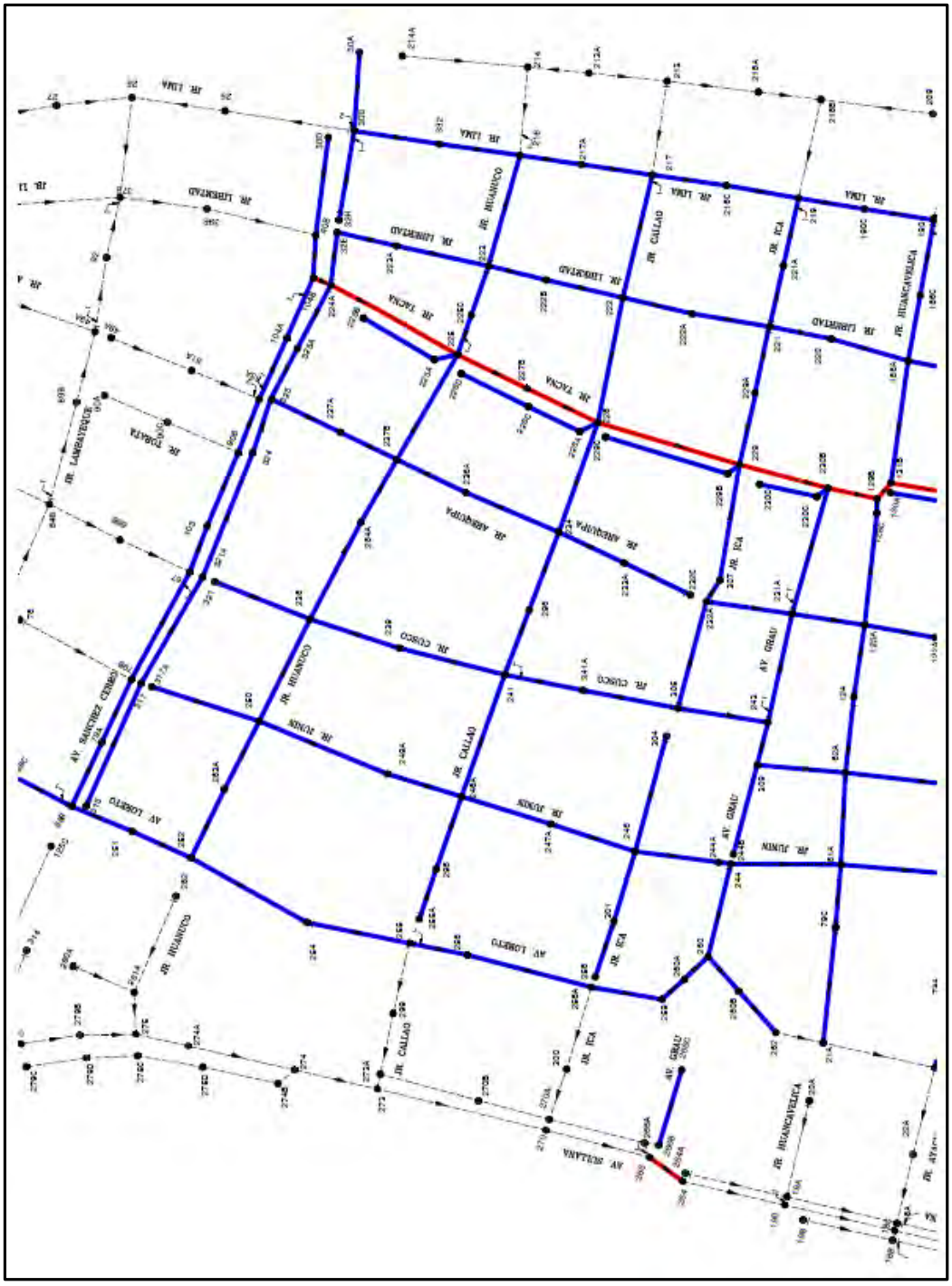
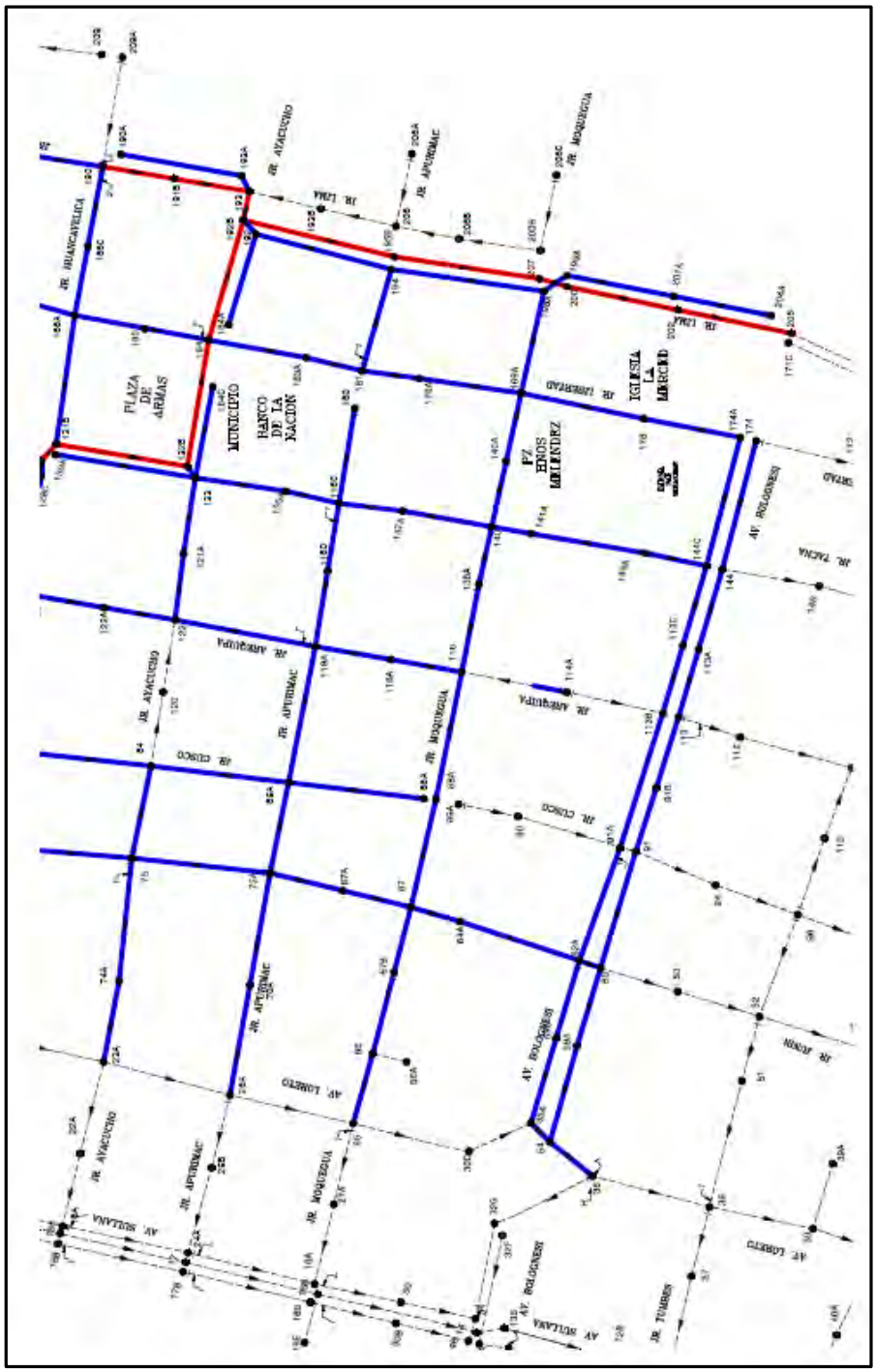


Figura 3.11

Ubicación real del pavimento mixto encontrado en obra.



Se presentaron entonces desbordes y vertimientos excesivos de caudales de aguas residuales en zanjas y en la superficie; generando una complejidad constructiva excesiva y adicional, a la dificultad inherente de las propias características asociadas al tipo de obras en ejecución.

De manera que se tuvieron que destinar mayor tiempo y recursos, al cuidado de estos tramos, tanto para las labores de limpieza de la zanja, como para cuidar no afectar a los usuarios vecinos del tramo en ejecución, aumentando así el tiempo de trabajo en el tramo, y por ende la disminución en el rendimiento.

3.2.2 Prohibición de descarga o evacuación de los caudales de agua subterránea a los buzones existentes.

Teniendo en cuenta la existencia de corrientes de aguas subterráneas que cruzan a lo largo del área de influencia del proyecto, y con la propuesta aprobada en el estudio de impacto ambiental (EIA-d) del proyecto, se autorizaba el vertimiento de estas aguas a las redes existentes de alcantarillado mediante el bombeo de las mismas.

Ya en los trabajos en campo se encontró que o bien a la ineficiente capacidad de transporte hidráulico de la infraestructura existente (red antigua) o por la prohibición impartida por parte de la EPS Grau S.A. no se podía realizar tal vertimiento a la red de alcantarillado existente, entonces se optó por el sistema alternativo de carga y traslado hacia su disposición final, de los líquidos provenientes del sub-suelo por medio de bombeo y transporte por medio de camiones cisterna.

Esto fue motivo de disruption en ciertas partes en particular ya que la cantidad de agua proveniente del subsuelo o presentes en la zanja imposibilitaba las labores normales de trabajo, ya que entre viaje y viaje de los camiones cisterna y con la negativa de bombear las aguas subterráneas hacia la red antigua, la zanja abierta no demoraba en llenarse de estas aguas, imposibilitando o dificultando las labores de la cuadrilla y disminuyendo su rendimiento en dichos tramos.

3.2.3 Información errónea del nivel freático. (NF)

El expediente entregado al contratista mencionaba un nivel freático de 1.50 m. para tramos ubicados en el área de Pachitea; en la realidad se encontró que tal nivel freático era erróneo ya que en ciertas zonas tal nivel bordeaba los 0.70 m. incluso. Por tal motivo las zanjas hechas en dichos tramos generaron muchas complicaciones debido a la cantidad excesiva de agua subterránea que, unido a lo descrito en el punto anterior hacían extremadamente difícil el avance de los trabajos, retrasando en gran manera el avance y los rendimientos en dichas zonas.

3.3 “Interrelación y conjunción de efectos”.

Como se ha descrito anteriormente, el proyecto ya presentaba complejidad de detalles, pero a esta complejidad de detalles, podemos añadirle también la “interrelación y conjunción de efectos” que surgen de la existencia de uno o más de los factores descritos anteriormente para uno o más tramos, o mejor dicho por la acción combinada de algunos de ellos.

Se puede decir entonces que para los tramos en donde se presenta la acción combinada de estos factores se deberían encontrar los más bajos rendimientos productos de la disruption ocurrida en tales tramos. De ser así, si podemos afirmar que representa para el contratista

un sobrecosto adicional perjudicial para sus intereses, y el mismo que debería de ser reconocido por el cliente que aceptó errores en el diseño y que no entregó información necesaria o errónea al contratista para el normal trabajo en el proyecto; pero que a su vez exigía el cumplimiento de la fecha de entrega pactada en un inicio, motivo por el cual adicionalmente pueden añadirse incluso costos necesarios para cumplir tal fecha.

Capítulo 4

Metodología del cálculo

Este capítulo detalla la metodología y consideraciones asumidas para el cálculo del impacto por variación en la productividad mediante la Measured Mile.

El método se basa en los "mayores costos" que han sido generados por la baja productividad.

Se incluye en el detalle una breve descripción de los diferentes "elementos" involucrados en el proceso de cálculo, para manejar las mismas definiciones y contenidos.

Se ha desarrollado la metodología del cálculo para el caso de redes secundarias de alcantarillado, ya que el proceso es el mismo para el caso de redes colectoras. Además se ha tomado en cuenta que para redes secundarias se presentaron en campo profundidades de instalación de:

$$h = 1.00 – 1.99 \text{ m.}$$

$$h = 2.00 – 2.99 \text{ m.}$$

$$h = 3.00 – 3.99 \text{ m.}$$

Puesto que principalmente se presentaron efectos disruptivos en las actividades de "Excavación" e "Instalación de Tubería", se consideran los sobrecostos para dichas actividades, obviando el cálculo para la actividad de "Relleno" debido a que no se presentaron inconvenientes cuando se realizaba dicha actividad.

4.1 Información necesaria para el cálculo

4.1.1 Protocolos de nivelación.

Estos protocolos de nivelación (documentación adoptada por el contratista y por la supervisión), describen la información topográfica de los trabajos realizados en campo durante la ejecución de cada tramo entre buzón y buzón de las redes secundarias de alcantarillado y colectores de desagüe; en este documento se indica:

- La longitud de cada tramo.
- Las cotas de los buzones y de tubería.
- Las diferencias de niveles.
- Fechas y tiempos empleados en la ejecución de la excavación, instalación de tubería y relleno de cada tramo (aprobado por la supervisión).

Estos documentos son la principal fuente de información del avance diario del proyecto, ya que de ellos se obtiene longitudes de tubería instalada de buzón a buzón y la duración de todas las actividades; que a su vez comprenden: la excavación, la instalación, el entibado, el bombeo, el relleno y compactado con material propio.

Es importante indicar que ciertos protocolos fueron observados por errores de llenado de información y/o por falta de la misma; por lo que se ha depurado aquellos protocolos que presentaron tales situaciones para sincerar el cálculo.

4.1.2 Información del trabajo por capataz

Para cada frente de trabajo se mantuvo un informe detallado de los tramos en los que trabajó cada capataz, de esta manera se tiene la siguiente información:

- Buzón de inicio del tramo.
- Buzón de finalización del tramo.
- Longitud del tramo.
- Diámetro de la tubería instalada.
- Profundidad de la tubería instalada.
- Fecha de inicio de excavación del tramo.
- Fecha fin de excavación del tramo.
- Fecha de inicio de instalación de tubería.
- Fecha fin de instalación de tubería.
- Fecha de realización de la prueba hidráulica.
- Fecha de inicio de relleno.
- Fecha fin de relleno.

Toda esta información se obtuvo de los protocolos previamente mencionados y a su vez por la constante recepción de la información de obra, por parte de los ingenieros de cada frente.

Se identificaron los nombres de los capataces que realizaron los trabajos, con la intención de correlacionar los resultados obtenidos.

4.2. Rendimiento promedio ponderado tramos no afectados del proyecto (RPrPTNA).

Se le denomina de esta manera al rendimiento promedio ponderado de todos los tramos del proyecto que no fueron afectados por efectos disruptivos, para una determinada profundidad de instalación de tubería. Este valor se debe obtener para cada condición de trabajo descrita en el punto: "4.4 Condiciones de trabajo".

Este parámetro es usado para determinar la "milla medida" (ver 1.5.7.1 paso 2 y 1.5.7.7) que será pieza clave para el cálculo de los sobrecostos generados por efectos de disruption.

Este valor se obtuvo promediando los rendimientos de aquellos tramos que no se vieron afectados (de todas las cuadrillas), ponderándolos de acuerdo al metrado total que trabajó cada cuadrilla. De esta manera se consiguió relacionar la cantidad instalada total por cada cuadrilla, con sus respectivos rendimientos por tramo.

Puesto que a mayor profundidad de instalación, el rendimiento disminuye, se considera este parámetro para cada profundidad trabajada.

4.3. Rendimiento de tramos afectados (RTA).

Se le denomina de esta manera al rendimiento obtenido para los tramos que se vieron afectados por efectos de disruption. Este valor se obtuvo para cada tramo que fue afectado, dentro de las diferentes profundidades de instalación de tubería.

4.4. Condiciones de trabajo

De acuerdo a las condiciones del terreno encontradas en campo en cada uno de los tramos en donde se instaló tubería, se ha determinado seis (6) condiciones que son:

A. **Terreno natural – normal.-** Esta condición se refiere al hallazgo de terreno natural en la longitud del tramo, y que al momento de realizar los trabajos de excavación y/o instalación de tubería no se presenta ningún factor o circunstancia que modifique las condiciones físicas del terreno.
B. **Terreno natural con prohibición de descarga.-** Hace referencia al hallazgo de terreno natural en la longitud del tramo, y que; al momento de realizar los trabajos de excavación y/o instalación de tubería se presentan prohibiciones para evacuar los desagües en funcionamiento hacia la red existente de tubería, teniendo que usar equipos de bombeo y camiones cisterna para evacuar tales desagües y poder así continuar con el trabajo.
C. **Terreno natural con napa freática elevada.-** A esta condición se entiende al hallazgo de terreno natural en la longitud del tramo, y que al momento de realizar los trabajos de excavación y/o instalación de tubería se presenta napa freática elevada, forzando a la cuadrilla a usar equipos de bombeo y equipos de succión o extracción del agua para poder continuar con el trabajo.
D. **Terreno Asfalto / Concreto / Mixto – Normal.-** Hace referencia al hallazgo de pavimento de asfalto, pavimento de concreto o pavimento mixto en la longitud del tramo, y que: al momento de realizar los trabajos de excavación y/o instalación de tubería no se presenta ningún factor o circunstancia que modifique las condiciones físicas del terreno.

E. **<u>Terreno Asfalto / Concreto / Mixto con prohibición de descarga</u>**.- A esta condición se entiende al hallazgo de pavimento de asfalto, pavimento de concreto o pavimento mixto en la longitud del tramo, y que al momento de realizar los trabajos de excavación y/o instalación de tubería se presentan prohibiciones para evacuar los desagües en funcionamiento hacia la red existente de tubería, teniendo que usar equipos de bombeo y camiones cisterna para evacuar tales desagües y poder así continuar con el trabajo.

F. **<u>Terreno Asfalto / Concreto / Mixto con napa freática elevada</u>.-** Esta condición se refiere al hallazgo de pavimento de asfalto, pavimento de concreto o pavimento mixto en la longitud del tramo, y que al momento de realizar los trabajos de excavación y/o instalación de tubería se presenta napa freática elevada en el tramo, forzando a la cuadrilla a usar equipos de bombeo y equipos de succión o extracción del agua para poder así continuar con el trabajo.

4.5. Análisis de precios unitarios

Influenciará en nuestro cálculo el uso de los precios unitarios que se contempló en la propuesta inicial del contratista, que son los mismos con el que ofreció realizar el trabajo; incluso se alcanzará los Análisis de precios unitarios (A.p.u.) para las actividades de "Excavación en zanja C/Equipo" e "Instalación de Tubería", para cada profundidad y condición que se encontrase en la obra. De acuerdo a lo expuesto y conociendo que hay diferentes profundidades de trabajo se han determinado las siguientes codificaciones para los "A.p.u." usados en el cálculo:

<u>Para excavación:</u>

Tabla 4.01: Actividad de excavación h = 1.00 – 1.99 m.

1A	Excavacion en zanja C/Equipo h = 1.00 m. - 1.99 m. (Terreno natural - Normal)
1B	Excavacion en zanja C/Equipo h = 1.00 m. - 1.99 m. (Terreno Natural - Prohibicion de Descarga)
1C	Excavacion en zanja C/Equipo h = 1.00 m. - 1.99 m. (Terreno Natural - Napa Freática Elevada)
1D	Excavacion en zanja C/Equipo h = 1.00 m. - 1.99 m. (Terreno Asfalto/Concreto/Mixto - Normal)
1E	Excavacion en zanja C/Equipo h = 1.00 m. - 1.99 m. (Terreno Asfalto/Concreto/Mixto - Prohibicion de Descarga)
1F	Excavacion en zanja C/Equipo h = 1.00 m. - 1.99 m. (Terreno Asfalto/Concreto/Mixto - Napa Freática Elevada)

Tabla 4.02: Actividad de excavación h = 2.00 – 2.99 m.

2A	Excavacion en zanja C/Equipo h = 2.00 m. - 2.99 m. (Terreno natural - Normal)
2B	Excavacion en zanja C/Equipo h = 2.00 m. - 2.99 m. (Terreno Natural - Prohibicion de Descarga)
2C	Excavacion en zanja C/Equipo h = 2.00 m. - 2.99 m. (Terreno Natural - Napa Freática Elevada)
2D	Excavacion en zanja C/Equipo h = 2.00 m. - 2.99 m. (Terreno Asfalto/Concreto/Mixto - Normal)
2E	Excavacion en zanja C/Equipo h = 2.00 m. - 2.99 m. (Terreno Asfalto/Concreto/Mixto - Prohibicion de Descarga)
2F	Excavacion en zanja C/Equipo h = 2.00 m. - 2.99 m. (Terreno Asfalto/Concreto/Mixto - Napa Freática Elevada)

Tabla 4.03: Actividad de excavación h = 3.00 – 3.99 m.

3A	Excavacion en zanja C/Equipo h = 3.00 m. - 3.99 m. (Terreno natural - Normal)
3B	Excavacion en zanja C/Equipo h = 3.00 m. - 3.99 m. (Terreno Natural - Prohibicion de Descarga)
3C	Excavacion en zanja C/Equipo h = 3.00 m. - 3.99 m. (Terreno Natural - Napa Freática Elevada)
3D	Excavacion en zanja C/Equipo h = 3.00 m. - 3.99 m. (Terreno Asfalto/Concreto/Mixto - Normal)
3E	Excavacion en zanja C/Equipo h = 3.00 m. - 3.99 m. (Terreno Asfalto/Concreto/Mixto - Prohibicion de Descarga)
3F	Excavacion en zanja C/Equipo h = 3.00 m. - 3.99 m. (Terreno Asfalto/Concreto/Mixto - Napa Freática Elevada)

Para instalación:

Tabla 4.04: Actividad de instalación h = 1.00 – 1.99 m.

1A	Instalacion de Tuberia DN 200 mm h = 1.00 m. - 1.99 m. (Terreno natural - Normal)
1B	Instalacion de Tuberia DN 200 mm h = 1.00 m. - 1.99 m. (Terreno Natural - Prohibicion de Descarga)
1C	Instalacion de Tuberia DN 200 mm h = 1.00 m. - 1.99 m. (Terreno Natural - Napa Freática Elevada)
1D	Instalacion de Tuberia DN 200 mm h = 1.00 m. - 1.99 m. (Terreno Asfalto/Concreto/Mixto - Normal)
1E	Instalacion de Tuberia DN 200 mm h = 1.00 m. - 1.99 m. (Terreno Asfalto/Concreto/Mixto - Prohibicion de Descarga)
1F	Instalación en zanja C/Equipo h = 1.00 m. - 1.99 m. (Terreno Asfalto/Concreto/Mixto - Napa Freática Elevada)

Tabla 4.05: Actividad de instalación h = 2.00 – 2.99 m.

2A	Instalacion de Tuberia DN 200 mm h = 2.00 m. - 2.99 m. (Terreno natural - Normal)
2B	Instalacion de Tuberia DN 200 mm h = 2.00 m. - 2.99 m. (Terreno Natural - Prohibicion de Descarga)
2C	Instalacion de Tuberia DN 200 mm h = 2.00 m. - 2.99 m. (Terreno Natural - Napa Freática Elevada)
2D	Instalacion de Tuberia DN 200 mm h = 2.00 m. - 2.99 m. (Terreno Asfalto/Concreto/Mixto - Normal)
2E	Instalacion de Tuberia DN 200 mm h = 2.00 m. - 2.99 m. (Terreno Asfalto/Concreto/Mixto - Prohibicion de Descarga)
2F	Instalación en zanja C/Equipo h = 2.00 m. - 2.99 m. (Terreno Asfalto/Concreto/Mixto - Napa Freática Elevada)

Tabla 4.06: Actividad de instalación h = 3.00 – 3.99 m.

3A	Instalacion de Tuberia DN 200 mm h = 3.00 m. - 3.99 m. (Terreno natural - Normal)
3B	Instalacion de Tuberia DN 200 mm h = 3.00 m. - 3.99 m. (Terreno Natural - Prohibicion de Descarga)
3C	Instalacion de Tuberia DN 200 mm h = 3.00 m. - 3.99 m. (Terreno Natural - Napa Freática Elevada)
3D	Instalacion de Tuberia DN 200 mm h = 3.00 m. - 3.99 m. (Terreno Asfalto/Concreto/Mixto - Normal)
3E	Instalacion de Tuberia DN 200 mm h = 3.00 m. - 3.99 m. (Terreno Asfalto/Concreto/Mixto - Prohibicion de Descarga)
3F	Instalación en zanja C/Equipo h = 3.00 m. - 3.99 m. (Terreno Asfalto/Concreto/Mixto - Napa Freática Elevada)

Entonces de acuerdo a la codificación mencionada tendríamos (elegimos un valor al azar de 15 m/día sólo para resaltar la diferencia en los costos de cada "A.p.u."):

Excavación:

Tabla 4.07: A.p.u. de Excavación terreno natural h = 2.00 – 2.99 m.

2A						
Excavacion en zanja C/Equipo h = 2.00 m. - 2.99 m. (Terreno natural - Normal)						
m/día	MO.	15.00	EQ.	15.00	Costo unitario directo por : m	221.35
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						150.36
Capataz		hh	1.00	0.5333	17.25	9.20
Operario		hh	9.00	4.8000	14.41	69.17
Oficial		hh	5.00	2.6667	12.92	34.45
Peón		hh	6.00	3.2000	11.73	37.54
Equipos						70.99
Herramientas Manuales		%MO		5.0000	150.36	7.52
Cargador retroexcavador de 80 HP		hm	1.00	0.5333	63.00	33.60
Equipo de Entibados para zanjas de 2.01 a 2.99 m. de profundidad		ml	2.00	1.0667	28.00	29.87

Tabla 4.08: A.p.u de Exc. terreno natural con prohibición de descarga h = 2.00 – 2.99 m.

2B						
Excavacion en zanja C/Equipo h = 2.00 m. - 2.99 m. (Terreno Natural - Prohibicion de Descarga)						
m/día	MO.	15.00	EQ.	15.00	Costo unitario directo por : m	225.62
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						150.36
Capataz	hh	1.00	0.5333	17.25	9.20	
Operario	hh	9.00	4.8000	14.41	69.17	
Oficial	hh	5.00	2.6667	12.92	34.45	
Peón	hh	6.00	3.2000	11.73	37.54	
Equipos						75.26
Herramientas Manuales	%MO		5.0000	150.36	7.52	
Motobomba 4" incl. manguera y accs.	hm	1.00	0.5333	8.00	4.27	
Equipo de Entibados para zanjas de 2.01 a 2.99 m. de profundidad	ml	2.00	1.0667	28.00	29.87	
Cargador retroexcavador de 80 HP	hm	1.00	0.5333	63.00	33.60	

Tabla 4.09: A.p.u de Exc. terreno natural con napa freática alta h = 2.00 – 2.99 m.

2C						
Excavacion en zanja C/Equipo h = 2.00 m. - 2.99 m. (Terreno Natural - Napa Freática Elevada)						
m/día	MO.	15.00	EQ.	15.00	Costo unitario directo por : m	234.77
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						150.36
Capataz	hh	1.00	0.5333	17.25	9.20	
Operario	hh	9.00	4.8000	14.41	69.17	
Oficial	hh	5.00	2.6667	12.92	34.45	
Peón	hh	6.00	3.2000	11.73	37.54	
Equipos						84.41
Herramientas Manuales	%MO		5.0000	150.36	7.52	
Equipo de Entibados para zanjas de 2.01 a 2.99 m. de profundidad	ml	2.00	1.0667	28.00	29.87	
Cargador retroexcavador de 80 HP	hm	1.00	0.5333	63.00	33.60	
Motobomba 4" incl. manguera y accs.	hm	1.00	0.5333	8.00	4.27	
Equipo Well Point 30 ml	hm	0.30	0.1600	57.21	9.15	

Tabla 4.10: A.p.u de Exc. terreno Asfalto/Conc./Mixto h = 2.00 – 2.99 m.

2D						
Excavacion en zanja C/Equipo h = 2.00 m. - 23.99 m. (Terreno Asfalto/Concreto/Mixto - Normal)						
m/día	MO.	15.00	EQ.	15.00	Costo unitario directo por : m	242.41
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						150.36
Capataz	hh	1.00	0.5333	17.25	9.20	
Operario	hh	9.00	4.8000	14.41	69.17	
Oficial	hh	5.00	2.6667	12.92	34.45	
Peón	hh	6.00	3.2000	11.73	37.54	
Equipos						92.05
Herramientas Manuales	%MO		5.0000	150.36	7.52	
Minicargador multipropósito	hm	1.00	0.5333	60.00	32.00	
Cargador retroexcavador de 80 HP	hm	1.00	0.5333	63.00	33.60	
Equipo de Entibados para zanjas de 2.01 a 2.99 m. de profundidad	ml	1.00	0.5333	28.00	14.93	
Martillo demoledor c/acople a minicargador	hm	0.30	0.1600	25.00	4.00	

Tabla 4.11: A.p.u de Exc. terreno Asfalto/Conc./Mixto Pro. descarga h=2.00 – 2.99 m.

2E						
Excavacion en zanja C/Equipo h = 2.00 m. - 2.99 m. (Terreno Asfalto/Concreto/Mixto - Prohibicion de Descarga)						
m/día	MO.	15.00	EQ.	15.00	Costo unitario directo por : m	269.36
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						150.36
Capataz	hh	1.00	0.5333	17.25	9.20	
Operario	hh	9.00	4.8000	14.41	69.17	
Oficial	hh	5.00	2.6667	12.92	34.45	
Peón	hh	6.00	3.2000	11.73	37.54	
Equipos						119.00
Herramientas Manuales	%MO		5.0000	150.36	7.52	
Motobomba 4" incl. manguera y accs.	hm	1.00	0.5333	8.00	4.27	
Minicargador multipropósito	hm	1.00	0.5333	60.00	32.00	
Equipo de Entibados para zanjas de 2.01 a 2.99 m. de profundidad	ml	2.00	1.0667	28.00	29.87	
Cargador retroexcavador de 80 HP	hm	1.00	0.5333	63.00	33.60	
Cortadora de concreto/asfalto	hm	1.00	0.5333	9.50	5.07	
Martillo demoledor c/acople a minicargador	hm	0.50	0.2667	25.00	6.67	

Tabla 4.12: A.p.u de Exc. terreno Asfalto/Conc./Mixto napa F. h = 2.00 – 2.99 m.

2F						
Excavacion en zanja C/Equipo h = 2.00 m. - 2.99 m. (Terreno Asfalto/Concreto/Mixto - Napa Freática Elevada)						
m/día	MO.	15.00	EQ.	15.00	Costo unitario directo por : m	278.51
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						150.36
Capataz	hh	1.00	0.5333	17.25	9.20	
Operario	hh	9.00	4.8000	14.41	69.17	
Oficial	hh	5.00	2.6667	12.92	34.45	
Peón	hh	6.00	3.2000	11.73	37.54	
Equipos						128.15
Herramientas Manuales	%MO		5.0000	150.36	7.52	
Motobomba 4" incl. manguera y accs.	hm	1.00	0.5333	8.00	4.27	
Minicargador multipropósito	hm	1.00	0.5333	60.00	32.00	
Equipo de Entibados para zanjas de 2.01 a 2.99 m. de profundidad	ml	2.00	1.0667	28.00	29.87	
Cargador retroexcavador de 80 HP	hm	1.00	0.5333	63.00	33.60	
Cortadora de concreto/asfalto	hm	1.00	0.5333	9.50	5.07	
Martillo demoledor c/acople a minicargador	hm	0.50	0.2667	25.00	6.67	
Equipo Well Point 30 ml	hm	0.30	0.1600	57.21	9.15	

Instalación:

Tabla 4.13: A.p.u de Inst. de Tub. en Terreno Natural h = 2.00 – 2.99 m.

2A						
Instalacion de Tuberia DN 200 mm h = 2.00 m. - 2.99 m. (Terreno natural - Normal)						
m/día	MO.	15.00	EQ.	15.00	Costo unitario directo por : m	231.48
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						150.36
Capataz	hh	1.00	0.5333	17.25	9.20	
Operario	hh	9.00	4.8000	14.41	69.17	
Oficial	hh	5.00	2.6667	12.92	34.45	
Peón	hh	6.00	3.2000	11.73	37.54	
Equipos						81.12
Herramientas Manuales	%MO		5.0000	150.36	7.52	
Tuberia DN 200 mm	ml	1.04	0.5547	78.20	43.37	
Lubricante para tuberia PVC	gln	0.02	0.0107	33.60	0.36	
Equipo de Entibados para zanjas de 2.01 a 2.99 m. de profundidad	ml	2.00	1.0667	28.00	29.87	

Tabla 4.14: A.p.u de Inst. de tub. en terreno natural con P. descarga h=2.00 – 2.99 m.

2B						
Instalacion de Tuberia DN 200 mm h = 2.00 m. - 2.99 m. (Terreno Natural - Prohibicion de Descarga)						
m/día	MO.	15.00	EQ.	15.00	Costo unitario directo por : m	268.99
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						150.36
Capataz	hh	1.00	0.5333	17.25	9.20	
Operario	hh	9.00	4.8000	14.41	69.17	
Oficial	hh	5.00	2.6667	12.92	34.45	
Peón	hh	6.00	3.2000	11.73	37.54	
Equipos						118.63
Herramientas Manuales	%MO		5.0000	150.36	7.52	
Motobomba 4" incl. manguera y accs.	hm	1.00	0.5333	8.00	4.27	
Tuberia DN 200 mm	ml	1.04	0.5547	78.20	43.37	
Equipo de Entibados para zanjas de 2.01 a 2.99 m. de profundidad	ml	2.00	1.0667	28.00	29.87	
Cargador retroexcavador de 80 HP	hm	1.00	0.5333	63.00	33.60	

Tabla 4.15: A.p.u de Inst. de tub. en terreno natural con N. Freática h=2.00 – 2.99 m.

2C						
Instalacion de Tuberia DN 200 mm h = 2.00 m. - 2.99 m. (Terreno Natural - Napa Freática Elevada)						
m/día	MO.	15.00	EQ.	15.00	Costo unitario directo por : m	278.14
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						150.36
Capataz	hh	1.00	0.5333	17.25	9.20	
Operario	hh	9.00	4.8000	14.41	69.17	
Oficial	hh	5.00	2.6667	12.92	34.45	
Peón	hh	6.00	3.2000	11.73	37.54	
Equipos						127.78
Herramientas Manuales	%MO		5.0000	150.36	7.52	
Equipo de Entibados para zanjas de 2.01 a 2.99 m. de profundidad	ml	2.00	1.0667	28.00	29.87	
Tuberia DN 200 mm	ml	1.04	0.5547	78.20	43.37	
Cargador retroexcavador de 80 HP	hm	1.00	0.5333	63.00	33.60	
Motobomba 4" incl. manguera y accs.	hm	1.00	0.5333	8.00	4.27	
Equipo Well Point 30 ml	hm	0.30	0.1600	57.21	9.15	

Tabla 4.16: A.p.u de Inst. de Tubería en Asfalto/Concreto/Mixto h = 2.00 – 2.99 m.

2D						
Instalacion de Tuberia DN 200 mm h = 2.00 m. - 23.99 m. (Terreno Asfalto/Concreto/Mixto - Normal)						
m/día	MO.	15.00	EQ.	15.00	Costo unitario directo por : m	248.18
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						150.36
Capataz	hh	1.00	0.5333	17.25	9.20	
Operario	hh	9.00	4.8000	14.41	69.17	
Oficial	hh	5.00	2.6667	12.92	34.45	
Peón	hh	6.00	3.2000	11.73	37.54	
Equipos						97.82
Herramientas Manuales	%MO		5.0000	150.36	7.52	
Tuberia DN 200 mm	ml	1.04	0.5547	78.20	43.37	
Minicargador multipropósito	hm	1.00	0.5333	60.00	32.00	
Equipo de Entibados para zanjas de 2.01 a 2.99 m. de profundidad	ml	1.00	0.5333	28.00	14.93	

Tabla 4.17: A.p.u de Inst. de Tub. en Asfalto/Concreto/Mixto con P.D. h=2.00 – 2.99 m.

2E						
Instalacion de Tuberia DN 200 mm h = 2.00 m. - 2.99 m. (Terreno Asfalto/Concreto/Mixto - Prohibicion de Descarga)						
m/día	MO.	15.00	EQ.	15.00	Costo unitario directo por : m	267.39
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						150.36
Capataz	hh	1.00	0.5333	17.25	9.20	
Operario	hh	9.00	4.8000	14.41	69.17	
Oficial	hh	5.00	2.6667	12.92	34.45	
Peón	hh	6.00	3.2000	11.73	37.54	
Equipos						117.03
Herramientas Manuales	%MO		5.0000	150.36	7.52	
Motobomba 4" incl. manguera y accs.	hm	1.00	0.5333	8.00	4.27	
Minicargador multipropósito	hm	1.00	0.5333	60.00	32.00	
Tuberia DN 200 mm	ml	1.04	0.5547	78.20	43.37	
Equipo de Entibados para zanjas de 2.01 a 2.99 m. de profundidad	ml	2.00	1.0667	28.00	29.87	

Tabla 4.18: A.p.u de Inst. de Tub. en Asfalto/Concreto/Mixto con N.F. h=2.00 – 2.99 m.

2F						
Instalación en zanja C/Equipo h = 2.00 m. - 2.99 m. (Terreno Asfalto/Concreto/Mixto - Napa Freática Elevada)						
m/día	MO.	15.00	EQ.	15.00	Costo unitario directo por : m	276.54
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						150.36
Capataz	hh	1.00	0.5333	17.25	9.20	
Operario	hh	9.00	4.8000	14.41	69.17	
Oficial	hh	5.00	2.6667	12.92	34.45	
Peón	hh	6.00	3.2000	11.73	37.54	
Equipos						126.18
Herramientas Manuales	%MO		5.0000	150.36	7.52	
Motobomba 4" incl. manguera y accs.	hm	1.00	0.5333	8.00	4.27	
Minicargador multipropósito	hm	1.00	0.5333	60.00	32.00	
Equipo de Entibados para zanjas de 2.01 a 2.99 m. de profundidad	ml	2.00	1.0667	28.00	29.87	
Tuberia DN 200 mm	ml	1.04	0.5547	78.20	43.37	
Equipo Well Point 30 ml	hm	0.30	0.1600	57.21	9.15	

4.6. Descripción del cálculo

A continuación se detalla paso a paso el proceso del cálculo de los sobrecostos. Para el ejemplo se tomarán los datos obtenidos para el capataz Martínez a una profundidad de instalación de tubería de 2.00 m. a 2.99 m.

Es importante conocer con exactitud la cantidad de días trabajados en cada tramo. Este es un parámetro muy importante a obtener para poder calcular el "rendimiento real" de cada tramo en las actividades de excavación e instalación de tubería.

En vista de que algunos frentes trabajaron de manera paralela en uno o más tramos a la vez, encontrándose que no necesariamente fueron realizados de manera consecutiva (a continuación uno de otro), el cálculo de la cantidad exacta de días dedicados al trabajo de cada tramo deben estimarse. Es así que se optó por el siguiente procedimiento para aproximar este valor:

- **Primero:** Necesitamos inicialmente conocer los siguientes parámetros:

  - Buzón de inicio y fin del tramo.
  - Longitud del tramo.
  - Profundidad de la tubería instalada.
  - Fecha de inicio de excavación del tramo.
  - Fecha fin de excavación del tramo.
  - Fecha de inicio de instalación de tubería.
  - Fecha fin de instalación de tubería. Ver Tabla 4.19

Tabla 4.19: Parámetros iniciales para el cálculo.

Capataz: Miguel Martínez Cruz

Tramo					Excavación e instalación				Prueba	Relleno	
Bz "i" - Bz "f"		Long. (m)	Calle	Profundidad (m)	**Inicio de Excavación**	Inicio de Instalacion	Fin de Excavacion	**Fin de Instalación**	Prueba Hidraúlica	Inicio Relleno	**Fin Relleno**
158	157	48.20	Av. Circunvalación	2.29	09/06/2010	10/06/2010	15/06/2010	16/06/2010	17/06/2010	18/06/2010	21/06/2010
99	98	44.20	Jr. Cusco	2.31	30/06/2010	01/07/2010	02/07/2010	03/07/2010	04/07/2010	05/07/2010	11/07/2010
49	52	56.65	Jr. Junín	2.69	11/09/2010	12/09/2010	14/09/2010	15/09/2010	16/09/2010	17/09/2010	28/09/2010
52	53	52.50	Jr. Junín	2.42	20/09/2010	21/09/2010	21/09/2010	22/09/2010	23/09/2010	24/09/2010	04/10/2010
53	60	42.70	Jr. Junín	2.26	22/09/2010	23/09/2010	23/09/2010	24/09/2010	25/09/2010	26/09/2010	02/10/2010
133	121A	46.00	Jr. Ayacucho	2.38	21/10/2010	22/10/2010	21/10/2010	22/10/2010	23/10/2010	24/10/2010	02/11/2010
121A	122	40.00	Jr. Ayacucho	2.07	26/10/2010	27/10/2010	27/10/2010	28/10/2010	29/10/2010	30/10/2010	04/11/2010
49	89	58.50	Jr. Lambayeque	2.43	10/12/2010	11/12/2010	13/12/2010	14/12/2010	15/12/2010	16/12/2010	25/12/2010
64	89	56.60	Jr. Lambayeque	2.81	05/01/2011	06/01/2011	09/01/2011	10/01/2011	11/01/2011	12/01/2011	23/01/2011
64	77	73.90	Jr. Lambayeque	2.71	13/01/2011	14/01/2011	17/01/2011	18/01/2011	19/01/2011	20/01/2011	04/02/2011
17D	47	51.20	Av. Uchuracay	2.31	09/02/2011	10/02/2011	09/02/2011	10/02/2011	11/02/2011	12/02/2011	22/02/2011
54	35	15.10	Ovalo Bolognesi	2.52	27/06/2011	28/06/2011	27/06/2011	28/06/2011	29/06/2011	30/06/2011	02/07/2011
30	65	72.20	Av. Loreto	2.02	04/07/2011	05/07/2011	06/07/2011	07/07/2011	08/07/2011	09/07/2011	18/07/2011
35	30	40.60	Ovalo Bolognesi	2.29	07/07/2011	08/07/2011	07/07/2011	08/07/2011	09/07/2011	10/07/2011	17/07/2011
79	79A	42.80	Av. Sánchez Cerro	2.12	09/08/2011	10/08/2011	09/08/2011	10/08/2011	11/08/2011	12/08/2011	19/08/2011
79A	88	42.80	Av. Sánchez Cerro	2.01	11/08/2011	12/08/2011	11/08/2011	12/08/2011	13/08/2011	14/08/2011	20/08/2011

Longitud Total Instalada	783.95

- **Segundo:** Debemos realizar la distribución en el tiempo de las tareas realizadas para cada tramo en específico y estas son 2 (Ver Tabla 4.20 y Tabla 4.21):

  1) Excavación de zanja.

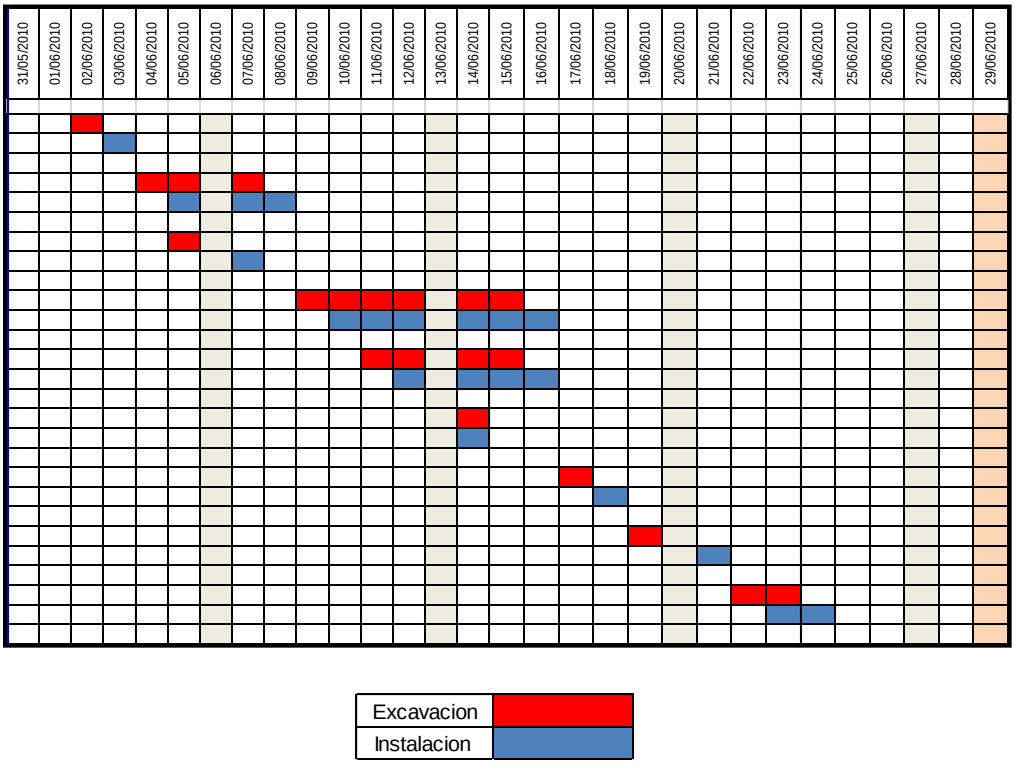
  2) Instalación de tubería.

  ✓ El primer día marca el inicio de las tareas de excavación de la zanja para cada tramo.
  ✓ A partir del segundo día se inician las labores de instalación de tubería en cada tramo, ya que hay un "tren de trabajo" que regula el avance por tramo de dicha manera.
  ✓ Los días de relleno no se han graficado ya que no son parte del cálculo.

Tabla 4.20: Fecha de inicio de excavación. Inicio de instalación de tubería. Fin de excavación y fin de instalación de tubería.

Tramo					Excavación e instalación			
Tramo de Bz (i) - Bz (j)		Longitud (m)	Calle	Profundidad (m)	Inicio de Excavación	Inicio de Instalacion	Fin de Excavacion	Fin de Instalación
159A	159	56.85	Av. Circunvalación	1.52	**02/06/2010**	03/06/2010	02/06/2010	**03/06/2010**
159	160	48.00	Av. Circunvalación	1.73	**04/06/2010**	05/06/2010	07/06/2010	**08/06/2010**
160	168	60.00	Av. Circunvalación	1.38	**05/06/2010**	06/06/2010	06/06/2010	**07/06/2010**
158	157	48.20	Av. Circunvalación	2.29	**09/06/2010**	10/06/2010	15/06/2010	**16/06/2010**
158	159	40.60	Av. Circunvalación	1.99	**11/06/2010**	12/06/2010	15/06/2010	**16/06/2010**
157	154A	13.60	Av. Circunvalación	2.58	**14/06/2010**	14/06/2010	14/06/2010	**14/06/2010**
7	102	59.55	Jr. Cusco	1.62	**17/06/2010**	18/06/2010	17/06/2010	**18/06/2010**
102	101	57.55	Jr. Cusco	1.60	**19/06/2010**	20/06/2010	20/06/2010	**21/06/2010**
101	99	26.85	Jr. Cusco	1.36	**22/06/2010**	23/06/2010	23/06/2010	**24/06/2010**

Tabla 4.21: Descripción grafica de las tares de: Excavación de zanja (rojo), instalación de tubería (azul) para ciertos tramos de la profundidad de 2.00 a 2.99 m. trabajados por el capataz Martínez. (Los tramos en gris son días domingos y los resaltados de color rosado son días feriados que no se trabajó).

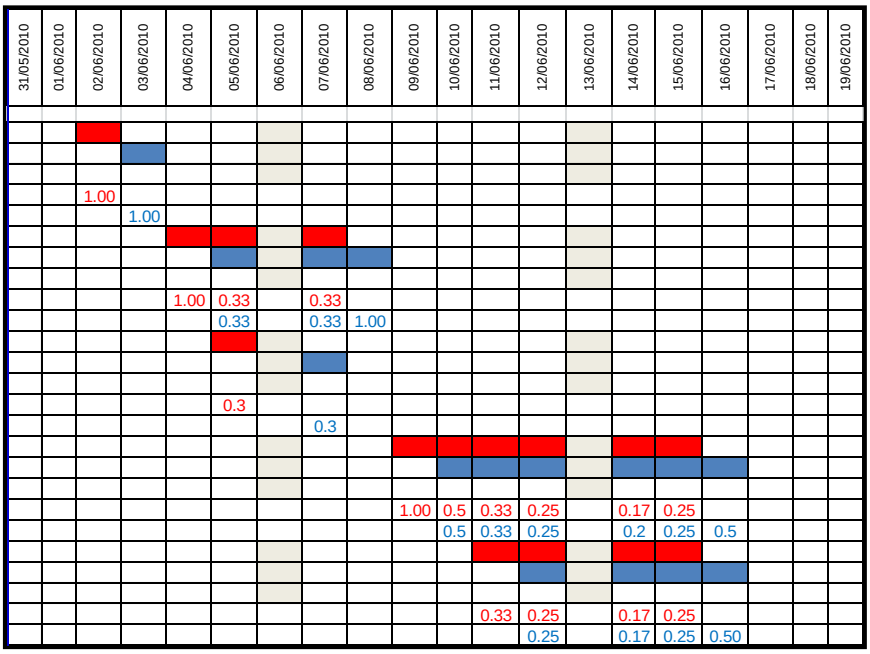


- **Tercero:** Como se ha visto, algunos tramos fueron trabajados en paralelo, por lo que la cuadrilla (personas) estuvo trabajando en el tramo "X" o en el tramo "Y.

  Entonces la manera de estimar los días que la cuadrilla se dedicó al tramo "X" sería dividiendo a la cuadrilla en porcentajes referidos a la unidad, es decir, que si la misma cuadrilla asumió trabajos en 2 tramos a la vez, y el mismo día se encontraban haciendo labores de excavación y de instalación en el tramo "X", y labores de excavación y de instalación en el tramo "Y"; diremos que se dedicó el 25% en labores de excavación en el tramo "X", otro 25% en instalación en el tramo "X", además dedicó otro 25% en labores de excavación en el tramo "Y", y otro 25% en instalación en el tramo "Y".

  Todos estos % son una manera aproximada de estimar la subdivisión de trabajo de la cuadrilla. Con esta forma de medir la distribución de la cuadrilla para los diferentes tramos trabajados en el mismo periodo de tiempo, se facilita bastante el poder determinar qué porcentaje del día (asumido), la cuadrilla se dedicó a un tramo en particular y poder luego determinar la cantidad de días asumidos o días trabajados "Dt" en dicho tramo. Ver Tabla 4.22.

Tabla 4.22: Descripción de los % de distribución de la cuadrilla para ciertos tramos del proyecto (Excavación e Instalación).



- **Cuarto:** Establecemos para cada tramo de tubería (de buzón "i" a buzón "f") la cantidad de días tomados "Dt" tanto en la actividad de excavación, como en la actividad de instalación de tubería, ambos valores se calculan sumando porcentajes calculados en paso anterior. Ver Tabla 4.23.

Tabla 4.23: Detalle de los días trabajados "Dt" por cada tramo.

Tramo					Dias Trabajados Efectivos	
Tramo de Bz (i) - Bz (j)		Longitud (m)	Calle	Profundidad (m)	Dias trabajados en Excavacion (DtE)	Dias Trabajados en Instalacion (DtI)
159A	159	56.85	Av. Circunvalación	1.52	1.0	
						1.0
159	160	48.00	Av. Circunvalación	1.73	2.0	
						2.0
158	157	48.20	Av. Circunvalación	2.29	2.6	
						2.1
158	159	40.60	Av. Circunvalación	1.99	1.1	
						1.3
7	102	59.55	Jr. Cusco	1.62	1.0	
						1.0
102	101	57.55	Jr. Cusco	1.60	1.0	
						1.0
101	99	26.85	Jr. Cusco	1.36	1.5	
						1.5
99	98	44.20	Jr. Cusco	2.31	2.0	
						2.0
98	97	38.00	Jr. Cusco	1.94	1.0	
						1.0
97	96	42.20	Jr. Cusco	1.99	1.5	
						1.5

- **Quinto:** Con la cantidad de días definidos por cada tramo, podemos obtener su rendimiento real. Ver Tabla 4.24.

Tabla 4.24: Detalle de los rendimientos reales obtenidos para cada tramo.

Tramo					Excavacion		Instalacion	
Bz "i" - Bz "f"		Long. (m)	Calle	Profundidad (m)	Dt (dias)	Rdtos (m/dia)	Dt (dias)	Rdtos (m/dia)
158	157	48.20	Av. Circunvalación	2.29	2.6	18.66	2.1	23.14
99	98	44.20	Jr. Cusco	2.31	2.0	22.10	2.0	22.10
49	52	56.65	Jr. Junín	2.69	1.3	42.49	2.0	28.33
52	53	52.50	Jr. Junín	2.42	2.3	22.50	1.7	31.50
53	60	42.70	Jr. Junín	2.26	1.2	36.60	1.8	23.29
133	121A	46.00	Jr. Ayacucho	2.38	1.0	46.00	1.0	46.00
121A	122	40.00	Jr. Ayacucho	2.07	1.5	26.67	1.5	26.67
49	89	58.50	Jr. Lambayeque	2.43	1.5	39.00	2.0	29.25
64	89	56.60	Jr. Lambayeque	2.81	2.5	22.64	2.5	22.64
64	77	73.90	Jr. Lambayeque	2.71	2.5	29.56	2.5	29.56
17D	47	51.20	Av. Uchuracay	2.31	1.0	51.20	1.0	51.20
54	35	15.10	Ovalo Bolognesi	2.52	0.7	23.23	0.7	20.59
30	65	72.20	Av. Loreto	2.02	2.0	35.80	1.9	39.03
35	30	40.60	Ovalo Bolognesi	2.29	0.9	47.76	0.9	43.50
79	79A	42.80	Av. Sánchez Cerro	2.12	1.0	42.80	1.0	42.80
79A	88	42.80	Av. Sánchez Cerro	2.01	1.0	42.80	1.5	28.53

- **Sexto:** Teniendo en cuenta que algunos tramos fueron afectados por los "factores limitantes" causantes de los efectos de disruption, es importante mencionar cuales son los factores limitantes que se tendrán en consideración junto a su grado de complejidad de resolución una vez presentado tal efecto.

  En acuerdo interno, por parte de los ingenieros que realizaron las labores de supervisión en campo se determinó rangos de dificultad de resolución de cada efecto disruptivo

presentado durante el proyecto, calificándolos en la escala de 1 a 3, siendo el grado 3 el de mayor dificultad en resolución. Ver Tabla 4.25.

Tabla 4.25: Factores limitantes, su sigla y su grado de complejidad en resolución.

Factor Limitante			
CLASIFICACION	SIGLA	NOMBRE	COMPLEJIDAD
MALA INGENIERIA (MI)	TM	TAPADA MINIMA	2
	AD	TRAMO ADICIONAL	3
	TP	TIPO DE PAVIMENTO	2
FALTA DE INFORMACION (FI)	SC	SISTEMA COLAPSADO	1
	PD	PROHIBICION DESCARGA	2
	NF	NIVEL FREATICO	3

- **Séptimo:** Al tener los valores reales de rendimiento de la cuadrilla por tramo para cada altura y por cada capataz, y teniendo en cuenta que tramos fueron afectados por los "factores limitantes" causantes de los efectos de disruption, es importante mencionar cuales de estos efectos se considerarán para cada uno de los mismos. Ver Tabla 4.26.

Tabla 4.26: Asignación de los factores limitantes encontrados en cada tramo.

Tramo							
Bz "i" - Bz "f"		Long. (m)	Calle	Profundidad (m)	Factor Limitante		
158	157	48.20	Av. Circunvalación	2.29	-	PD	-
99	98	44.20	Jr. Cusco	2.31	PD	TP	-
49	52	56.65	Jr. Junín	2.69	-	PD	-
52	53	52.50	Jr. Junín	2.42	-	PD	-
53	60	42.70	Jr. Junín	2.26	-	PD	-
133	121A	46.00	Jr. Ayacucho	2.38	-	-	-
121A	122	40.00	Jr. Ayacucho	2.07	-	PD	-
49	89	58.50	Jr. Lambayeque	2.43	PD	-	-
64	89	56.60	Jr. Lambayeque	2.81	PD	-	-
64	77	73.90	Jr. Lambayeque	2.71	PD	TP	-
17D	47	51.20	Av. Uchuracay	2.31	-	-	-
54	35	15.10	Ovalo Bolognesi	2.52	-	PD	-
30	65	72.20	Av. Loreto	2.02	-	PD	-
35	30	40.60	Ovalo Bolognesi	2.29	-	-	-
79	79A	42.80	Av. Sánchez Cerro	2.12	-	-	-
79A	88	42.80	Av. Sánchez Cerro	2.01	-	-	-

- **Octavo:** Ahora es importante definir qué tramos consideraremos como tramos afectados de manera relevante por los efectos disruptivos (factores limitantes) y qué tramos no lo fueron, o que fueron afectados pero por efectos de poca complejidad en su resolución.

  Según lo visto en paso anterior, de acuerdo a los factores limitantes que afectan única o de manera paralela a cada tramo y considerando el rango de dificultad explicado en el paso sexto se establece el siguiente cuadro. Ver Tabla 4.27.

Tabla 4.27: Suma de efectos disruptivos en cada tramo expresado en el rango de dificultad de resolución.

Tramo					Factor Limitante			Escala de Dificultad			
Bz "i" - Bz "f"		Long. (m)	Calle	Profundidad (m)							
158	157	48.20	Av. Circunvalación	2.29	-	PD	-		2		2
99	98	44.20	Jr. Cusco	2.31	PD	TP	-	2	2		4
49	52	56.65	Jr. Junín	2.69	-	PD	-		2		2
52	53	52.50	Jr. Junín	2.42	-	PD	-		2		2
53	60	42.70	Jr. Junín	2.26	-	PD	-		2		2
133	121A	46.00	Jr. Ayacucho	2.38	-	-	-				0
121A	122	40.00	Jr. Ayacucho	2.07	-	PD	-		2		2
49	89	58.50	Jr. Lambayeque	2.43	PD	-	-	2			2
64	89	56.60	Jr. Lambayeque	2.81	PD	-	-	2			2
64	77	73.90	Jr. Lambayeque	2.71	PD	TP	-	2	2		4
17D	47	51.20	Av. Uchuracay	2.31	-	-	-				0
54	35	15.10	Ovalo Bolognesi	2.52	-	PD	-		2		2
30	65	72.20	Av. Loreto	2.02	-	PD	-		2		2
35	30	40.60	Ovalo Bolognesi	2.29	-	-	-				0
79	79A	42.80	Av. Sánchez Cerro	2.12	-	-	-				0
79A	88	42.80	Av. Sánchez Cerro	2.01	-	-	-				0

- **<u>Noveno:</u>** De acuerdo al paso anterior, agregaremos que, se creyó conveniente definir el "Status" de cada tramo clasificándolo como tramo "*Afectado*" a aquellos tramos donde la suma en la escala de dificultad sea mayor que la unidad (>1) y como tramo "*No afectado*" cuando la suma en la escala de dificultad sea menor o igual a la unidad (≤1).

  Esta clasificación se tomó de manera conjunta con el equipo de trabajo de la empresa en vista de que efectos como: "Tipo de Pavimento" o "Prohibición de Descarga" si significaban una pérdida en la productividad de aquel tramo; mientras que factores como "Sistema Colapsado" no representaban tales pérdidas en la productividad. Según lo anterior y las consideraciones de "4.5 Análisis de Precios Unitarios" podemos elaborar la siguiente clasificación conjunta:

Tabla 4.28: Status de cada tramo y tipo de "A.p.u." correspondiente según la profundidad.

Tramo						
Bz "i" - Bz "f"		Long. (m)	Calle	Profundidad (m)	Status	Tipo
158	157	48.20	Av. Circunvalación	2.29	Afectado	2E
99	98	44.20	Jr. Cusco	2.31	Afectado	2E
49	52	56.65	Jr. Junín	2.69	Afectado	2E
52	53	52.50	Jr. Junín	2.42	Afectado	2D
53	60	42.70	Jr. Junín	2.26	Afectado	2E
133	121A	46.00	Jr. Ayacucho	2.38	No Afectado	2D
121A	122	40.00	Jr. Ayacucho	2.07	Afectado	2E
49	89	58.50	Jr. Lambayeque	2.43	Afectado	2E
64	89	56.60	Jr. Lambayeque	2.81	Afectado	2E
64	77	73.90	Jr. Lambayeque	2.71	Afectado	2E
17D	47	51.20	Av. Uchuracay	2.31	No Afectado	2D
54	35	15.10	Ovalo Bolognesi	2.52	Afectado	2E
30	65	72.20	Av. Loreto	2.02	Afectado	2E
35	30	40.60	Ovalo Bolognesi	2.29	No Afectado	2D
79	79A	42.80	Av. Sánchez Cerro	2.12	No Afectado	2D
79A	88	42.80	Av. Sánchez Cerro	2.01	No Afectado	2D

- **Décimo:** Podemos calcular el costo unitario que genera cada valor de rendimiento hallado en el paso quinto para tramos afectados y no afectados (Tablas 4.29 - 4.32):

Tabla 4.29: Costos generados en tramos afectados en excavación.

Tramo							Tramos Afectados			
Bz "i"	Bz "f"	Long. (m)	Calle	Profundidad (m)	Status	Tipo	Rdto Afectado	Long. Afectada	Costo Unit. Tramo Afectado	Costo Long. Afectada
158	157	48.20	Av. Circunvalación	2.29	Afectado	2E	18.66	48.20	S/. 216.51	S/. 10,435.91
99	98	44.20	Jr. Cusco	2.31	Afectado	2E	22.10	44.20	S/. 182.81	S/. 8,080.26
49	52	56.65	Jr. Junín	2.69	Afectado	2E	42.49	56.65	S/. 95.08	S/. 5,386.52
52	53	52.50	Jr. Junín	2.42	Afectado	2D	22.50	52.50	S/. 161.61	S/. 8,484.30
53	60	42.70	Jr. Junín	2.26	Afectado	2E	36.60	42.70	S/. 110.39	S/. 4,713.48
133	121A	46.00	Jr. Ayacucho	2.38	No Afectado	2D		0.00	S/. 0.00	S/. 0.00
121A	122	40.00	Jr. Ayacucho	2.07	Afectado	2E	26.67	40.00	S/. 151.49	S/. 6,059.43
49	89	58.50	Jr. Lambayeque	2.43	Afectado	2E	39.00	58.50	S/. 103.59	S/. 6,060.19
64	89	56.60	Jr. Lambayeque	2.81	Afectado	2E	22.64	56.60	S/. 178.45	S/. 10,100.32
64	77	73.90	Jr. Lambayeque	2.71	Afectado	2E	29.56	73.90	S/. 136.68	S/. 10,100.32
17D	47	51.20	Av. Uchuracay	2.31	No Afectado	2D		0.00	S/. 0.00	S/. 0.00
54	35	15.10	Ovalo Bolognesi	2.52	Afectado	2E	23.23	15.10	S/. 173.92	S/. 2,626.17
30	65	72.20	Av. Loreto	2.02	Afectado	2E	35.80	72.20	S/. 112.85	S/. 8,147.97
35	30	40.60	Ovalo Bolognesi	2.29	No Afectado	2D		0.00	S/. 0.00	S/. 0.00
79	79A	42.80	Av. Sánchez Cerro	2.12	No Afectado	2D		0.00	S/. 0.00	S/. 0.00
79A	88	42.80	Av. Sánchez Cerro	2.01	No Afectado	2D		0.00	S/. 0.00	S/. 0.00

Tabla 4.30: Costos generados en tramos no afectados en excavación.

Tramo							Tramos No Afectados			
Bz "i"	Bz "f"	Long. (m)	Calle	Profundidad (m)	Status	Tipo	Rdto No Afectado	Long. No Afectada	Costo Unit.	Costo Long. No Afectada
158	157	48.20	Av. Circunvalación	2.29	Afectado	2E		0.00	S/. 0.00	S/. 0.00
99	98	44.20	Jr. Cusco	2.31	Afectado	2E		0.00	S/. 0.00	S/. 0.00
49	52	56.65	Jr. Junín	2.69	Afectado	2E		0.00	S/. 0.00	S/. 0.00
52	53	52.50	Jr. Junín	2.42	Afectado	2D		0.00	S/. 0.00	S/. 0.00
53	60	42.70	Jr. Junín	2.26	Afectado	2E		0.00	S/. 0.00	S/. 0.00
133	121A	46.00	Jr. Ayacucho	2.38	No Afectado	2D	46.00	46.00	S/. 79.05	S/. 3,636.13
121A	122	40.00	Jr. Ayacucho	2.07	Afectado	2E		0.00	S/. 0.00	S/. 0.00
49	89	58.50	Jr. Lambayeque	2.43	Afectado	2E		0.00	S/. 0.00	S/. 0.00
64	89	56.60	Jr. Lambayeque	2.81	Afectado	2E		0.00	S/. 0.00	S/. 0.00
64	77	73.90	Jr. Lambayeque	2.71	Afectado	2E		0.00	S/. 0.00	S/. 0.00
17D	47	51.20	Av. Uchuracay	2.31	No Afectado	2D	51.20	51.20	S/. 71.02	S/. 3,636.13
54	35	15.10	Ovalo Bolognesi	2.52	Afectado	2E		0.00	S/. 0.00	S/. 0.00
30	65	72.20	Av. Loreto	2.02	Afectado	2E		0.00	S/. 0.00	S/. 0.00
35	30	40.60	Ovalo Bolognesi	2.29	No Afectado	2D	47.76	40.60	S/. 76.13	S/. 3,091.01
79	79A	42.80	Av. Sánchez Cerro	2.12	No Afectado	2D	42.80	42.80	S/. 84.96	S/. 3,636.13
79A	88	42.80	Av. Sánchez Cerro	2.01	No Afectado	2D	42.80	42.80	S/. 84.96	S/. 3,636.13

Tabla 4.31: Costos generados en tramos afectados en instalación.

Tramo							Tramos Afectados			
Bz "i" - Bz "f"		Long. (m)	Calle	Profundidad (m)	Status	Tipo	Rdtos Afectados	Long. Afectada	Costo Unit. Tramo Afectado	Costo Long. Afectada
158	157	48.20	Av. Circunvalación	2.29	Afectado	2E	23.14	48.20	214.94	10360.03
99	98	44.20	Jr. Cusco	2.31	Afectado	2E	22.10	44.20	181.48	8021.50
49	52	56.65	Jr. Junín	2.69	Afectado	2E	28.33	56.65	94.39	5347.35
52	53	52.50	Jr. Junín	2.42	Afectado	2D	31.50	52.50	165.46	8686.42
53	60	42.70	Jr. Junín	2.26	Afectado	2E	23.29	42.70	109.58	4679.21
133	121A	46.00	Jr. Ayacucho	2.38	No Afectado	2D		0.00	0.00	0.00
121A	122	40.00	Jr. Ayacucho	2.07	Afectado	2E	26.67	40.00	150.38	6015.38
49	89	58.50	Jr. Lambayeque	2.43	Afectado	2E	29.25	58.50	102.84	6016.13
64	89	56.60	Jr. Lambayeque	2.81	Afectado	2E	22.64	56.60	177.15	10026.88
64	77	73.90	Jr. Lambayeque	2.71	Afectado	2E	29.56	73.90	135.68	10026.88
17D	47	51.20	Av. Uchuracay	2.31	No Afectado	2D		0.00	0.00	0.00
54	35	15.10	Ovalo Bolognesi	2.52	Afectado	2E	20.59	15.10	172.65	2607.08
30	65	72.20	Av. Loreto	2.02	Afectado	2E	39.03	72.20	112.03	8088.72
35	30	40.60	Ovalo Bolognesi	2.29	No Afectado	2D		0.00	0.00	0.00
79	79A	42.80	Av. Sánchez Cerro	2.12	No Afectado	2D		0.00	0.00	0.00
79A	88	42.80	Av. Sánchez Cerro	2.01	No Afectado	2D		0.00	0.00	0.00

Tabla 4.32: Costos generados en tramos no afectados en instalación.

Tramo							Tramos No Afectados			
Bz "i" - Bz "f"		Long. (m)	Calle	Profundidad (m)	Status	Tipo	Rdtos No Afectados	Long. No Afectada	Costo Unit.	Costo Long. No Afectada
158	157	48.20	Av. Circunvalación	2.29	Afectado	2E		0.00	S/. 0.00	S/. 0.00
99	98	44.20	Jr. Cusco	2.31	Afectado	2E		0.00	S/. 0.00	S/. 0.00
49	52	56.65	Jr. Junín	2.69	Afectado	2E		0.00	S/. 0.00	S/. 0.00
52	53	52.50	Jr. Junín	2.42	Afectado	2D		0.00	S/. 0.00	S/. 0.00
53	60	42.70	Jr. Junín	2.26	Afectado	2E		0.00	S/. 0.00	S/. 0.00
133	121A	46.00	Jr. Ayacucho	2.38	No Afectado	2D	46.00	46.00	S/. 80.93	S/. 3,722.75
121A	122	40.00	Jr. Ayacucho	2.07	Afectado	2E		0.00	S/. 0.00	S/. 0.00
49	89	58.50	Jr. Lambayeque	2.43	Afectado	2E		0.00	S/. 0.00	S/. 0.00
64	89	56.60	Jr. Lambayeque	2.81	Afectado	2E		0.00	S/. 0.00	S/. 0.00
64	77	73.90	Jr. Lambayeque	2.71	Afectado	2E		0.00	S/. 0.00	S/. 0.00
17D	47	51.20	Av. Uchuracay	2.31	No Afectado	2D	51.20	51.20	S/. 72.71	S/. 3,722.75
54	35	15.10	Ovalo Bolognesi	2.52	Afectado	2E		0.00	S/. 0.00	S/. 0.00
30	65	72.20	Av. Loreto	2.02	Afectado	2E		0.00	S/. 0.00	S/. 0.00
35	30	40.60	Ovalo Bolognesi	2.29	No Afectado	2D	43.50	40.60	S/. 77.95	S/. 3,164.65
79	79A	42.80	Av. Sánchez Cerro	2.12	No Afectado	2D	42.80	42.80	S/. 86.98	S/. 3,722.75
79A	88	42.80	Av. Sánchez Cerro	2.01	No Afectado	2D	28.53	42.80	S/. 86.98	S/. 3,722.75

- **<u>Décimo Primero:</u>** Encontrados los tramos afectados y no afectados, y los costos de los mismos (Tablas 4.29, 4.30, 4.31 y 4.32); podemos encontrar valores de rendimiento promedio ponderado.

  Los rendimientos que nos interesaran en este paso son: el rendimiento promedio ponderado para tramos no afectados de la cuadrilla y el rendimiento promedio ponderado para tramos no afectados del proyecto (RPrPTNA - visto en 4.2).

Tabla 4.33: Rendimiento promedio ponderado para tramos no afectados de la cuadrilla y rendimiento promedio ponderado para tramos no afectados del proyecto en la actividad de excavación.

Rendimientos - Excavacion		
Tipo	Rdto Prom. Pond. No Afect. (Cuadrilla)	Rend. Prom. Pond. para tramos No Afect. del proyecto
2A	0.00	0.00
2B	0.00	0.00
2C	0.00	0.00
2D	46.29	43.57
2E	0.00	43.57
2F	0.00	43.57

Tabla 4.34: Rendimiento promedio ponderado para tramos no afectados de la cuadrilla y rendimiento promedio ponderado para tramos no afectados del proyecto en actividad de instalación.

Rendimientos - Instalacion		
Tipo	Rdto Prom. Pond. No Afect. (Cuadrilla)	Rend. Prom. Pond. para tramos No Afect. del proyecto
2A	0.00	0.00
2B	0.00	0.00
2C	0.00	0.00
2D	42.78	44.35
2E	0.00	44.35
2F	0.00	44.35

Es importante resaltar que para ambos cuadros, los valores de la fila izquierda, correspondientes a los rendimientos promedio ponderado no afectado para una cuadrilla, han sido calculados considerando exclusivamente los rendimientos no afectados a la profundidad de trabajo considerada. Por ejemplo para el caso de "2E" y "2F" los valores son cero porque para esa cuadrilla no se presentaron tramos "No afectados", sino más bien que todos los tramos en esas condiciones de trabajo si se vieron afectados por algún efecto disruptivo.

Como las condiciones "2E" y "2F" tienen todos sus tramos afectados, no se puede encontrar la milla medida en tales condiciones de trabajo; ante la ausencia de un valor de milla medida con el que podamos calcular el sobrecosto en esas condiciones de trabajo, se considerará el valor del *rendimiento promedio ponderado para tramos no afectados del proyecto (RPrPTNA)* hallado para la condición "2D", ya que dicho rendimiento representa adecuadamente la milla medida para el caso cuando no tenemos efectos disruptivos en los tramos trabajados.

Suponiendo que todos los tramos considerados en las condiciones "2E" y "2F" (condiciones no previstas desde un inicio ya que son condiciones surgidas como consecuencia de los factores limitantes del proyecto) no hubieran presentado efectos disruptivos, estaríamos ante el hecho de que todos estos tramos involucrados para las condiciones "2E" y "2F" serian en realidad tramos trabajados bajo la condición "2D", además está el hecho de que es imposible calcular un valor de milla medida cuando todos los valores a usar han sido afectados por efectos disruptivos (condiciones "2E" y "2F"), por lo que la suposición de la milla medida mencionada anteriormente tiene mayor sentido.

El procedimiento de cálculo de los valores de rendimiento promedio ponderado para tramos no afectados de la cuadrilla (fila izquierda), es el siguiente:

- Se obtiene el total de metrado afectado para cada condición de trabajo, en el ejemplo lo haremos para condición "2D". Ver Tabla 4.35

- Obtenemos el % de incidencia de la longitud afectada por tramo respecto al total de longitud afectada para dicha condición de trabajo. Ver Tabla 4.35

- Con los rendimientos obtenidos para cada tramo y con las incidencias porcentuales, podemos hallar el valor incidente ponderado de cada tramo con la multiplicación de estos dos últimos valores. En el ejemplo, para el tramo 133 – 121A, se multiplica: 21% * 46.00 = 9.47 m/día. Ver Tabla 4.35

- Finalmente sumamos todos los valores obtenidos de la ponderación de cada tramo (última fila a la derecha) obteniendo así el rendimiento promedio ponderado para tramos no afectados de la cuadrilla. Ver Tabla 4.35

Tabla 4.35: Rendimiento promedio ponderado para tramos no afectados de la cuadrilla.

Tramo							2D			
Bz "i"	Bz "f"	Long. (m)	Calle	Profundidad (m)	Status	Tipo	Long	%	Rdto	Pond.
158	157	48.20	Av. Circunvalación	2.29	Afectado	2E	-	-	-	-
99	98	44.20	Jr. Cusco	2.31	Afectado	2E	-	-	-	-
49	52	56.65	Jr. Junín	2.69	Afectado	2E	-	-	-	-
52	53	52.50	Jr. Junín	2.42	Afectado	2D	-	-		-
53	60	42.70	Jr. Junín	2.26	Afectado	2E	-	-	-	-
133	121A	46.00	Jr. Ayacucho	2.38	No Afectado	2D	46.00	21%	46.00	9.47
121A	122	40.00	Jr. Ayacucho	2.07	Afectado	2E	-	-	-	-
49	89	58.50	Jr. Lambayeque	2.43	Afectado	2E	-	-	-	-
64	89	56.60	Jr. Lambayeque	2.81	Afectado	2E	-	-	-	-
64	77	73.90	Jr. Lambayeque	2.71	Afectado	2E	-	-	-	-
17D	47	51.20	Av. Uchuracay	2.31	No Afectado	2D	51.20	23%	51.20	11.73
54	35	15.10	Ovalo Bolognesi	2.52	Afectado	2E	-	-	-	-
30	65	72.20	Av. Loreto	2.02	Afectado	2E	-	-	-	-
35	30	40.60	Ovalo Bolognesi	2.29	No Afectado	2D	40.60	18%	47.76	8.68
79	79A	42.80	Av. Sánchez Cerro	2.12	No Afectado	2D	42.80	19%	42.80	8.20
79A	88	42.80	Av. Sánchez Cerro	2.01	No Afectado	2D	42.80	19%	42.80	8.20
							223.40			**46.29**

Para calcular los valores de rendimiento promedio ponderado para tramos no afectados del proyecto (fila derecha), se procede de la siguiente manera:

- Se obtiene el total de metrado afectado sólo para aquellas cuadrillas que trabajaron bajo dicha condición, en el ejemplo lo haremos para condición “2D”. Ver Tabla 4.36.

- Obtenemos el % de incidencia de la longitud afectada por cuadrilla respecto al total de longitud afectada para dicha condición de trabajo. Ver Tabla 4.36.

- Con los rendimientos promedios ponderados para tramos no afectados para cada cuadrilla y con las incidencias porcentuales halladas (paso anterior), podemos calcular el valor de rendimiento promedio ponderado para tramos no afectados del proyecto incluyendo la incidencia de cada cuadrilla. En el ejemplo, para el capataz Martínez, se multiplica: 0.08% * 46.29 = 3.79 m/día. Ver Tabla 4.36.

- Finalmente sumamos los valores obtenidos de rendimiento promedio ponderado para tramos no afectados del proyecto” relacionado a la incidencia de cada cuadrilla, obteniendo así el rendimiento promedio ponderado para tramos no afectados del proyecto (RPrPTNA) para dicha condicion.Ver Tabla 4.36.

Tabla 4.36: Rendimiento promedio ponderado para tramos no afectados del proyecto.

Excavacion	2D			
	Rendimiento promedio ponderado para tramos no afectados de la cuadrilla	Metrado	Incidencia	Rendimiento promedio ponderado para tramos no afectados del proyecto
Martinez	46.29	223.40	0.08	**3.79**
Zapata	35.41	289.65	0.11	**3.76**
Quispe	43.05	184.60	0.07	**2.91**
Velarde	50.62	368.45	0.13	**6.83**
Marchena	34.09	335.25	0.12	**4.19**
Prado	30.42	109.61	0.04	**1.22**
Felipa	61.95	110.35	0.04	**2.50**
Molina	51.29	202.70	0.07	**3.81**
Yamosa	45.34	618.45	0.23	**10.27**
Yanarico	42.50	143.80	0.05	**2.24**
Otero	38.91	143.70	0.05	**2.05**
		2,729.96		**43.57**

Estos valores encontrados sirven para el cálculo de los costos acumulados de acuerdo a qué tipo de A.p.u. ha sido considerado para cada tramo. Se detallará más adelante.

- **Décimo Segundo:** Teniendo en cuenta que para cada profundidad hay la posible existencia de seis (6) A.p.u. a usar (2A,2B,2C,2D,2E y 2F), es importante separar los tramos por tipo de A.p.u. correspondiente. Tablas 4.37 y 4.38.

Tabla 4.37: Tramos en el tipo "2D"

Bz "i" - Bz "f"		Calle	Fin de Instalación	Metrados	Metrados Acumulados	Status	Tipo
					0.00		
52	53	Jr. Junín	25/09/2010	52.50	52.50	Afectado	2D
133	121A	Jr. Ayacucho	22/10/2010	46.00	98.50	No Afectado	2D
17D	47	Av. Uchuracay	10/02/2011	51.20	149.70	No Afectado	2D
35	30	Ovalo Bolognesi	12/07/2011	40.60	190.30	No Afectado	2D
79	79A	Av. Sánchez Cerro	11/08/2011	42.80	233.10	No Afectado	2D
79A	88	Av. Sánchez Cerro	13/08/2011	42.80	275.90	No Afectado	2D

Tabla 4.38: Tramos en el tipo "2E".

Bz "i" - Bz "f"		Calle	Fin de Instalación	Metrados	Metrados Acumulados	Status	Tipo
					0.00		
158	157	Av. Circunvalación	16/06/2010	48.20	48.20	Afectado	2E
99	98	Jr. Cusco	03/07/2010	44.20	92.40	Afectado	2E
49	52	Jr. Junín	15/09/2010	56.65	149.05	Afectado	2E
53	60	Jr. Junín	27/09/2010	42.70	191.75	Afectado	2E
121A	122	Jr. Ayacucho	28/10/2010	40.00	231.75	Afectado	2E
49	89	Jr. Lambayeque	14/12/2010	58.50	290.25	Afectado	2E
64	89	Jr. Lambayeque	10/01/2011	56.60	346.85	Afectado	2E
64	77	Jr. Lambayeque	18/01/2011	73.90	420.75	Afectado	2E
54	35	Ovalo Bolognesi	30/06/2011	15.10	435.85	Afectado	2E
30	65	Av. Loreto	12/07/2011	72.20	508.05	Afectado	2E

- **<u>Décimo Tercero:</u>** Podemos ahora incluir en el cuadro los valores de (Ver Tablas 4.39, 4.40, 4.41 y 4.42):

    - Rendimientos obtenidos para cada tramo.
    - Rendimientos afectados (según el status de cada tramo).
    - El valor de RPrPTNA correspondiente (paso décimo primero).
    - El costo de los tramos afectados (multiplicando el costo unitario del tramo afectado por su longitud correspondiente).
    - El costo RPrPTNA del tramo (multiplicando el costo unitario del RPrPTNA por la longitud del tramo), este monto representa lo que hubiera costado el tramo si mantenía el rendimiento denominado “Milla Medida”.

Tabla 4.39: Valores obtenidos considerando el tipo de A.p.u. “2D” en excavación.

Bz "i"	Bz "f"	Calle	Fin de Instalación	Metrados	Metrados Acumulados	Status	Tipo	Rtos. Obt. Excav.	Rdtos Afec.	RPrPTNA	Costo Tramos Afect.	Costo RPrPTNA
					0.00						S/. 0.00	S/. 0.00
52	53	Jr. Junín	25/09/2010	52.50	52.50	Afectado	2D	22.50	22.50	43.57	S/. 8,484.30	S/. 4,381.73
133	121A	Jr. Ayacucho	22/10/2010	46.00	98.50	No Afectado	2D	46.00	0.00	43.57	0.00	S/. 3,839.23
17D	47	Av. Uchuracay	10/02/2011	51.20	149.70	No Afectado	2D	51.20	0.00	43.57	0.00	S/. 4,273.23
35	30	Ovalo Bolognesi	12/07/2011	40.60	190.30	No Afectado	2D	47.76	0.00	43.57	0.00	S/. 3,388.54
79	79A	Av. Sánchez Cerro	11/08/2011	42.80	233.10	No Afectado	2D	42.80	0.00	43.57	0.00	S/. 3,572.15
79A	88	Av. Sánchez Cerro	13/08/2011	42.80	275.90	No Afectado	2D	42.80	0.00	43.57	0.00	S/. 3,572.15

Tabla 4.40: Valores obtenidos considerando el tipo de A.p.u. “2E” en excavación.

Bz "i"	Bz "f"	Calle	Fin de Instalación	Metrados	Metrados Acumulados	Status	Tipo	Rtos. Obt. Excav.	Rdtos Afec.	RPrPTNA	Costo Tramos Afect.	Costo RPrPTNA
					0.00						S/. 0.00	S/. 0.00
158	157	Av. Circunvalación	16/06/2010	48.20	48.20	Afectado	2E	18.66	18.66	43.57	S/. 10,435.91	S/. 4,469.81
99	98	Jr. Cusco	03/07/2010	44.20	92.40	Afectado	2E	22.10	22.10	43.57	S/. 8,080.26	S/. 4,098.87
49	52	Jr. Junín	15/09/2010	56.65	149.05	Afectado	2E	42.49	42.49	43.57	S/. 5,386.52	S/. 5,253.42
53	60	Jr. Junín	27/09/2010	42.70	191.75	Afectado	2E	36.60	36.60	43.57	S/. 4,713.48	S/. 3,959.77
121A	122	Jr. Ayacucho	28/10/2010	40.00	231.75	Afectado	2E	26.67	26.67	43.57	S/. 6,059.43	S/. 3,709.39
49	89	Jr. Lambayeque	14/12/2010	58.50	290.25	Afectado	2E	39.00	39.00	43.57	S/. 6,060.19	S/. 5,424.98
64	89	Jr. Lambayeque	10/01/2011	56.60	346.85	Afectado	2E	22.64	22.64	43.57	S/. 10,100.32	S/. 5,248.78
64	77	Jr. Lambayeque	18/01/2011	73.90	420.75	Afectado	2E	29.56	29.56	43.57	S/. 10,100.32	S/. 6,853.09
54	35	Ovalo Bolognesi	30/06/2011	15.10	435.85	Afectado	2E	23.23	23.23	43.57	S/. 2,626.17	S/. 1,400.29
30	65	Av. Loreto	12/07/2011	72.20	508.05	Afectado	2E	34.94	34.94	43.57	S/. 8,147.97	S/. 6,695.44

Tabla 4.41: Valores obtenidos considerando el tipo de A.p.u. “2D” en instalación.

Bz "i"	Bz "f"	Calle	Fin de Instalación	Metrados	Metrados Acumulados	Status	Tipo	Rtos. Obt. Inst.	Rdtos Afec.	RPrPTNA	Costo Tramos Afect.	Costo RPrPTNA
					0.00						S/. 0.00	S/. 0.00
52	53	Jr. Junín	25/09/2010	52.50	52.50	Afectado	2D	31.50	31.50	44.35	S/. 8,686.42	S/. 4,406.38
133	121A	Jr. Ayacucho	22/10/2010	46.00	98.50	No Afectado	2D	46.00	0.00	44.35	0.00	S/. 3,860.83
17D	47	Av. Uchuracay	10/02/2011	51.20	149.70	No Afectado	2D	51.20	0.00	44.35	0.00	S/. 4,297.27
35	30	Ovalo Bolognesi	12/07/2011	40.60	190.30	No Afectado	2D	43.50	0.00	44.35	0.00	S/. 3,407.60
79	79A	Av. Sánchez Cerro	11/08/2011	42.80	233.10	No Afectado	2D	42.80	0.00	44.35	0.00	S/. 3,592.25
79A	88	Av. Sánchez Cerro	13/08/2011	42.80	275.90	No Afectado	2D	28.53	0.00	44.35	0.00	S/. 3,592.25

Tabla 4.42: Valores obtenidos considerando el tipo de A.p.u. “2E” en instalación.

Bz "i" - Bz "f"		Calle	Fin de Instalación	Metrados	Metrados Acumulados	Status	Tipo	Rtos. Obt. Inst.	Rdtos Afec.	RPrPTNA	Costo Tramos Afect.	Costo RPrPTNA
					0.00						S/. 0.00	S/. 0.00
158	157	Av. Circunvalación	16/06/2010	48.20	48.20	Afectado	2E	23.14	23.14	44.35	S/. 10,360.03	S/. 4,358.44
99	98	Jr. Cusco	03/07/2010	44.20	92.40	Afectado	2E	22.10	22.10	44.35	S/. 8,021.50	S/. 3,996.74
49	52	Jr. Junín	15/09/2010	56.65	149.05	Afectado	2E	28.33	28.33	44.35	S/. 5,347.35	S/. 5,122.52
53	60	Jr. Junín	27/09/2010	42.70	191.75	Afectado	2E	23.29	23.29	44.35	S/. 4,679.21	S/. 3,861.11
121A	122	Jr. Ayacucho	28/10/2010	40.00	231.75	Afectado	2E	26.67	26.67	44.35	S/. 6,015.38	S/. 3,616.96
49	89	Jr. Lambayeque	14/12/2010	58.50	290.25	Afectado	2E	29.25	29.25	44.35	S/. 6,016.13	S/. 5,289.81
64	89	Jr. Lambayeque	10/01/2011	56.60	346.85	Afectado	2E	22.64	22.64	44.35	S/. 10,026.88	S/. 5,118.00
64	77	Jr. Lambayeque	18/01/2011	73.90	420.75	Afectado	2E	29.56	29.56	44.35	S/. 10,026.88	S/. 6,682.34
54	35	Ovalo Bolognesi	30/06/2011	15.10	435.85	Afectado	2E	20.59	20.59	44.35	S/. 2,607.08	S/. 1,365.40
30	65	Av. Loreto	12/07/2011	72.20	508.05	Afectado	2E	39.03	39.03	44.35	S/. 8,088.72	S/. 6,528.62

- **Décimo Cuarto:** Ahora ya es posible obtener el costo acumulado real y el costo acumulado esperado para el total de los tramos.

  El primero de ellos se obtiene sumando de manera acumulada los valores de costo tanto de tramos afectados y no afectados, considerando que cuando el tramo se ha visto afectado se considera el valor que le corresponde a su rendimiento afectado ("Costo Tramos Afect." – Cuadros anteriores) y si el tramo no se ha visto afectado sumaremos entonces el valor de "Costo RPrPTNA" ya que hubiera sido el valor esperado para tal tramo.

  Mientras que el valor del costo esperado acumulado es la suma acumulada de los valores de "Costo RPrPTNA" de todos los tramos ya que representan los costos posibles si los tramos no se hubieran afectado, y es el monto que hubiésemos deseado gastar.

  Es importante resaltar que se debe separar el cálculo de acuerdo al tipo de A.p.u. usado ya que representaría de manera correcta la comparación usando la milla medida para cada condición de trabajo encontrada (Ver 1.5.7.1 Metodología de la "Measured Mile" – 1. Determinar la partida).

  Ver Tablas 4.43, 4.44, 4.45 y 4.46:

Tabla 4.43: Costos acumulados considerando el tipo de A.p.u. “2D” en excavación.

Bz "i"	Bz "f"	Calle	Fin de Instalación	Metrados	Metrados Acumulados	Status	Tipo	Resultados - Excavación						
								Rtos. Obt. Excav.	Rdtos Afec.	RPrPTNA	Costo Tramos Afect.	Costo RPrPTNA	COSTO REAL ACUM.	COSTO ESPERADO ACUM.
					0.00						S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00
52	53	Jr. Junín	25/09/2010	52.50	52.50	Afectado	2D	22.50	22.50	43.57	S/. 8,484.30	S/. 4,381.73	S/. 8,484.30	S/. 4,381.73
133	121A	Jr. Ayacucho	22/10/2010	46.00	98.50	No Afectado	2D	46.00	0.00	43.57	0.00	S/. 3,839.23	S/. 12,323.53	S/. 8,220.96
17D	47	Av. Uchuracay	10/02/2011	51.20	149.70	No Afectado	2D	51.20	0.00	43.57	0.00	S/. 4,273.23	S/. 16,596.76	S/. 12,494.19
35	30	Ovalo Bolognesi	12/07/2011	40.60	190.30	No Afectado	2D	47.76	0.00	43.57	0.00	S/. 3,388.54	S/. 19,985.29	S/. 15,882.72
79	79A	Av. Sánchez Cerro	11/08/2011	42.80	233.10	No Afectado	2D	42.80	0.00	43.57	0.00	S/. 3,572.15	S/. 23,557.44	S/. 19,454.87
79A	88	Av. Sánchez Cerro	13/08/2011	42.80	275.90	No Afectado	2D	42.80	0.00	43.57	0.00	S/. 3,572.15	S/. 27,129.60	S/. 23,027.03

Diferencia	S/. 4,102.57

Tabla 4.44: Costos acumulados considerando el tipo de A.p.u. "2E" en excavación.

Bz "i"	Bz "f"	Calle	Fin de Instalación	Metrados	Metrados Acumulados	Status	Tipo	Resultados - Excavación					
								Rtos. Obt. Excav.	Rdtos Afec.	RPrPTNA	Costo Tramos Afect.	Costo RPrPTNA	COSTO REAL ACUM.	COSTO ESPERADO ACUM.
					0.00						S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00
158	157	Av. Circunvalación	16/06/2010	48.20	48.20	Afectado	2E	18.66	18.66	43.57	S/. 10,435.91	S/. 4,469.81	S/. 10,435.91	S/. 4,469.81
99	98	Jr. Cusco	03/07/2010	44.20	92.40	Afectado	2E	22.10	22.10	43.57	S/. 8,080.26	S/. 4,098.87	S/. 18,516.17	S/. 8,568.68
49	52	Jr. Junin	15/09/2010	56.65	149.05	Afectado	2E	42.49	42.49	43.57	S/. 5,386.52	S/. 5,253.42	S/. 23,902.69	S/. 13,822.10
53	60	Jr. Junin	27/09/2010	42.70	191.75	Afectado	2E	36.60	36.60	43.57	S/. 4,713.48	S/. 3,959.77	S/. 28,616.17	S/. 17,781.87
121A	122	Jr. Ayacucho	28/10/2010	40.00	231.75	Afectado	2E	26.67	26.67	43.57	S/. 6,059.43	S/. 3,709.39	S/. 34,675.61	S/. 21,491.26
49	89	Jr. Lambayeque	14/12/2010	58.50	290.25	Afectado	2E	39.00	39.00	43.57	S/. 6,060.19	S/. 5,424.98	S/. 40,735.80	S/. 26,916.24
64	89	Jr. Lambayeque	10/01/2011	56.60	346.85	Afectado	2E	22.64	22.64	43.57	S/. 10,100.32	S/. 5,248.78	S/. 50,836.12	S/. 32,165.02
64	77	Jr. Lambayeque	18/01/2011	73.90	420.75	Afectado	2E	29.56	29.56	43.57	S/. 10,100.32	S/. 6,853.09	S/. 60,936.44	S/. 39,018.11
54	35	Ovalo Bolognesi	30/06/2011	15.10	435.85	Afectado	2E	23.23	23.23	43.57	S/. 2,626.17	S/. 1,400.29	S/. 63,562.61	S/. 40,418.40
30	65	Av. Loreto	12/07/2011	72.20	508.05	Afectado	2E	34.94	34.94	43.57	S/. 8,147.97	S/. 6,695.44	S/. 71,710.58	S/. 47,113.85

Diferencia	S/. 24,596.73

Tabla 4.45: Costos acumulados considerando el tipo de A.p.u. “2D” en instalación.

Bz "i" - Bz "f"		Calle	Fin de Instalación	Metrados	Metrados Acumulados	Status	Tipo	Resultados - Instalación						
								Rtos. Obt. Inst.	Rdtos Afec.	RPrPTNA	Costo Tramos Afect.	Costo RPrPTNA	COSTO REAL ACUM.	COSTO ESPERADO ACUM
					0.00						S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00
52	53	Jr. Junín	25/09/2010	52.50	52.50	Afectado	2D	31.50	31.50	44.35	S/. 8,686.42	S/. 4,406.38	S/. 8,686.42	S/. 4,406.38
133	121A	Jr. Ayacucho	22/10/2010	46.00	98.50	No Afectado	2D	46.00	0.00	44.35	0.00	S/. 3,860.83	S/. 12,547.25	S/. 8,267.20
17D	47	Av. Uchuracay	10/02/2011	51.20	149.70	No Afectado	2D	51.20	0.00	44.35	0.00	S/. 4,297.27	S/. 16,844.51	S/. 12,564.47
35	30	Ovalo Bolognesi	12/07/2011	40.60	190.30	No Afectado	2D	43.50	0.00	44.35	0.00	S/. 3,407.60	S/. 20,252.11	S/. 15,972.07
79	79A	Av. Sánchez Cerro	11/08/2011	42.80	233.10	No Afectado	2D	42.80	0.00	44.35	0.00	S/. 3,592.25	S/. 23,844.36	S/. 19,564.31
79A	88	Av. Sánchez Cerro	13/08/2011	42.80	275.90	No Afectado	2D	28.53	0.00	44.35	0.00	S/. 3,592.25	S/. 27,436.60	S/. 23,156.56
													Diferencia	S/. 4,280.04

Tabla 4.46: Costos acumulados considerando el tipo de A.p.u. “2E” en instalación.

Bz "i"	Bz "f"	Calle	Fin de Instalación	Metrados	Metrados Acumulados	Status	Tipo	Resultados - Instalación						
								Rtos. Obt. Inst.	Rdtos Afec.	RPrPTNA	Costo Tramos Afect.	Costo RPrPTNA	COSTO REAL ACUM.	COSTO ESPERADO ACUM
					0.00						S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00
158	157	Av. Circunvalación	16/06/2010	48.20	48.20	Afectado	2E	23.14	23.14	44.35	S/. 10,360.03	S/. 4,358.44	S/. 10,360.03	S/. 4,358.44
99	98	Jr. Cusco	03/07/2010	44.20	92.40	Afectado	2E	22.10	22.10	44.35	S/. 8,021.50	S/. 3,996.74	S/. 18,381.54	S/. 8,355.18
49	52	Jr. Junín	15/09/2010	56.65	149.05	Afectado	2E	28.33	28.33	44.35	S/. 5,347.35	S/. 5,122.52	S/. 23,728.89	S/. 13,477.71
53	60	Jr. Junín	27/09/2010	42.70	191.75	Afectado	2E	23.29	23.29	44.35	S/. 4,679.21	S/. 3,861.11	S/. 28,408.10	S/. 17,338.81
121A	122	Jr. Ayacucho	28/10/2010	40.00	231.75	Afectado	2E	26.67	26.67	44.35	S/. 6,015.38	S/. 3,616.96	S/. 34,423.48	S/. 20,955.78
49	89	Jr. Lambayeque	14/12/2010	58.50	290.25	Afectado	2E	29.25	29.25	44.35	S/. 6,016.13	S/. 5,289.81	S/. 40,439.61	S/. 26,245.58
64	89	Jr. Lambayeque	10/01/2011	56.60	346.85	Afectado	2E	22.64	22.64	44.35	S/. 10,026.88	S/. 5,118.00	S/. 50,466.49	S/. 31,363.58
64	77	Jr. Lambayeque	18/01/2011	73.90	420.75	Afectado	2E	29.56	29.56	44.35	S/. 10,026.88	S/. 6,682.34	S/. 60,493.37	S/. 38,045.92
54	35	Ovalo Bolognesi	30/06/2011	15.10	435.85	Afectado	2E	20.59	20.59	44.35	S/. 2,607.08	S/. 1,365.40	S/. 63,100.44	S/. 39,411.33
30	65	Av. Loreto	12/07/2011	72.20	508.05	Afectado	2E	39.03	39.03	44.35	S/. 8,088.72	S/. 6,528.62	S/. 71,189.17	S/. 45,939.94

Diferencia	S/. 25,249.22

- **<u>Décimo Quinto:</u>** Podemos representar en una gráfica Costo vs Metrado Acumulado, el costo de acumulado que se iba generando a lo largo del proyecto según el tipo de A.p.u. considerado. Así tenemos:

Figura 4.1

Costos acumulado para tramos tipo "2D" – Excavación.

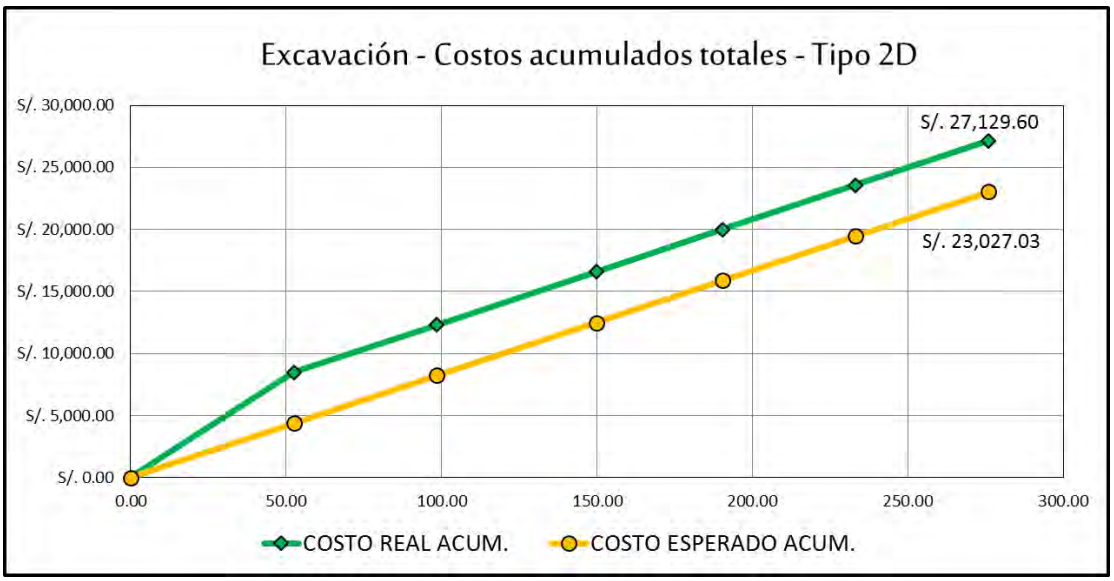


Figura 4.2

Costos acumulado para tramos tipo "2E" – Excavación.

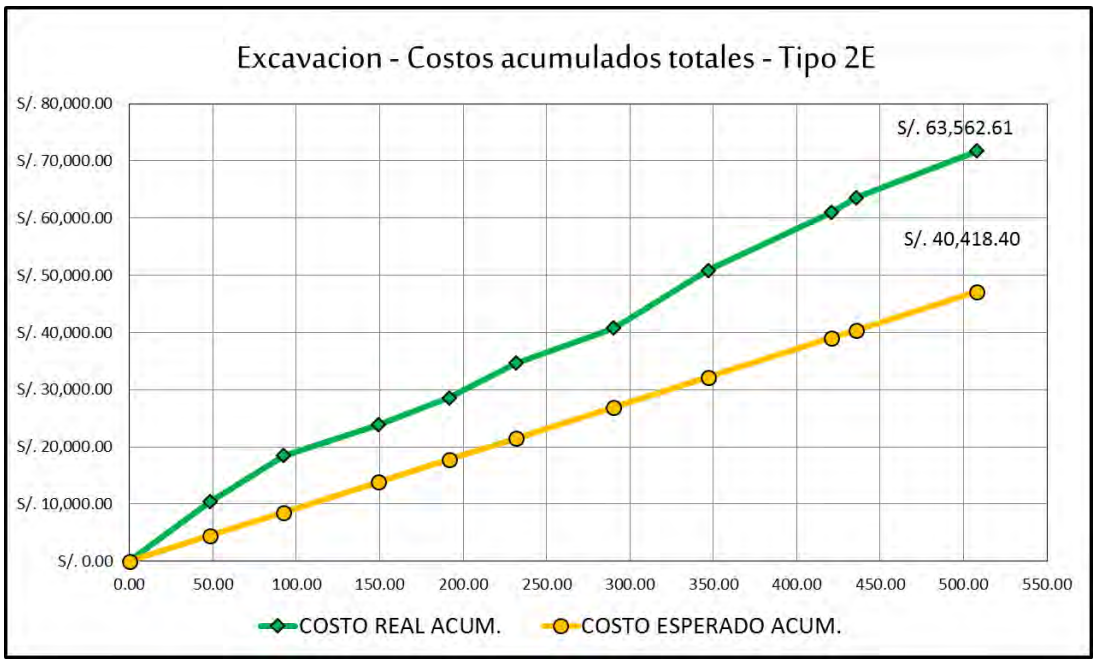


Figura 4.3

Costos acumulado para tramos tipo "2D" – Instalación.

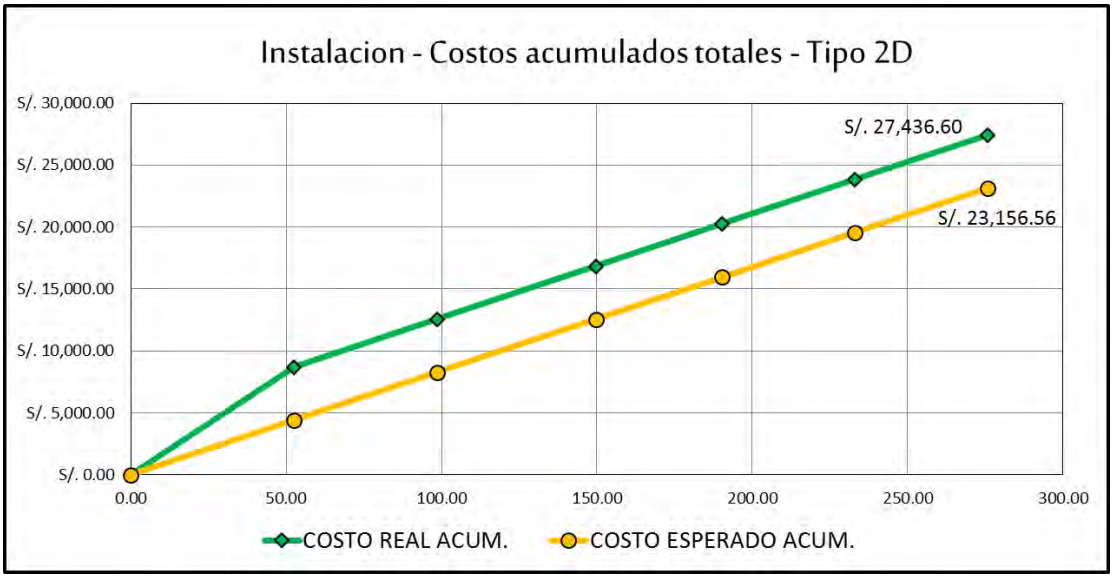
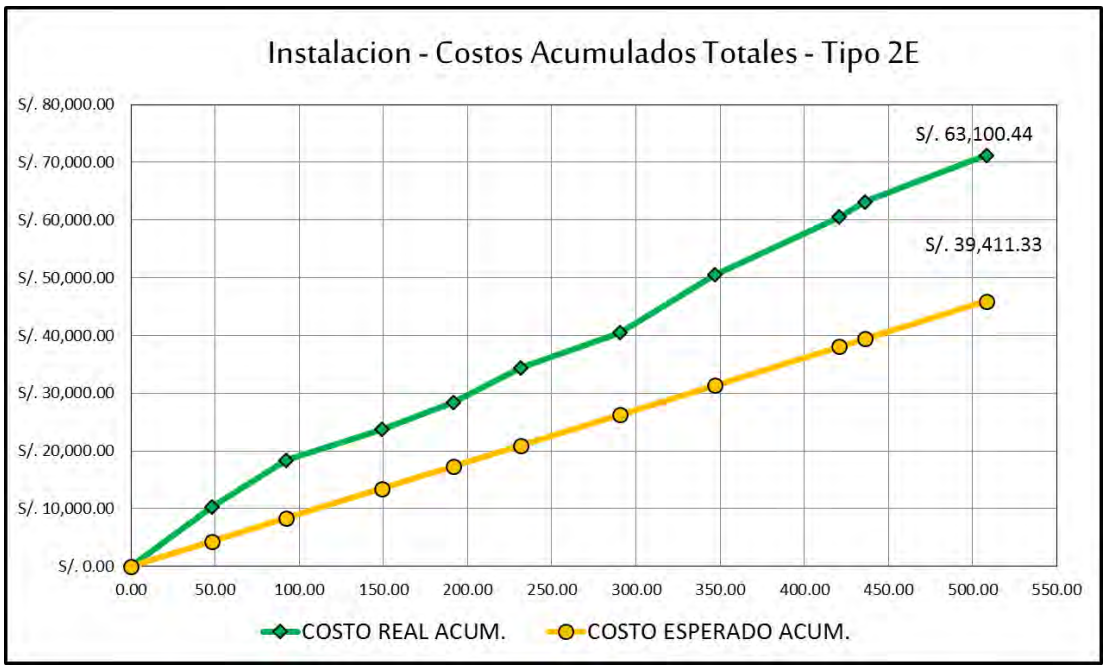


Figura 4.4

Costos acumulado para tramos tipo "2E" – Instalación.



- **Décimo Sexto:** Sumando los montos finales acumulados de los diferentes tipos de A.p.u. considerados y por actividades de excavación e instalación de tubería tanto para los montos esperados y los montos reales; podemos obtener luego en la diferencia de dichas sumas, el

monto del sobrecosto para dicha profundidad de instalación realizada por tal capataz, se puede resumir según la Tabla 4.47:

Tabla 4.47: Sobrecosto en dicha profundidad de instalación de tubería.

Costo en Soles		
Suma del costo Real	S/.	197465.94
Costo esperado sin efectos disruptivos	S/.	139237.37
Sobrecosto	**S/.**	**58228.57**

Capítulo 5

Resultados

En este capítulo se presenta información general de los trabajos y de los cálculos realizados para obtener los sobrecostos del proyecto.

5.1 Metrados Trabajados

Se han resumido los metrados totales trabajados en el proyecto, por profundidad y por condición de trabajo; ya que es importante tener una idea global del trabajo realizado en sus diferentes características (Ver Tabla 5.01).

Tabla 5.01: Metrados totales trabajados según su profundidad (m).

Profundidad (m)	Condición de Trabajo							
	A	B	C	D	E	F	Total	%
1.00 - 1.99	631.55	0.00	176.65	14,104.68	3,558.19	795.20	19,266.27	68%
2.00 - 2.99	0.00	0.00	0.00	4,425.22	2,708.59	817.93	7,951.74	28%
3.00 - 3.99	0.00	0.00	0.00	599.29	504.10	86.60	1,189.99	4%
	631.55	0.00	176.65	19,129.19	6,770.88	1,699.73	**28,408.00**	**100%**
	2%	0%	1%	67%	24%	6%	**100%**	

A: Terreno natural – Normal.
B: Terreno Natural con prohibición de descarga.
C: Terreno Natural con napa freática elevada.
D: Terreno Asfalto / Concreto / Mixto – Normal.
E: Terreno Asfalto / Concreto / Mixto con prohibición de descarga.
F: Terreno Asfalto / Concreto / Mixto con napa freática elevada.

El mayor metrado se realizó en la profundidad de instalación de 1.00 – 1.99 m. con un 68% del total, aproximadamente dos tercios del metrado total del proyecto. Para la profundidad de 3.00 – 3.99 m. el trabajo ejecutado representa un 4% del total, con 1189.99 m. trabajados.

Un aspecto que resalta es la gran cantidad de metrado trabajado bajo la condición "D" que representa un 67% del total trabajado, teniendo gran parte de su metrado en la profundidad 1.00 – 1.99 m., ésta fue la condición de trabajo que se presentó en mayor cantidad en el proyecto, luego le sigue la condición tipo "E" con un 24%; mientras que la condición de menor metrado fue la tipo "C" con solo un 1% del metrado trabajado.

5.2 Metrados Afectados

Es importante conocer cuánto fue el metrado afectado en el proyecto, para hacernos una mejor idea de los efectos disruptivos en el proyecto, además conocer cual profundidad fue la más afectada y de igual modo que condición de trabajo presentó más disruption (Ver Tabla 5.02).

Tabla 5.02: Metrados afectados según su profundidad y condición de trabajo (m).

Profundidad (m)	Condición de Trabajo								
	A	B	C	D	E	F	Total	%	% del total
1.00 - 1.99	0.00	0.00	176.65	5,555.23	3,558.19	795.20	10,085.27	63%	52%
2.00 - 2.99	0.00	0.00	0.00	1,695.26	2,708.59	817.93	5,221.78	32%	66%
3.00 - 3.99	0.00	0.00	0.00	169.44	504.10	86.60	760.14	5%	64%
	0.00	0.00	176.65	7,419.93	6,770.88	1,699.73	**16,067.19**	**100%**	**57%**
	0%	0%	1%	46%	42%	11%	**100%**		
% del total	0%	0%	100%	39%	100%	100%	57%		

El mayor metrado afectado se registró en la profundidad de instalación de 1.00 – 1.99 m. con un 63% del total del metrado afectado. Para la profundidad de 3.00 – 3.99 m. solo un 5% del total del metrado fue afectado.

Un aspecto que resalta es la gran cantidad de metrado afectado bajo las condiciones "D" y "E", que representan el 46% y 42% respectivamente del total del metrado afectado; teniendo ambas condiciones gran parte de su metrado afectado en la profundidad 1.00 – 1.99 m.

Al observar la tabla 5.02, vemos que el metrado afectado en las condiciones: "C", "E" y "F" representa el 100% del metrado trabajado total bajo dicha condición, mientras que en la condición tipo "D", el 39% del metrado trabajado fue afectado; tales resultados surgen por la presencia de uno o más efectos disruptivos en dichas condiciones del proyecto.

Respecto a la profundidad trabajada, se tiene que para todas las profundidades hubo más del 50% de metrado afectado respecto al total de metrado trabajado, esto puede darnos una idea del grado de acción de los efectos disruptivos presentados a lo largo del proyecto, y de cuánto influyeron en los sobrecostos.

A manera de resumen, el 57% del metrado trabajado resultó afectado por efectos disruptivos.

5.3 Factores Limitantes

En el Anexo 1 se alcanza el listado total de tramos trabajados en el proyecto con el detalle de cuales fueron los factores limitantes a los que se vieron afectados cada uno de los tramos, recopilando además en este cuadro la ubicación de cada tramo.

5.4 Rendimientos Promedio Ponderado de Tramos No Afectados

En vista de que fueron tres (3) las profundidades en las que se trabajó y cinco (5) los tipos de condición en las que se realizó el proyecto; se han obtenido las Tablas 5.03 y 5.04 para las profundidades de 1.00 – 1.99 m., 2.00 – 2.99 m. y 3.00 – 3.99 m. tanto para excavación como para instalación de tubería en donde se muestran los valores calculados de los rendimientos promedio ponderados para aquellos tramos no afectados del proyecto expresados en unidades de m/dia.

Excavación:

Tabla 5.03: Rend. Prom. Pond. de Tramos No Afec. para act. de excavación (m/día).

Profundidad (m)	Condición de Trabajo					
	A	B	C	D	E	F
1.00 - 1.99	39.96	39.96	39.96	50.52	50.52	50.52
2.00 - 2.99	0.00	0.00	0.00	43.57	43.57	43.57
3.00 - 3.99	0.00	0.00	0.00	32.14	32.14	32.14

El rendimiento disminuye según el aumento en profundidad instalada, resultado que era de esperarse.

Instalación:

Tabla 5.04: Rend. Prom. Pond. de Tramos No Afec. para act. de instalación de tubería (m/día).

Profundidad (m)	Condición de Trabajo					
	A	B	C	D	E	F
1.00 - 1.99	42.99	42.99	42.99	50.01	50.01	50.01
2.00 - 2.99	0.00	0.00	0.00	44.35	44.35	44.35
3.00 - 3.99	0.00	0.00	0.00	34.58	34.58	34.58

Para la act. de instalación de tubería se puede observar un comportamiento similar al visto previamente, es decir el rendimiento disminuye según el aumento en profundidad instalada.

De manera general, se puede decir que tanto para la act. de excavación como para la act. de instalación de tubería, en vista de que se tienen los mismos rendimientos para las condiciones “A”, “B” y ”C” como para las condiciones “D”, “E” y “F”; que los rendimientos obtenidos representarían cercanamente al rendimiento esperado para el proyecto en cada una de las diferentes profundidades trabajadas.

Además se puede ver que para todas las condiciones de trabajo, y en cada una de las profundidades registradas; tanto para excavación como para instalación de tubería, que los rendimientos calculados no difieren mucho entre sí.

5.5 Costo esperado final

Se ha realizado el cálculo del costo esperado para el proyecto según los rendimientos obtenidos en el punto 5.4, tanto para la act. de excavación como para la act. de instalación (Ver Tablas 5.05 y 5.06).

Excavación:

Tabla 5.05: Costo esperado final del proyecto para act. de excavación (S/.)

Profundidad (m)	Condición de Trabajo							
	A	B	C	D	E	F	Total	%
1.00 - 1.99	50,445.46	0.00	14,999.85	1,030,612.53	275,547.97	63,741.97	1,435,347.78	63%
2.00 - 2.99	0.00	0.00	0.00	369,335.48	251,180.19	78,428.25	698,943.92	31%
3.00 - 3.99	0.00	0.00	0.00	68,991.97	65,373.62	11,600.57	145,966.16	6%
	50,445.46	0.00	14,999.85	1,468,939.98	592,101.78	153,770.80	**2,280,257.86**	**100%**
	2%	0%	1%	64%	26%	7%		

Instalación:

Tabla 5.06: Costo esperado final del proyecto para act. de instalación (S/.)

Profundidad (m)	Condición de Trabajo							
	A	B	C	D	E	F	Total	%
1.00 - 1.99	49,123.43	0.00	16,616.09	1,053,210.77	276,267.09	63,924.72	1,459,142.09	64%
2.00 - 2.99	0.00	0.00	0.00	371,413.05	244,921.70	76,492.51	692,827.26	30%
3.00 - 3.99	0.00	0.00	0.00	67,904.90	59,861.59	10,388.30	138,154.79	6%
	49,123.43	0.00	16,616.09	1,492,528.71	581,050.38	150,805.53	**2,290,124.14**	**100%**
	2%	0%	1%	65%	25%	7%		

Igualmente vemos que para la profundidad de 1.00 – 1.99 m. es donde se esperaba el mayor porcentaje de costo del proyecto, con un aprox. de 63% en ambos casos, lo cual era de esperarse ya que se tiene mayor metrado en tal profundidad de instalación de tubería.

De igual manera vemos que para la condición tipo "D" se esperaba en ambos casos el mayor costo del proyecto, con un aprox. de 64% en ambos casos.

5.6 Costo real final

Se ha obtenido los costos finales reales del proyecto para todas las profundidades y condiciones de trabajo, tanto para la act. de excavación como para la act. de instalación (Ver Tablas 5.07 y 5.08).

Excavación:

Tabla 5.07: Costo final real del proyecto para act. de excavación (S/.)

Profundidad (m)	Condición de Trabajo							
	A	B	C	D	E	F	Total	%
1.00 - 1.99	50,445.46	0.00	23,753.98	1,318,272.62	478,626.65	181,285.08	2,052,383.77	60%
2.00 - 2.99	0.00	0.00	0.00	483,437.98	459,599.85	213,060.81	1,156,098.64	34%
3.00 - 3.99	0.00	0.00	0.00	80,316.54	109,071.15	17,221.73	206,609.42	6%
	50,445.46	0.00	23,753.98	1,882,027.13	1,047,297.65	411,567.61	**3,415,091.83**	**100%**
	1%	0%	1%	55%	31%	12%		

Instalación:

Tabla 5.08: Costo final real del proyecto para act. de instalación (S/.)

Profundidad (m)	Condición de Trabajo							
	A	B	C	D	E	F	Total	%
1.00 - 1.99	49,123.43	0.00	28,308.33	1,346,633.58	475,032.66	179,969.97	2,079,067.97	60%
2.00 - 2.99	0.00	0.00	0.00	490,808.64	456,258.08	211,562.55	1,158,629.27	34%
3.00 - 3.99	0.00	0.00	0.00	79,765.48	107,626.26	17,104.22	204,495.97	6%
	49,123.43	0.00	28,308.33	1,917,207.70	1,038,917.00	408,636.75	**3,442,193.21**	**100%**
	1%	0%	1%	56%	30%	12%		

En ambos casos podemos concluir que para la profundidad de 1.00 – 1.99 m. es donde se presentó el mayor porcentaje de costo del proyecto, con un 60% en ambos casos, lo cual era de esperarse ya que se tiene mayor metrado en tal profundidad de instalación de tubería.

De igual manera vemos que para la condición tipo "D" se presentó en ambos casos el mayor costo del proyecto, algo que también era de esperarse pues se vió previamente que esta condición tenía mayor metrado trabajado en el proyecto.

Al analizar las tablas 5.05 y 5.07, podemos mencionar que hubo una variación del costo para las condiciones "D" y "E" en la act. de excavación; inicialmente se esperaba que la condición "D" contemplara el 64% del costo total del proyecto y que la condición "E" hiciera lo mismo con el 26% del costo; finalmente la condición "D" representó el 55% del costo final real del proyecto, mientras que la condición "E" representó el 31% del costo.

De manera similar, al revisar las tablas 5.06 y 5.08, para la act. de instalación de tubería; se esperaba inicialmente que la condición "D" contemplara el 65% del costo total del proyecto y que la condición "E" hiciera lo mismo con el 25% del costo; finalmente la condición "D" representó el 56% del costo final real del proyecto, mientras que la condición "E" representó el 30% del costo.

Es decir, que el sobrecosto generado por la condición "E" representaría mayor porcentaje en el sobrecosto global del proyecto; esto se verá en el siguiente punto.

5.7 Sobrecosto del proyecto

El sobrecosto del proyecto se define como la diferencia entre el costo final real y el costo esperado final.

Al analizar cada cuadrilla de trabajo (Ver anexo 2) de acuerdo al tipo de condición en la que trabajó y a la profundidad trabajada, tanto para la act. de excavación como para la act. de instalación de tubería; se obtendrían los montos totales de sobrecosto en el proyecto; de esta forma se obtuvieron las tablas 5.09 y 5.10.

Excavación:

Tabla 5.09: Sobrecosto del proyecto para act. de excavación (S/.)

Profundidad (m)	Condición de Trabajo							
	A	B	C	D	E	F	Total	%
1.00 - 1.99	0.00	0.00	8,754.13	287,660.08	171,255.11	149,366.67	617,035.99	54%
2.00 - 2.99	0.00	0.00	0.00	114,102.50	208,419.66	134,632.56	457,154.72	40%
3.00 - 3.99	0.00	0.00	0.00	11,324.57	49,318.69	0.00	60,643.26	5%
	0.00	0.00	8,754.13	413,087.16	428,993.45	283,999.23	**1,134,833.97**	**100%**
	0%	0%	1%	36%	38%	25%		

Instalación:

Tabla 5.10: Sobrecosto del proyecto para act. de instalación (S/.)

Profundidad (m)	Condición de Trabajo							
	A	B	C	D	E	F	Total	%
1.00 - 1.99	0.00	0.00	11,692.25	293,422.81	167,442.84	147,367.98	619,925.88	54%
2.00 - 2.99	0.00	0.00	0.00	119,395.59	211,336.38	135,070.04	465,802.01	40%
3.00 - 3.99	0.00	0.00	0.00	11,860.59	54,480.59	0.00	66,341.18	6%
	0.00	0.00	11,692.25	424,678.99	433,259.82	282,438.02	**1,152,069.07**	**100%**
	0%	0%	1%	37%	38%	25%		

Se puede verificar lo que se observó en el apartado anterior; tanto para la act. de excavación como para la act. de instalación, la condición "E" presentó mayor porcentaje en el sobrecosto del proyecto, ya que en ambos casos obtuvo el 38% del mismo, mientras que la condición "D" se alcanzó el 37% del sobrecosto del proyecto en ambas actividades.

Estos resultados van de acuerdo a la cantidad de metrado afectado en cada condición, mientras que para el tipo "D" el 39% del metrado trabajado en dicha condición fue afectado, en el tipo "E" se registró el 100% del metrado trabajado como afectado; razón por la cual tenemos tales valores porcentuales en el sobrecosto.

Además podemos afirmar que a pesar de haber tenido mucho mayor metrado trabajado en la condición "D" en comparación a la condición "E", al tener la última mayor % de metrado afectado influyó mayormente en el sobrecosto global del proyecto.

Respecto a la profundidad trabajada, se obtuvo lo que se esperaba, es decir tener mayor porcentaje de sobrecosto en la profundidad 1.00 – 1.99 m. ya que era la que registraba mayor metrado trabajado.

5.8 Costos unitarios promedio

Podríamos conocer cuál fue la variación unitaria del costo respecto al metrado, obteniendo tres parámetros que son:

a) Costo unitario promedio sin disruption
   Se obtiene del cociente entre el costo final sin efectos disruptivos y el metrado trabajado total.

b) Costo unitario promedio real
   Se obtiene del cociente entre el costo real final obtenido y el metrado trabajado total.

c) Costo unitario promedio afectado
   Se obtiene del cociente entre el costo de tramos afectados y el metrado afectado total.

En las Tablas 5.11, 5.12 y 5.13 se detallan los valores calculados para la act. de excavación.

Tabla 5.11: Costo unitario promedio sin disruption para act. de Exc. (S/./m)

Profundidad (m)	Condición de Trabajo					
	A	B	C	D	E	F
1.00 - 1.99 (Costo Unitario Promedio sin Disruption)	79.88	0.00	84.91	73.07	77.44	80.16
2.00 - 2.99 (Costo Unitario Promedio sin Disruption)	0.00	0.00	0.00	83.46	92.73	95.89
3.00 - 3.99 (Costo Unitario Promedio sin Disruption)	0.00	0.00	0.00	115.12	129.68	133.96

Tabla 5.12: Costo unitario promedio real para act. de Exc. (S/./m)

Profundidad (m)	Condición de Trabajo					
	A	B	C	D	E	F
1.00 - 1.99 (Costo Unitario Promedio Real)	79.88	0.00	134.47	93.46	134.51	227.97
2.00 - 2.99 (Costo Unitario Promedio Real)	0.00	0.00	0.00	109.25	169.68	260.49
3.00 - 3.99 (Costo Unitario Promedio Real)	0.00	0.00	0.00	134.02	216.37	198.87

Tabla 5.13: Costo unitario promedio afectado para act. de Exc. (S/./m)

Profundidad (m)	Condición de Trabajo					
	A	B	C	D	E	F
1.00 - 1.99 (Costo Unitario Promedio Afectado)	0.00	0.00	134.47	123.84	134.51	227.97
2.00 - 2.99 (Costo Unitario Promedio Afectado)	0.00	0.00	0.00	150.77	169.68	260.49
3.00 - 3.99 (Costo Unitario Promedio Afectado)	0.00	0.00	0.00	181.96	216.37	198.87

La representación gráfica de las tablas se muestra en las figuras 5.1, 5.2 y 5.3.

Figura 5.1

Costos Unit. Promedio para prof. 1.00 – 1.99 m. en act. de excavación.

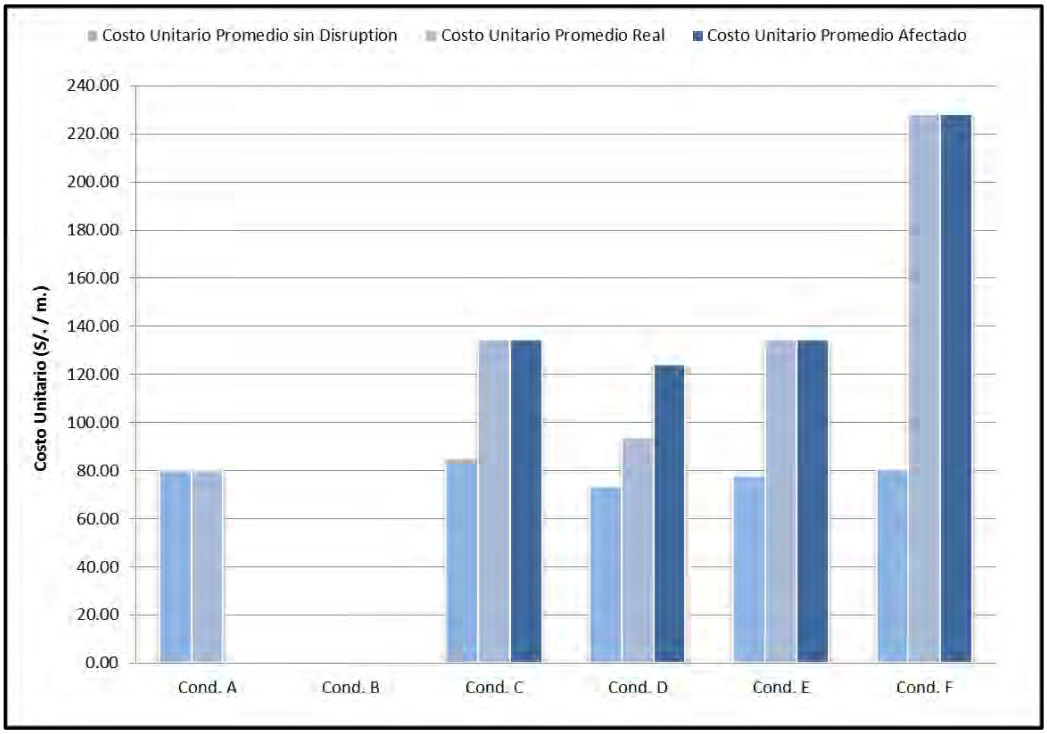


Figura 5.2

Costos Unit. Promedio. para prof. 2.00 – 2.99 m. en act. de excavación.

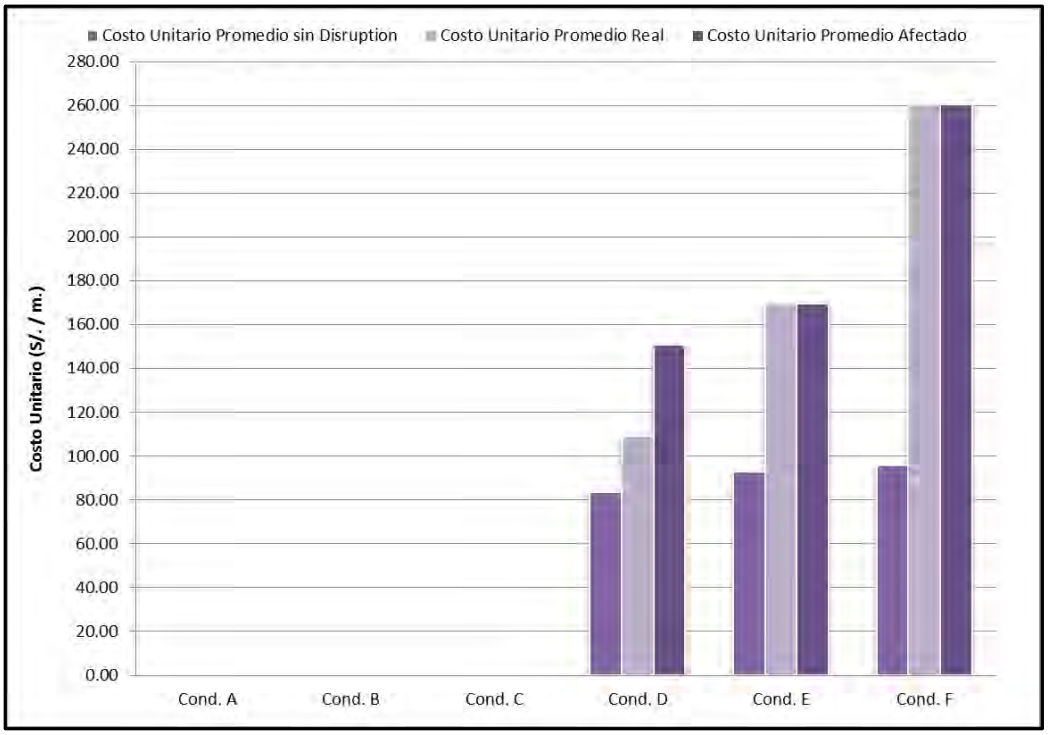
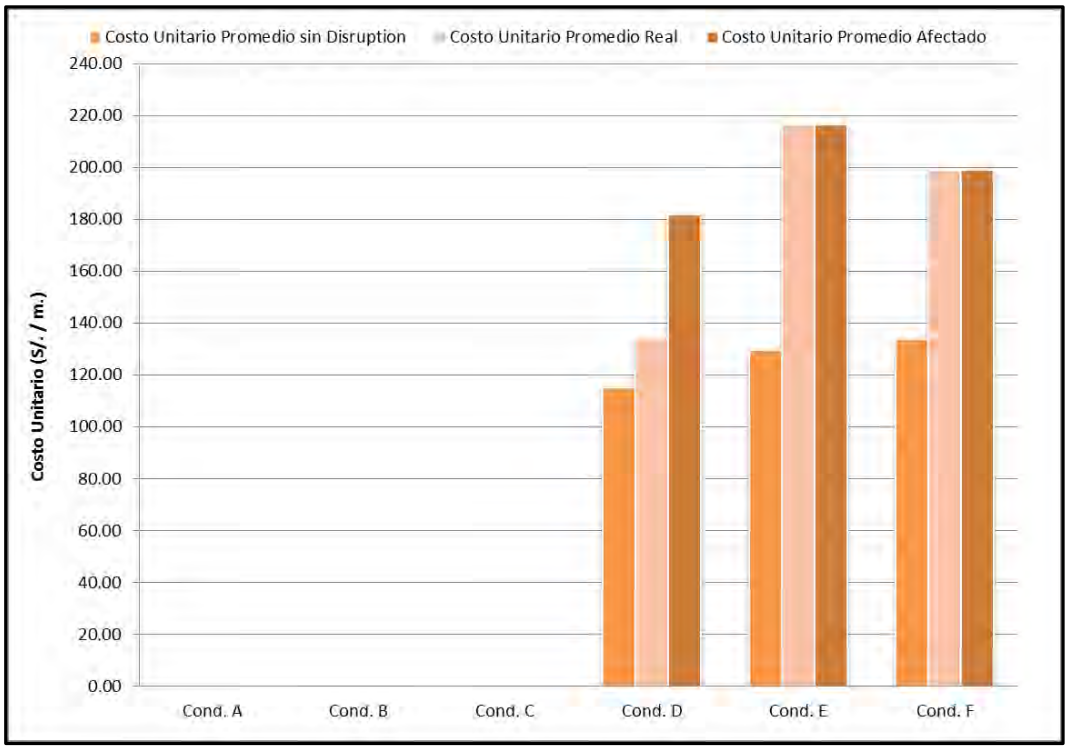


Figura 5.3

Costos Unit. Promedio. para prof. 3.00 – 3.99 m. en act. de excavación.



Nota: Cuando Cond. A es terreno natural – normal, Cond. B, terreno natural con prohibición de descarga, Cond. C, terreno natural con napa freática elevada, Cond. D,

terreno asfalto / concreto / mixto – normal, Cond. E, terreno asfalto / concreto / mixto con prohibición de descarga, Cond. F, terreno asfalto / concreto / mixto con napa freática elevada.

Para la condición "A" de la figura 1, la relación Costo esperado final / Metrado trabajado y Costo real final / Metrado trabajado es la misma ya que tal condición no presentó tramos afectados, por lo que este último valor no se encuentra presente.

En las Tablas 5.14, 5.15 y 5.16 se detallan los valores calculados para la act. de instalación de tubería.

Tabla 5.14: Costo unitario promedio sin disruption para Act. de Inst. (S/./m)

Profundidad (m)	Condición de Trabajo					
	A	B	C	D	E	F
1.00 - 1.99 (Costo Unitario Promedio sin Disruption)	77.78	0.00	94.06	74.67	77.64	80.39
2.00 - 2.99 (Costo Unitario Promedio sin Disruption)	0.00	0.00	0.00	83.93	90.42	93.52
3.00 - 3.99 (Costo Unitario Promedio sin Disruption)	0.00	0.00	0.00	113.31	118.75	119.96

Tabla 5.15: Costo unitario promedio real para act. de Inst. (S/./m)

Profundidad (m)	Condición de Trabajo					
	A	B	C	D	E	F
1.00 - 1.99 (Costo Unitario Promedio Real)	77.78	0.00	160.25	95.47	133.50	226.32
2.00 - 2.99 (Costo Unitario Promedio Real)	0.00	0.00	0.00	110.91	168.45	258.66
3.00 - 3.99 (Costo Unitario Promedio Real)	0.00	0.00	0.00	133.10	213.50	197.51

Tabla 5.16: Costo unitario promedio afectado para act. de Inst. (S/./m)

Profundidad (m)	Condición de Trabajo					
	A	B	C	D	E	F
1.00 - 1.99 (Costo Unitario Promedio Afectado)	0.00	0.00	160.25	126.85	133.50	226.32
2.00 - 2.99 (Costo Unitario Promedio Afectado)	0.00	0.00	0.00	154.36	168.45	258.66
3.00 - 3.99 (Costo Unitario Promedio Afectado)	0.00	0.00	0.00	186.22	213.50	197.51

De igual manera que antes, la representación gráfica de las tablas se muestra en las figuras 5.4, 5.5 y 5.6.

Figura 5.4

Costos Unit. Promedio para prof. 1.00 – 1.99 m. en act. de instalación de tubería.

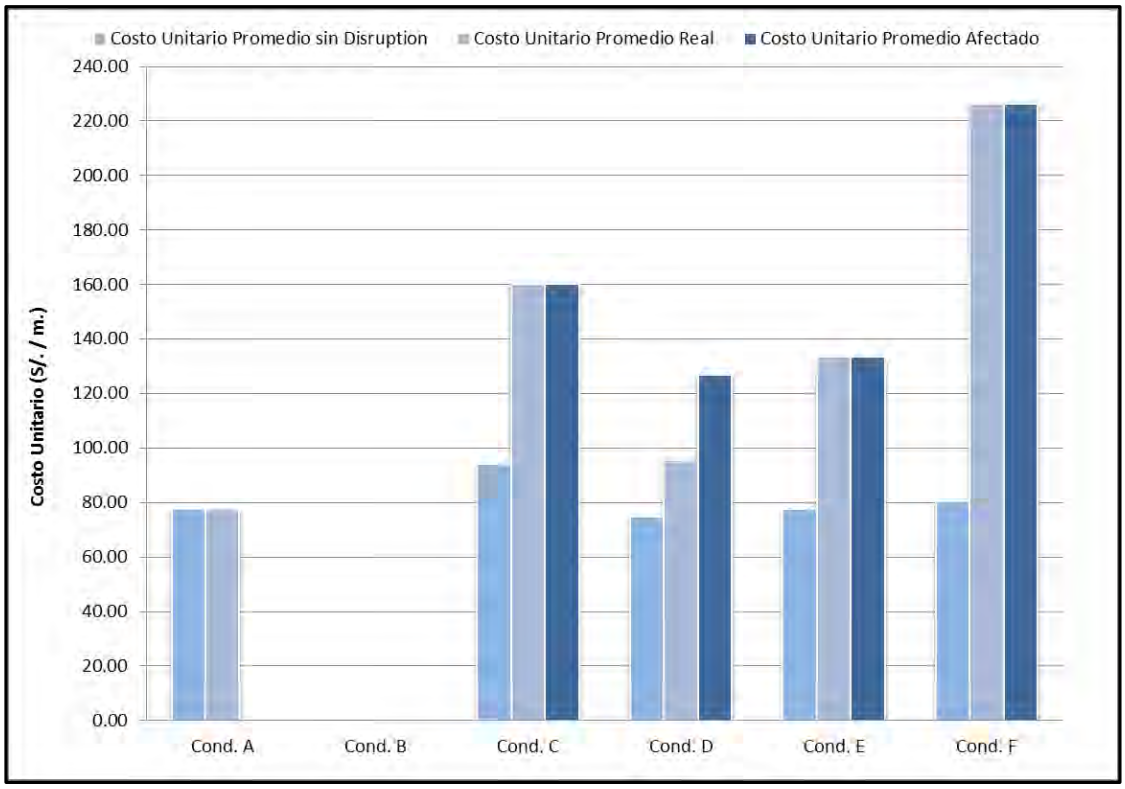


Figura 5.5

Costos Unit. Promedio para prof. 2.00 – 2.99 m. en act. de instalación de tubería.

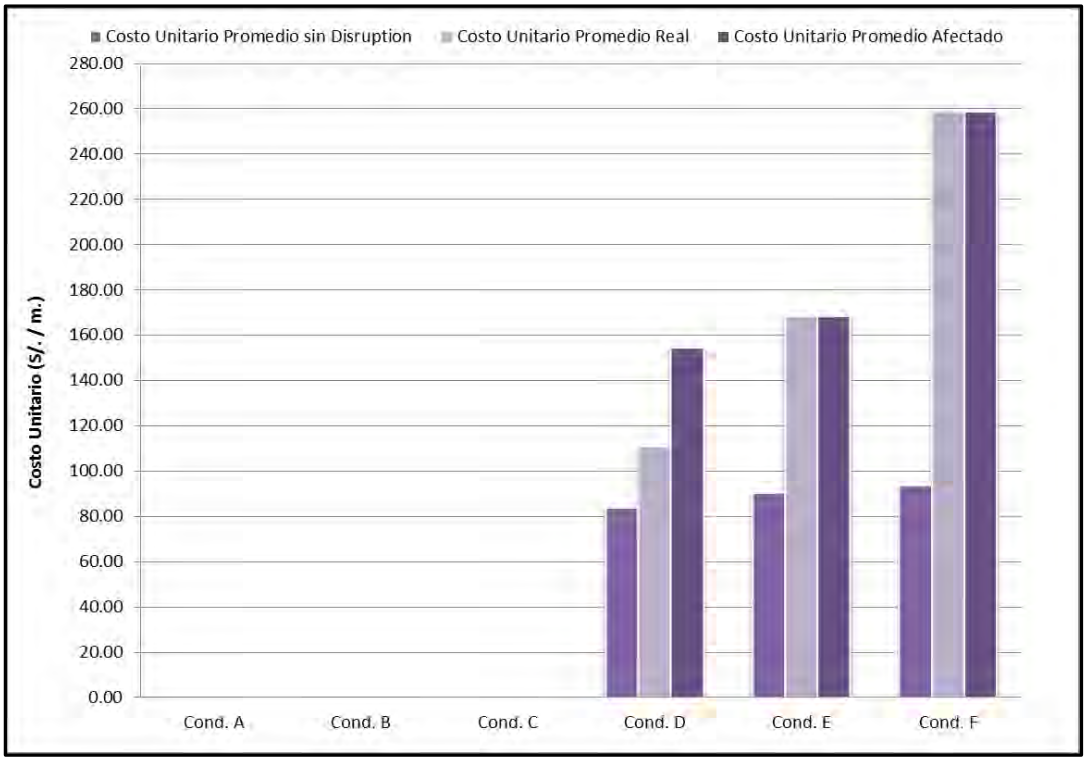
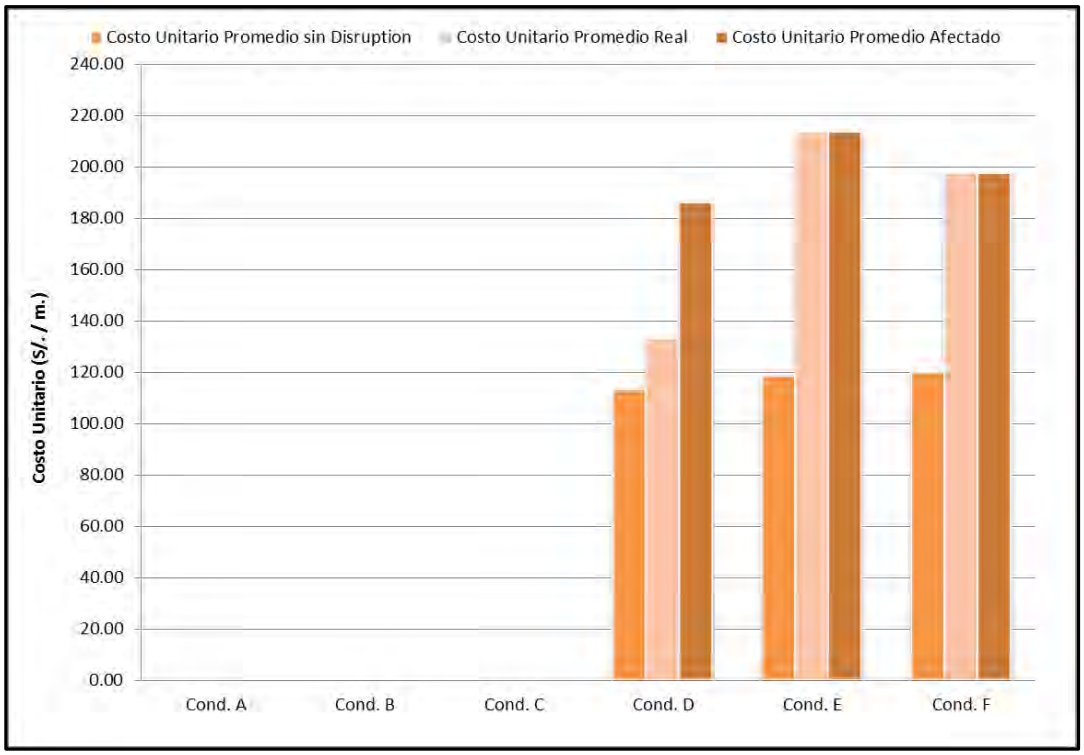


Figura 5.6

Costos Unit. Promedio para prof. 3.00 – 3.99 m. en act. de instalación de tubería.



Nota: Cuando Cond. A es terreno natural – normal, Cond. B, terreno natural con prohibición de descarga, Cond. C, terreno natural con napa freática elevada, Cond. D, terreno asfalto / concreto / mixto – normal, Cond. E, terreno asfalto / concreto / mixto con prohibición de descarga, Cond. F, terreno asfalto / concreto / mixto con napa freática elevada.

De todas las tablas anteriormente mencionadas, podemos generalizar que, tanto para las condiciones “C”, “E” y “F”; los valores de: Costo Unitario Promedio Afectado y Costo Unitario Promedio Real son los mismos debido a que el 100% del metrado trabajado estuvo afectado por efectos disruptivos para tales condiciones.

Además se puede apreciar que los tramos afectados generaron mayor costo unitario por cada metro trabajado, esto se observa al comparar los valores obtenidos de Costo Unitario Promedio sin Disruption y Costo Unitario Promedio Afectado.

No podemos dejar de mencionar que en la condición “D”, los valores de Costo Unitario Promedio Real resultaron ser menores que los valores de Costo Unitario Promedio Afectado, ya que sólo el 39% del metrado trabajado en tal condición se vió afectado por lo que su costo unitario es mucho mayor.

5.9 Gráficas globales

Tanto para la act. de Excavación como para la act. de Instalación de Tubería se puede obtener gráficas acumuladas de Costo Real vs Costo Esperado respecto al metrado total trabajado en el proyecto, en tales gráficas (figura 7 y 8) se puede apreciar la evolución de los costos en el tiempo.

Es importante resaltar que tales gráficas aunque tengan como eje el metrado acumulado del proyecto, han sido hechas de manera cronológica para que se aprecie como fue la evolución de los costos.

Figura 5.7

Costo Real Acumulado y Costo Esperado Acumulado del proyecto para act. de excavación.

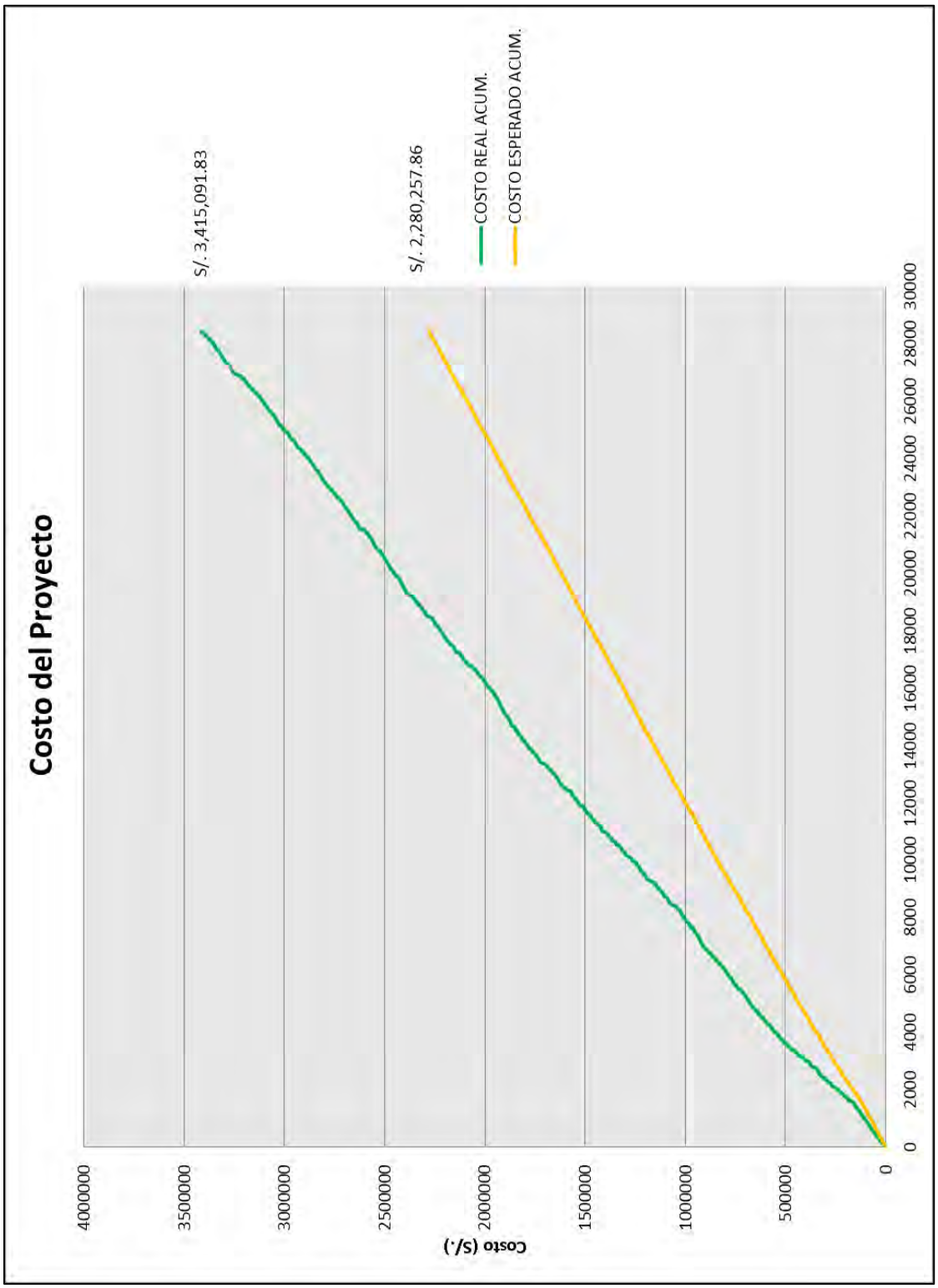
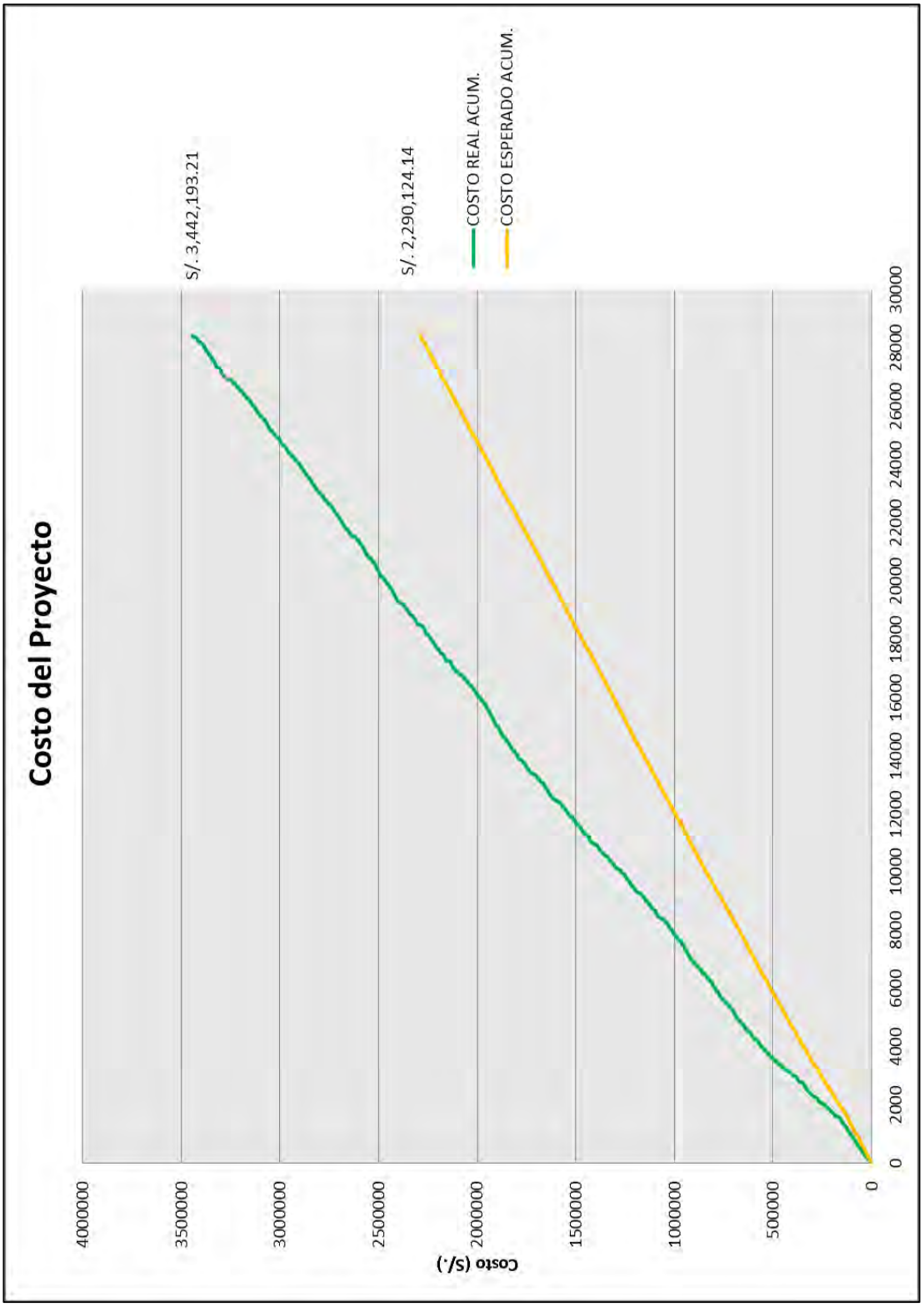


Figura 5.8

Costo Real Acumulado y Costo Esperado Acumulado del proyecto para act. de instalación.



5.10 Resultados por condición de trabajo

De igual forma se tienen registrados para cada condición de trabajo, tanto para excavación como para instalación de tubería, el avance cronológico del costo real y el costo esperado para las condiciones “A”, “B”, “C”, “D”, “E” y “F” (Ver detalle en Anexo 3) trabajadas en el proyecto, se puede apreciar cuál capataz estuvo trabajando en tales condiciones así como también la ubicación de los mismos.

Podemos observar cuales fueron los sobrecostos que se generó en cada condición de trabajo junto con su representación gráfica. Presentamos a modo de ejemplo la condición 1F para excavación y para instalación de tubería (Tablas 5.17 y 5.18, Figuras 5.9 y 5.10).

En las gráficas se puede apreciar mejor el detalle de las pendientes de los tramos de acuerdo al costo generado, especialmente en la línea que representa el costo real acumulado, en donde se aprecia que para cuando hubo mayor costo la pendiente aumente y disminuye a razón de la disminución en la variación del costo.

Mientras que para la línea que representa al costo esperado, la pendiente es la misma en ambos casos, ya que se esperaba mantener el mismo costo unitario para el metrado trabajado, aunque ya sabemos que esto no se pudo conseguir.

Tabla 5.17: Sobrecostos por condición de trabajo “1F” en excavación.

Maestro	Bz "I"	Bz "F"	Calle	Fin de Instalación	Metrados	Metrados Acumulados	Status	Tipo	Costo Tramos Afect.	Costo RPrPTNA	COSTO REAL ACUM.	COSTO ESPERADO ACUM.
Molina	6	5	Av. Luis Eguguren	08/01/2011	51.70	51.70	Afectado	1F	S/. 7,423.96	S/. 4,144.19	S/. 7,423.96	S/. 4,144.19
Molina	5	4	Av. Luis Eguguren	12/01/2011	52.50	104.20	Afectado	1F	S/. 8,774.05	S/. 4,208.32	S/. 16,198.01	S/. 8,352.51
Felipa	151	150	Jr. Huallaga	17/01/2011	57.50	161.70	Afectado	1F	S/. 18,219.28	S/. 4,609.11	S/. 34,417.28	S/. 12,961.62
Molina	190	191	Av. Sullana	17/01/2011	43.10	204.80	Afectado	1F	S/. 7,423.67	S/. 3,454.83	S/. 41,840.95	S/. 16,416.44
Molina	192A	158B	Av. Sullana	25/01/2011	63.40	268.20	Afectado	1F	S/. 14,848.70	S/. 5,082.04	S/. 56,689.65	S/. 21,498.49
Felipa	150	149	Jr. Huallaga	27/01/2011	61.10	329.30	Afectado	1F	S/. 16,192.43	S/. 4,897.68	S/. 72,882.08	S/. 26,396.17
Felipa	149B	148B	Jr. Huallaga	08/02/2011	61.75	391.05	Afectado	1F	S/. 20,247.16	S/. 4,949.78	S/. 93,129.24	S/. 31,345.95
Felipa	147B	146B	Jr. Huallaga	19/02/2011	46.35	437.40	Afectado	1F	S/. 8,435.56	S/. 3,715.34	S/. 101,564.80	S/. 35,061.29
Felipa	146B	18D	Jr. Huallaga	23/02/2011	53.90	491.30	Afectado	1F	S/. 7,086.51	S/. 4,320.54	S/. 108,651.30	S/. 39,381.83
Molina	140C	141C	Jr. Pachitea	20/04/2011	48.80	540.10	Afectado	1F	S/. 20,247.16	S/. 3,911.73	S/. 128,898.46	S/. 43,293.56
Molina	141C	142A	Jr. Pachitea	07/05/2011	60.00	600.10	Afectado	1F	S/. 21,256.86	S/. 4,809.51	S/. 150,155.32	S/. 48,103.07
Molina	142A	143A	Jr. Pachitea	22/05/2011	57.90	658.00	Afectado	1F	S/. 10,123.58	S/. 4,641.17	S/. 160,278.90	S/. 52,744.24
Molina	144A	145B	Jr. Pachitea	27/06/2011	79.00	737.00	Afectado	1F	S/. 6,210.79	S/. 6,332.52	S/. 166,489.69	S/. 59,076.75
Molina	174	145B	Jr. Santa Rosa	27/06/2011	22.50	759.50	Afectado	1F	S/. 6,210.79	S/. 1,803.56	S/. 172,700.48	S/. 60,880.32
Molina	145B	12B	Jr. Pachitea	07/07/2011	35.70	795.20	Afectado	1F	S/. 8,584.60	S/. 2,861.66	S/. 181,285.08	S/. 63,741.97

Tabla 5.18: Sobrecostos por condición de trabajo “1F” en instalación.

Maestro	Bz "i"	Bz "f"	Calle	Fin de Instalación	Metrados Acumulados	Status	Tipo	Costo Tramos Afect.	Costo RPrPTNA	COSTO REAL ACUM.	COSTO ESPERADO ACUM.
Molina	6	5	Av. Luis Eguguren	08/01/2011	51.70	Afectado	1F	S/. 7,370.10	S/. 4,156.07	S/. 7,370.10	S/. 4,156.07
Molina	5	4	Av. Luis Eguguren	12/01/2011	104.20	Afectado	1F	S/. 8,710.40	S/. 4,220.38	S/. 16,080.50	S/. 8,376.45
Felipa	151	150	Jr. Huallaga	17/01/2011	161.70	Afectado	1F	S/. 18,087.11	S/. 4,622.32	S/. 34,167.61	S/. 12,998.78
Molina	190	191	Av. Sullana	17/01/2011	204.80	Afectado	1F	S/. 7,369.82	S/. 3,464.73	S/. 41,537.42	S/. 16,463.51
Molina	192A	158B	Av. Sullana	25/01/2011	268.20	Afectado	1F	S/. 14,740.98	S/. 5,096.61	S/. 56,278.40	S/. 21,560.12
Felipa	150	149	Jr. Huallaga	27/01/2011	329.30	Afectado	1F	S/. 16,074.96	S/. 4,911.72	S/. 72,353.37	S/. 26,471.84
Felipa	149B	148B	Jr. Huallaga	08/02/2011	391.05	Afectado	1F	S/. 20,100.28	S/. 4,963.97	S/. 92,453.65	S/. 31,435.82
Felipa	147B	146B	Jr. Huallaga	19/02/2011	437.40	Afectado	1F	S/. 8,374.36	S/. 3,725.99	S/. 100,828.01	S/. 35,161.81
Felipa	146B	18D	Jr. Huallaga	23/02/2011	491.30	Afectado	1F	S/. 7,035.10	S/. 4,332.93	S/. 107,863.11	S/. 39,494.74
Molina	140C	141C	Jr. Pachitea	20/04/2011	540.10	Afectado	1F	S/. 20,100.28	S/. 3,922.95	S/. 127,963.39	S/. 43,417.68
Molina	141C	142A	Jr. Pachitea	07/05/2011	600.10	Afectado	1F	S/. 21,102.66	S/. 4,823.29	S/. 149,066.05	S/. 48,240.98
Molina	142A	143A	Jr. Pachitea	22/05/2011	658.00	Afectado	1F	S/. 10,050.14	S/. 4,654.48	S/. 159,116.19	S/. 52,895.46
Molina	144A	145B	Jr. Pachitea	27/06/2011	737.00	Afectado	1F	S/. 6,165.73	S/. 6,350.67	S/. 165,281.92	S/. 59,246.13
Molina	174	145B	Jr. Santa Rosa	27/06/2011	759.50	Afectado	1F	S/. 6,165.73	S/. 1,808.74	S/. 171,447.65	S/. 61,054.86
Molina	145B	12B	Jr. Pachitea	07/07/2011	795.20	Afectado	1F	S/. 8,522.33	S/. 2,869.86	S/. 179,969.97	S/. 63,924.72

Figura 5.9

Costo Real Acumulado y Costo Esperado Acumulado vs Metrado Acumulado para la condición 1F para act. de excavación.

Figura 5.10

Costo Real Acumulado y Costo Esperado Acumulado vs Metrado Acumulado para la condición 1F para act. de instalación.

Conclusiones

De los resultados obtenidos del cálculo de sobrecostos generados por efectos disruptivos en el proyecto: "*LOTE 3A: MEJORAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO PARA PIURA-CASTILLA"*, se puede concluir lo siguiente:

1. El uso de la metodología "Measured Mile" otorga un claro conocimiento de los sobrecostos cargados al proyecto. Su aplicación permite advertir a tiempo, los sobrecostos que se van generando en el avance del proyecto y da la posibilidad de intentar realizar acciones para disminuir tales costos.

2. A partir de los resultados obtenidos del cálculo de sobrecostos, vemos que resulta afectado en este caso, tanto el contratista como el propietario (Municipalidad de Piura), que es quien requiere los servicios de construcción; se entiende que tales sobrecostos primeramente son cargados a las cuentas del contratista, que posteriormente traslada tales costos, en manera de valorizaciones, hacia el propietario. La Measured Mile otorga oportunamente los montos de exceso que van generándose conforme avanza el proyecto, y de esta manera se puede generar acciones correctivas para evitar perjudicar a ambas entidades mencionadas.

3. Analizando las condiciones de trabajo contempladas en el proyecto; y en vista de que originalmente el presupuesto presentado por el contratista, no contemplaba dentro de sus partidas aquellos trabajos a realizarse tanto sobre: pavimentos mixtos, pavimentos de asfalto y en terreno natural; para profundidades donde se encontraron condiciones como: napa freática elevada o bombeo de desagües en funcionamiento con uso de cisternas, hubo la necesidad de generar nuevos costos unitarios que representasen tales costos (condiciones "E" y "F") ya que el expediente no mencionaba tales condiciones para dichos tramos.

   Decimos entonces que es justificable la incorporación de tales condiciones representadas en costos unitarios y que éstos a la vez fueron resultado de los efectos disruptivos que se iban encontrando; muy diferente hubiera sido si la información del expediente técnico señalaba tales condiciones de manera detallada; la propuesta contemplada en un inicio hubiera considerado tales costos y no se hubieran presentado la necesidad de representar tales circunstancias como sobrecosto, evitando así perjudicar al contratista y al propietario del proyecto.

4. Se pudo demostrar de manera numérica, la justificación de la inculpabilidad del contratista en el monto final generado por el proyecto; y en caso lo desee, reclamar los sobrecostos generados a manera de pérdida en sus arcas, en el caso que no hayan sido reconocidos oportunamente dichos montos.

Recomendaciones

Con el deseo de compartir la lección aprendida se agregan sugerencias para el correcto uso del método.

1. Es necesario tener la mayor información posible de los trabajos realizados, en este caso los Protocolos de Nivelación fueron las principales fuentes generadoras de información en cuanto a los tramos trabajados, tiempos, metrados, etc. que son la base para el inicio del cálculo.

2. Se debe llevar en obra un control adecuado de los hechos ocurridos considerados como "factores disruptivos", para poder luego clasificarlos según su ocurrencia, complejidad en resolución, proveniencia, etc. que sirva como fundamento para el informe final de los sobrecostos al proyecto.

3. Llevar un control fotográfico del proyecto, que sirva como recordatorio y sustento visual en caso sea necesario.

4. Verificar y/o descartar los datos incongruentes para el correcto cálculo de los sobrecostos, teniendo en cuenta un sustento del por qué se toma tal decisión.

5. Verificar que los rendimientos obtenidos reflejen valores reales y que tengan congruencia entre sí, por ejemplo en el caso de los rendimientos para excavación y para instalación de tubería no se esperaban resultados de rendimientos de valores elevados como pueden ser por ejemplo de 120m/día, que es un valor irreal.

6. Tener mucho cuidado al momento de estimar la "Measured Mile" o "Milla Medida" a usar en los cálculos; se podrían presentar errores conceptuales, datos incorrectos o incongruentes, etc. que generen un mal cálculo de la misma. Es importante tener mucho cuidado para evitar errores en los montos considerados como sobrecosto.

7. Revisar los Análisis de Precios Unitarios usados en el cálculo, que sean reflejo de lo que sucedió en cada actividad de trabajo y para cada condición trabajada, ya que no se debería "generalizar" tales A.p.u. para el proyecto en vista de la ocurrencia de diferentes condiciones.

Referencias Bibliográficas

1. Bunni, Nael. *"The Fidic: Part of Contract"*, third edition.2005. Pág. 368. Traducción Libre.

2. Bunni, Nael. Op cit. Pag 369. Traducción Libre.

3. Edward J. McNaughton of Smith, Currie & Hancock LLP Traducción Libre. Texto original:http://library.findlaw.com/1999/Nov/1/127036.html

4. Felix Antonio Arriagada Fideli, tesis para optar al título de Ingeniero Constructor: "Renovación de Tuberías de alcantarillado mediante sistema de fragmentación neumática o cracking", pág. 12. http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/bmfcia775r/doc/bmfcia775r.pdf

5. Merrit, David. Traducción Libre "Quantifying disruption – The measured mile" Civil Engineering Surveyor. The Journal of the Institution of civil Engineering Surveyors. April 2008, pág. 1.

6. Timothy T. Calvey, P.E., y William R. Zollinger, III, P.E.,"MEASURED MILE LABOR ANALYSIS" AACE INTERNATIONAL 47TH ANNUAL MEETING ,JUNE 22 – 25, 2003, ORLANDO, FLORIDA.

7. William C Last, Jr. Traducción Libre "Are You Including a Loss of Productivity Cost Component in Your Change Orders? Techniques for Establishing a Lost Productivity Claims". http://www.lhfconstructlaw.com/CM/WhatsNew/WhatsNew11.asp

8. "Civil Engineering Surveyor", "The Journal of the Institution of Civil Engineering Surveyors", April, 2008. Traducción Libre.

9. "The Measured Mile Revisited --- What you should know – Introduction to Measured Mile" Traducción Libre. http://www.hcgexperts.com/newsletter/ecr-issue-80.html

10. NICOLL PERU S.A., Sistema de Alcantarillado NTP-ISO 4335 Tubos y Accesorios de PVC-U, "Catálogo y Manual Técnico", págs. 15-21, http://es.scribd.com/doc/94508640/Catalogo-Alcantarillado-PDF

11. NORMA TÉCNICA O.S. 060 – "DRENAJE PLUVIAL URBANO" – apartado f4."Altura de Relleno". http://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas_Legales/saneamiento/OS.060.pdf