

**COSTOS ASOCIADOS CON UN SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA ABASTECER A
LA POBLACIÓN AFECTADA DEL ÁREA DE CONCESIÓN DE ECUADOR**

Preparado por:

Paolo Scardina, Ph.D.

14 de Septiembre de 2010

**Título del Informe: Costos asociados con un Sistema de Agua Potable para Abastecer a la
Población Afectada del Área de Concesión de Ecuador**

Preparé el presente informe a pedido del letrado del demandante.

Pablo Scodini

Fecha: 14 de Septiembre de 2010

1.0 Costo del Desarrollo de un Sistema de Agua Potable

1.1 Introducción y Visión General

Esta evaluación examina alternativas para la provisión de agua potable a residentes dentro del área de Concesión donde Texaco llevó a cabo actividades de exploración y producción de petróleo. En consecuencia con las nobles metas especificadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y UNICEF (OMS/UNICEF, 2010), la disponibilidad y suministro constante de un agua potable y segura para todos, incluyendo aquellos dentro del área de Concesión, debería ser una prioridad.

1.2 Consideración de la Contaminación de las Aguas de Manantial en el Área de Concesión

Según lo mostrado en Expert Opinion Technical Summary Report and Appendices de Cabrera (2008), Fugro-McClelland (1992), HBT Agra (1993), Woodward-Clyde (2000), y en otros pasajes del presente informe, las actividades de exploración y producción de petróleo de Texaco han afectado negativamente la calidad del suelo, sedimento, agua subterránea, y agua superficial en el área de Concesión en términos de degradación ambiental a causa de la liberación de hidrocarburos totales de petróleo, metales, y otras sustancias asociadas con las actividades de Texaco. Como un resultado, diversas fuentes de agua dentro del área de Concesión podrían calificarse como actualmente comprometidas o inadecuadas sin remediación significativa para uso como una fuente de agua potable a causa de niveles inaceptables de peligros antropogénicos o toxinas relacionadas con las actividades petroleras de Texaco mencionadas con anterioridad.

Por ejemplo, benceno, un constituyente nocivo del petróleo, está clasificado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US EPA por sus siglas en inglés) como un carcinógeno conocido (USEPA-1). La US EPA ha establecido un nivel contaminante máximo (NCM) para benceno en agua potable en 0,005 mg/L vía Safe Drinking Water Act (USEPA-2) (*Acta de Agua Potable Segura*). El benceno también tiene una hidrosolubilidad y movilidad en suelo más bien elevada para un compuesto orgánico (USEPA-2). Mediante el uso de datos promedio provistos por la US EPA, 1 litro de petróleo crudo descargado o derramado (2178 µg benceno/g petróleo: promediado por USEPA-3) contaminaría aproximadamente 375.000 L de agua con respecto a benceno en el nivel NCM impuesto por la US EPA (0,005 mg/L).

A partir de materiales disponibles para revisión, es aparente que la contaminación ambiental ha sido en su mayoría más característica en las áreas más cercanas a fuentes conocidas tales como pozos de producción, pozos de almacenamiento, cataratas de agua superficial, y derrames documentados. Sin embargo, dada la movilidad inherente de los contaminantes, en apariencia existe mucha menos información disponible para revisión para caracterizar el movimiento de los contaminantes ambientales más allá de los puntos de liberación conocidos. Si bien es probable que los contaminantes relacionados con las actividades de producción de petróleo se movilicen de las áreas

de liberación en agua subterránea, derrame superficial, y agua superficial, el alcance y concentraciones de estas sustancias más distantes de los puntos de liberación no aparenta estar bien caracterizada. Además, el potencial de la migración futura de contaminantes de la producción de petróleo en el ambiente con el paso del tiempo no aparenta ser bien comprendida o descrita en documentos relacionados con litigios disponibles para revisión ya sea para agua superficial o agua subterránea.

Dadas todas las justificaciones mencionadas con anterioridad, la utilización de cualquier fuente de agua posible dentro del área de Concesión para aplicaciones de agua potable debería ser extensivamente evaluada y muestreada para todos los contaminantes posibles asociados con las actividades de perforación y producción de petróleo. Además, incluso fuentes inicialmente clasificadas con libres de contaminación aún deberían recibir muestreos muy frecuentes, dado el hecho de que la movilidad de los contaminantes podría eventualmente tornarla una fuente inutilizable.

1.3 Caracterización de la Población Afectada

1.3.1 Tamaño y Ubicación de la Población

La Concesión petrolera de Texaco estaba ubicada principalmente en las Provincias de Sucumbrios y Orellana. Esta sección considera muy probable que las áreas dentro de estas provincias estén afectadas por las actividades de exploración y producción de petróleo de Texaco. Las poblaciones en el área de Concesión tienden a vivir en las inmediaciones de las carreteras y autopistas dentro de las provincias. También existen pequeñas comunidades cercanas a los accesos a las carreteras que llevan a las instalaciones de exploración y producción de petróleo y a lo largo de los ríos principales.

1.3.1.1 Sucumbios

Los cuatro Distritos de Sucumbios principalmente en el área de Concesión incluyen Lago Agrio, Shushufindi, Cascales, y Cuyabeno. La población estimada total para esta región en 2010 es de 155.703, siendo las poblaciones urbanas y rurales de 78.520 y 77.183, respectivamente. La población proyectada total para esta región en 2030 utilizando un crecimiento anual promedio de aproximadamente 2,4% es de 250.205 (INEC 2004).

1.3.1.2 Orellana

Los dos Distritos de Orellana principalmente en el área de Concesión incluyen Orellana y La Joya de los Sachas. La población estimada total para esta región en 2010 es de 95.477, siendo las poblaciones urbanas y rurales de 39.899 y 55.578, respectivamente. La población proyectada total para esta región en 2030 utilizando un crecimiento anual promedio de aproximadamente 2,4% es de 153.425 (INEC 2004).

1.3.2 Suministros de Agua Potable Existentes

Se han utilizado tanto recursos de agua superficial como subterránea como fuentes de agua potable en el área de Concesión. Es probable que el agua de lluvia recolectada también pueda ser utilizada como una fuente de agua potable por algunos individuos u hogares. Una evaluación global de los recursos de agua en esta área no se encuentra fácilmente disponible, si bien Cabrera (2008, Apéndice R) relevó las condiciones referentes a los suministros de agua en esta región basándose en la literatura y en revisiones de recursos públicos, así como en las discusiones con los ingenieros responsables de los sistemas de agua potable en el área. No se encontraba disponible para revisión evaluación cuantitativa alguna de la disponibilidad, calidad, y sostenibilidad del agua potable dentro del área de Concesión. Sin embargo, Cabrera (2008, Apéndice R) proporcionó una visión general cualitativa con ejemplos representativos de las fuentes de agua existentes.

Cabrera (2008, Apéndice R) descubrió que las condiciones en las ciudades y comunidades más grandes variaban ampliamente. Algunas comunidades contaban con suministros de agua funcional municipal, otras contaban con sistemas que no eran operacionales, y otras no contaban con servicios de suministro de agua público. Las condiciones en las cientos de comunidades más pequeñas en el área de Concesión también eran variadas, donde muchas, según se informa, no contaban con sistema de suministro de agua potable alguno o que recurrían a pozos cavados a mano de agua subterránea o superficial. En general, algunas áreas en el área de Concesión, según se informa, contaban con sistemas de suministro de agua operantes que recurrían a agua subterránea o agua superficial; mientras que, algunos sistemas de suministro de agua no eran operacionales y requerían reparación o reemplazo. Había planes para mejorar los sistemas de agua en algunas, pero no en todas, las comunidades que requerían reparaciones o mejoras.

En algunos casos, los ingenieros a cargo del suministro de agua reportaron que se encontraban investigando fuentes de suministro de agua alternativas a causa de las preocupaciones en cuanto a la seguridad de las fuentes existentes. La información respecto a la confiabilidad y seguridad del agua proveniente de pozos cavados a mano abastecedores de agua subterránea o agua superficial no estaba disponible para revisión. Otras fuentes son consecuentes con la evaluación de Cabrera de que la calidad y confiabilidad del servicio de agua en numerosas áreas de Ecuador es baja (por ej., OAS 2005, WHO 2010a, b).

1.4 Opciones de Fuentes de Agua para un Sistema de Agua Potable

De acuerdo con lo indicado con anterioridad, las fuentes para suministros de agua potable en el área de Concesión incluyen agua subterránea y agua superficial. Sin embargo, la contaminación actual del agua subterránea, agua superficial, y de sedimentos en la amplia área potencialmente afectada por las actividades de exploración y producción de petróleo de Texaco no está bien caracterizada. Cualquier fuente explotada para uso por la población ampliamente distribuida potencialmente afectada por

actividades pasadas y corrientes relacionadas con el petróleo requeriría una evaluación de seguridad así como una adecuación para uso público.

Dada la posibilidad de contaminación directa o de la migración de contaminantes en cuencas previamente no contaminadas, la seguridad de cualquier fuente de agua dentro del área de Concesión requeriría un escrutinio vía muestreo extensivo tanto inicialmente como en adelante. Cualquier fuente de agua dentro del área de Concesión calificada como contaminada por lo tanto requeriría una remediación inmediata antes del uso o un rotundo abandono. Dado que recursos significativos serían necesarios para remediar una fuente contaminada y/o conducir el muestreo y monitoreo indefinidos necesarios de cualquier Cuenca dentro del área de Concesión, las aguas corriente arriba y fuera de la zona de Concesión calificadas como de calidad aceptable son una fuente de agua potable alternativa para los residentes dentro del área de Concesión.

Además, poco se sabe sobre el destino y transporte potencial de la contaminación ambiental, en aguas subterráneas de descarga en agua superficial, o en el transporte corriente abajo en agua superficial. Estos factores también requerirían análisis ambiental y de ingeniería para asegurar que las fuentes para sistemas de agua potable permanezcan seguras y viables para uso futuro por las comunidades que son suministradas.

A partir de una perspectiva de operación y mantenimiento, el agua potable para individuos en el área de Concesión podría ser potencialmente diseñada, construida, y fundada a nivel regional, comunitario, o local/individual.

1.5 Síntesis de Opciones del Sistema de Agua Potable

1.5.1 Desarrollo, Mejora o Reparación Selectiva del Sistema

De acuerdo con lo informado por Cabrera (2008, Apéndice R) y sostenido por otras evaluaciones de sistemas de agua potable en Ecuador (por ej., OAS 2005, WHO 2010a, b), la disponibilidad de agua potable en el área de Concesión está representada por un amplio rango de disponibilidad. Los sistemas de agua comunitarios existentes oscilan de operacionales a necesitados de mejora o reparación. En ciertos casos, no se encuentra disponible sistema de agua comunitario alguno. El agua es suministrada a algunas comunidades o individuos a través del uso de pozos cavados a mano suministrados de agua subterránea o superficial.

Limitada información se encontraba disponible para revisión respecto al alcance de la contaminación en el agua subterránea y agua superficial en el área de Concesión. Sin embargo, los datos disponibles revisados en otros pasajes del presente informe sugieren que existe el potencial de contaminación de estas fuentes de agua. Así, no es claro que suministros de agua existentes pueden ser afectados por contaminantes a partir del área de Concesión o que fuentes y ubicaciones futuras de suministros de agua pueden plantear riesgos a la salud humana.

Aparentemente, en la actualidad, no se observa un entendimiento exhaustivo de la condición de los sistemas de suministro de agua existentes dentro del área de Concesión ni del alcance de la mejora o reparación que se requiere para proveer agua potable a la población existente. La calidad del agua suministrada a los sistemas existentes también es bien comprendida. Además, existe el potencial de que las fuentes de agua existentes puedan degradarse con el tiempo a causa de la migración de los contaminantes de la exploración y producción de petróleo. Además, puede ser difícil cumplir con necesidades de agua futuras con agua no contaminada desde dentro del área de Concesión.

Dada la incertidumbre respecto a la disponibilidad y seguridad actual y futura del agua potable dentro del área de Concesión, aparentemente el diseño, mejora, o reparación selectiva de sistemas de agua podría proporcionar fuentes de agua potable en el corto plazo para segmentos poblacionales seleccionados. Sin embargo, sería necesario evaluar un suministro de agua segura, continuo y sostenible. El uso actual de agua contaminada, la degradación de fuentes de agua en los sistemas existentes, o la explotación de fuentes de agua contaminada por comunidades más pequeñas o familias podría originar riesgos en la salud de algunos segmentos de la población. En cualquier caso, la implementación de este tipo de enfoque requeriría una evaluación exhaustiva de los sistemas de agua potable existentes y el monitoreo en curso de toda el agua utilizada como un suministro potable en el área de Concesión para identificar sistemas o familias potencialmente en riesgo.

1.5.2 Síntesis del Diseño e Implementación de un Sistema Exhaustivo, Abarcativo

El sistema exhaustivo, abarcativo, esbozado por Cabrera (2008, Apéndice R) describe un enfoque que provee agua potable para los residentes del área de Concesión que ayuda a evitar la incertidumbre asociada con el uso de agua subterránea o agua superficial dentro del área de Concesión. Hace uso de tres sistemas de agua regionales que extraerían agua de agua superficial corriente arriba del área de Concesión y fuentes conocidas de contaminación. Este enfoque evita el problema potencial de la contaminación corriente y futura del agua superficial y subterránea que afecta la calidad del agua potable para el área de Concesión. Este enfoque establece un marco intrínseco para asegurar un suministro de agua seguro para la mayoría de los individuos en el área, en la actualidad y en el futuro. También hará disponible un suministro de agua para individuos en el área de Concesión que actualmente no tienen acceso a un suministro de agua seguro. Este enfoque regional también establecerá una infraestructura física y administrativa que podría ayudar a asegurar la sostenibilidad de tales sistemas de agua en el futuro en términos de operación, mantenimiento, y financiación del sistema.

Los tres sistemas regionales descritos por Cabrera (2008, Apéndice R) son lo presentado a continuación:

- Sistema Regional 1 – suministra comunidades y áreas al norte del Río Aguarico (Cascales, Lago Agrio).
- Sistema Regional 2 – suministra comunidades limitadas por el Río Aguarico al norte, el Río Coca al oeste, y el Río Napo al sur (Lago Agrio, Shushufindi, Sacha).
- Sistema Regional 3 – suministra comunidades en la Región de Orellana.

1.5.3 Revisión del Diseño e Implementación de un Sistema Exhaustivo, Abarcativo

El propósito de esta sección es evaluar el sistema de agua potable propuesto esbozado por Cabrera (2008, Apéndice R) desde perspectivas de ingeniería y salud pública. En la medida en que es necesario desarrollar un sistema para proveer un sistema de agua potable para aquellos que viven dentro del área de Concesión, el diseño de tal sistema de seguro influenciará los costos subsecuentes proyectados en Cabrera (2008, Apéndice R), y en la medida en que el sistema propuesto por Cabrera (2008, Apéndice R) sobre o subdiseñó el sistema de agua, los costos respectivos se verán influenciados respectivamente. La justificación lógica para abastecer a aquellos dentro del área de Concesión con una fuente no contaminada corriente arriba y fuera del área de Concesión se ha detallado con anterioridad y no se hará referencia a la misma en esta sección.

1.5.3.1 Costos Minimizados a través de Economías de Escala

El objetivo primordial de todos los proyectos de trabajo público de agua potable es abastecer a todos los residentes, clientes, o habitantes con agua potable segura para ingestión y otros usos. Ésta sería en mejor forma suministrada, vía un número de sistemas de agua universales más que por el suministro de cada residencia con un sistema de tratamiento de punto de uso hogareño. Un sistema universal es típicamente el método con el costo más bajo para suministrar la misma calidad de agua potable a todos los residentes, dado que emplea eficiencias sobre mayores economías de escala. Otros factores pueden tornar indeseables sistemas de tratamiento de punto de uso hogareño con respecto al hecho de depender exclusivamente de estas unidades siendo el único abastecedor de tratamiento de aguas, que incluye la variación natural de este sistema con respecto a la entrada de fuentes de agua, variaciones en la calidad final del agua a causa del mantenimiento de estas unidades hogareñas, variaciones en la calidad final del agua a causa del mal uso del operador (residente), u otras variaciones tales como la opción del residente por no utilizar el sistema de tratamiento. Por lo tanto, en consideración, los sistemas de agua universales propuestos proveen la mejor oportunidad para producir y suministrar una calidad equivalente de agua potable a todos los residentes o habitantes dentro del área de Concesión con el costo más bajo por unidad.

1.5.3.2 Procesos de Tratamiento Adicionales Necesarios

Cabrera (2008, Apéndice R) propuso un sistema de agua que utiliza aguas superficiales corriente arriba del área de Concesión y corriente arriba de la polución o contaminación. El tratamiento

propuesto sería un recipiente de recolección especial en el agua superficial que reduce, seguido por la desinfección antes de abastecer a los residentes o habitantes dentro del área de Concesión. Lo siguiente fue manifestado por Cabrera (2008, Apéndice R): “Pozos recolectores horizontales o sistemas de filtro de lechos de ríos reducirían los costos de tratamiento dado que la remoción de sedimentos no sería necesaria, y es probable que la cloración sea el único tratamiento necesario.”

Este sistema propuesto no cumpliría los estándares de agua potable en varios países desarrollados, incluyendo los Estados Unidos. Por ejemplo, si bien la mayoría de los patógenos son desactivados por desinfectantes convencionales, ciertos patógenos, a saber los protozoa *giardia* y *cryptosporidium* tienen una resistencia muy elevada a desinfectantes convencionales. Ambos de estos dos protozoa patogénicos pueden ser comunes en aguas superficiales, portados por una variedad de huéspedes animales, y pueden derivar en muerte en humanos vía deshidratación (vómitos y diarrea). Estos protozoa forman oocitos de protección que son altamente resistentes a la desactivación a partir de desinfectantes convencionales con cloro (cloro libre), cloraminas, o dióxido de cloro.

Existen tres prácticas convencionales empleadas por la industria del agua para desactivar los protozoa, *giardia* y *cryptosporidium*: la separación física a través de un filtro en medio de arena, desinfección con ozono, y/u membranas de ósmosis inversa. La incorporación de cualquiera de estos pasos de tratamiento sería imperativo aumentar la probabilidad de que el agua potable sea menos propensa a contener patógenos que incluyen *giardia* y *cryptosporidium*. De hecho, en los Estados Unidos, se requiere que las aguas superficiales sean sometidas a un filtro en medio de arena según lo especificado en Enhanced Surface Water Treatment Rule (EPA-4) (*Regla de Tratamiento de Agua Superficial Mejorada*).

No existe indicio de que estos factores estén considerados o incluidos en la propuesta de Cabrera (2008, Apéndice R). La adopción de cualquiera de estos pasos de tratamiento adicionales aumentaría el costo del tratamiento. De los tres tratamientos adicionales propuestos para la eliminación de los protozoa, el más simple y comúnmente empleado, es un filtro en medio de arena de flujo gravitacional convencional—no obstante debe señalarse que se requiere un mantenimiento operacional frecuente (es decir, lavado a contracorriente) para eliminar la obstrucción del filtro y mantener el tratamiento del agua. Los costos de operación relativa, costos de inversión inicial, y el mantenimiento operacional (es decir, costos) son muchos mayores en comparación con un tratamiento de membrana u ozono.

En síntesis, con el objetivo de mejorar la calidad del agua suministrada a los residentes y habitantes dentro del área de Concesión, deberían considerarse procesos de tratamiento adicionales (convencionales) que eliminan o desactivamente en forma más efectiva todos los patógenos que incluyen los protozoa *giardia* y *cryptosporidium* e incluirse en el sistema de agua potable propuesto. La introducción de estos tratamientos ciertamente aumentaría los costos originales propuestos por Cabrera (2008, Apéndice R).

1.5.3.3 Residuos de desinfección, pérdida, y estaciones maximizadoras

Se aplica un desinfectante al agua potable para inactivar agentes patógenos. A medida que el desinfectante reacciona con diversos componentes, se descompondrá. En la medida en que el desinfectante se descomponga completamente y se pierda, existe la posibilidad de recrecimiento bacteriano a partir de ese momento en el sistema, contaminando de ese modo potencialmente el agua. En concordancia con los objetivos del tratamiento de agua para proporcionar un agua segura libre de agentes patógenos, comúnmente se mantiene un desinfectante residual a lo largo de la tubería de distribución mientras el agua fluye en camino desde una planta/centro de tratamiento hasta el uso final (es decir, clientes o residentes).

No es evidente que esto haya sido considerado en el tratamiento propuesto detallado por Cabrera (2008, Apéndice R). Adicionalmente, suponiendo que el tratamiento es según lo especificado en ese informe siendo la inyección directa de un desinfectante el tratamiento básico del agua superficial de río, entonces puede presuponerse que habría una descomposición bastante rápida del desinfectante ya que reacciona con los numerosos componentes indicativos de una fuente de agua superficial; por ello, es bastante posible que algo o la mayor parte del sistema pudiera estar sometido a la pérdida completa del desinfectante. La metodología de ingeniería común es instalar estaciones maximizadoras a lo largo de la tubería de distribución para asegurar los niveles mínimos necesarios de desinfectante.

No está claro si el diseño o costos propuestos por Cabrera (2008, Apéndice R) consideran las posibilidades de pérdida de desinfectante y la inclusión de estaciones maximizadoras para mantener un nivel suficiente de desinfectante residual a través del sistema de agua potable. Se necesitaría determinar la demanda de desinfección en este sistema así como los métodos para mantener un nivel residual consistente de desinfectante a través de métodos y análisis de ingeniería. En la medida en que esto no se dividió en factores en los cálculos y en la medida en que las estaciones maximizadoras son consideradas un requerimiento necesario para ayudar a reducir el recrecimiento biológico dentro del sistema de agua potable, entonces la respectiva inversión y costos operativos se incrementarían.

1.5.3.4 Consideración de los materiales del sistema de distribución

Los materiales seleccionados para el sistema de distribución seguramente influenciarían los costos del sistema de agua potable. En un extremo, algunos países desarrollados están instalando tuberías de acero inoxidable que poseen las ventajosas propiedades de ser altamente resistentes a la corrosión, lo que a su vez produce menos escala interna de corrosión (es decir, escala que crea pérdida de carga de bombeo o proporciona un asilo seguro para las bacterias) y duraría más tiempo que otros materiales. En oposición, la tubería plástica de tamaño equivalente es aproximadamente 25 – 57 x menos costosa que la tubería de acero inoxidable.

Si bien los plásticos no se corroen, aún pueden degradarse, tal como cuando la tubería de plástico se vuelve quebradiza a partir de demasiada exposición a la fracción ultravioleta de la luz solar. Por ello, las tuberías de distribución de plástico necesitarían ser enterradas debajo de la subsuperficie, generando costos de instalación más altos que una tubería de acero inoxidable que no necesitaría necesariamente ser enterrada.

Estos dos ejemplos simplistas ilustran cómo la selección de materiales influenciaría en gran medida los costos del sistema de agua potable. Los detalles específicos que corresponden al sistema de distribución fueron claramente especificados en la propuesta de Cabrera (2008, Apéndice R), dependiendo así en la selección final de material, en consecuencia los costos originales del sistema de distribución pueden fluctuar.

1.5.3.5 Resumen de las opciones del sistema de agua potable

Las consideraciones en esta sección ilustran cómo afectaría el diseño del sistema de agua potable los costos de inversión de este sistema. En muchos sentidos, el sistema de agua potable propuesto por Cabrera (2008, Apéndice R) es un diseño muy simplista—no que no estaría permitido en muchos países desarrollados incluyendo Estados Unidos. A fin de mejorar estos sistemas de agua potable propuestos a los estándares de muchos países desarrollados posiblemente acarrearía un incremento de costo considerable a, de manera tal que una perspectiva de los costos detallados en Cabrera (2008, Apéndice R) sería potencialmente un límite inferior con respecto a los costos reales, verdaderos asociados con el desarrollo de un sistema de agua potable apropiado para abastecer a los habitantes del área de concesión. A medida que el sistema de tratamiento de agua potable se vuelve más elaborado, los costos asociados aumentarían receptivamente.

1.6 Costo del suministro de agua potable propuesto

El desarrollo de los costos actualizados, detallados para los sistemas regionales descritos por Cabrera (2008) requeriría un esfuerzo de diseño de ingeniería profundo y no es la intención de este informe. Más precisamente, la metodología conceptual recomendada se examinó utilizando información mayormente desarrollada por Cabrera (2008, Apéndice R) durante su investigación más detallada y análisis de diseño de sistema para desarrollar estimaciones preliminares, básicas de costos potenciales para el sistema propuesto.

1.6.1 Factores utilizados para las proyecciones de costos

Los costos de ingeniería típicos parten de la capacidad de diseño proyectada, que a menudo se determina a partir de la población después de establecer una demanda de agua per cápita. Los diseños de tratamiento de agua se basan en una capacidad de 10 – 25 años, proyectando el crecimiento de la población en ese período de tiempo. El período de diseño a 20 años utilizado por Cabrera (2008, Apéndice R) es aceptable.

El factor demanda utilizado por Cabrera (2008, Apéndice R) fue 150-180 L/cápita inicialmente, con el límite superior ascendiendo a 250 Lpd/cápita. A modo de comparación, un valor de diseño promedio para el diseño del sistema de agua potable en Estados Unidos (US) es 570 Lpd/cápita, que incluye los usos doméstico (190 Lpd/cápita), comercial e industrial (250 Lpd/cápita), y público (40 Lpd/cápita) así como el desecho debido a fugas (95 Lpd/cápita) (Reynolds y Richards, 1996).

Si bien este factor de diseño de US no es completamente aplicable a Ecuador, aún es instructivo considerar los componentes posiblemente aplicables. Por ejemplo, el uso de agua doméstico en US varía entre 60-265 Lpd/cápita (Reynolds y Richards, 1996), y la demanda de agua supuesta por Cabrera (2008, Apéndice R) (150 Lpd/cápita) está dentro de la región media inferior de la demanda de agua potable doméstica típica de US. Considerando las pérdidas reales debido a fugas (95 Lpd/cápita), la supuesta demanda de agua de Ecuador superior (250 Lpd/cápita) aún es menor que la demanda doméstica promedio de agua potable y pérdidas en Estados Unidos.

La demanda producto de los negocios e industrias comerciales deberían considerarse, y ésta puede estar incluida en la demanda de agua supuesta por Cabrera (2008, Apéndice R). Sin información adicional alguna referente a los patrones de uso y demanda de agua típicos de Ecuador, los factores de demanda de agua potable supuestos por Cabrera (2008, Apéndice R) son al menos razonables con base en esta muy simple comparación presente en la presente. Un análisis de ingeniería necesitaría determinar la demanda de agua proyectada para las áreas respectivas a abastecer.

Cabrera (2008, Apéndice R) utilizó un crecimiento poblacional de 4,4%, que podría ser ligeramente alto. Por ejemplo, la información publicada por la Agencia Central de Inteligencia de los Estados Unidos (CIA por sus siglas en inglés) documenta la menor tasa de crecimiento promedio de Ecuador en 1,5% (CIA 2). Asimismo, la agencia internacional UNICEF ha documentado una tasa de crecimiento promedio de Ecuador de 1,1% para todo el país y de 2,2% para áreas urbanas para los datos del período más reciente (2000-2008) (referencia UNICEF). La agencia nacional de censo de Ecuador proyecta tasas de crecimiento en regiones que estarían sostenidas por un sistema de agua potable promedio de 2,4% (INEC, 2004).

La selección de la tasa de crecimiento del 4,4% no estaba documentada o justificada en la sección de Cabrera que detallaba el sistema de agua potable (2008, Apéndice R). La tasa de crecimiento seleccionada influenciaría todos los cálculos subsecuentes, dado que los datos de proyecto de agua potable de mayor disponibilidad se normalizan per cápita.

El valor numérico de las tasas de crecimiento poblacional está influenciadas por nacimientos, muertes, y migraciones. El último factor podría torcer desproporcionadamente cualquier cálculo poblacional, en el caso en que secciones mayores de la población ecuatoriana estén migrando con respecto al área de Concesión. Las migraciones en masa en un área recientemente conectada y abastecida con agua potable tendría el resultado neto de aumentar la población en forma efectiva, un

método para dar cuenta de esto sería hacer una suposición y luego elevar la variable de la tasa de crecimiento respectivamente. Es incierto si ésta fue una consideración supuesta por Cabrera (2008, Apéndice R).

1.6.2 Resumen de los Costos proyectados existentes (Cabrera, 2008, Apéndice R)

El siguiente análisis preliminar se basó en costos per-cápita para los sistemas propuestos junto con los cálculos poblacionales para las áreas de Concesión potencialmente afectadas. Utilizando esta información, se esbozan a continuación los cálculos de los costos para proveer agua potable para los residentes del área de Concesión de acuerdo con lo determinado por Cabrera (2008, Apéndice R).

Cabrera (2008, Apéndice R, Table 5) estimó costos totales para los tres sistemas de agua regionales esbozados con anterioridad. Incluyó costos para entubado y tratamiento; red de distribución; conexiones hogareñas; medición; bombeado, transporte, y almacenamiento, y una contingencia para gastos no anticipados. Estos costos se basaron en experiencias a partir de otros sistemas de suministro de agua similares y del juicio profesional. El costo total para los tres sistemas fue de \$428.004.417. Los costos per cápita para los Sistemas Regionales 1, 2, y 3 fueron de aproximadamente \$1.026, \$1.237, y \$1.917, respectivamente. Estos valores se calculan con base en la población proyectada en 2027 presentada en la Tabla 5 de 348.232, donde la población total en 2007 para las regiones (140.985) fue ajustada por Cabrera para dar cuenta de las necesidades de agua potable en 20 años utilizando una presunción de un crecimiento poblacional anual del 4,4%.

En general, el cálculo per cápita para los tres sistemas medido por los tamaños de las poblaciones servidas es de aproximadamente \$1229. El ajuste por una tasa de inflación del 3% por año desde 2007 cuando se realizaron los cálculos originales de Cabrera da un costo per cápita promedio de aproximadamente \$1.342.

1.6.3 Análisis de Costos Adicionales

Sin un entendimiento más detallado de la distribución poblacional con relación a las fuentes de agua superficial y agua subterránea en y en las adyacencias del área de Concesión, este análisis no intentó identificar segmentos poblacionales específicos a ser servidos por sistemas regionales separados. Por lo tanto, la presunción fue que la totalidad de las poblaciones de Lago Agrio, Shushufindi, Cascales, y Cuyabeno en la Provincia de Sucumbios, y Orellana y La Joya de los Sachas en la Provincia de Orellana serían abastecidas por los sistemas de agua regionales propuestos.

De acuerdo con lo resumido con anterioridad, la población estimada total en 2030 para las áreas en consideración es de 403.630. Este cálculo se basó en el ajuste de la población estimada total en 2010 por el INEC (2004) de 251.180 para dar cuenta de las necesidades de agua potable en 20 años utilizando un crecimiento poblacional anual promedio supuesto de 2,4 % (INEC 2004). Con base en

un costo per cápita promedio de \$1.342 y una población de 403.630, los costos estimados para proveer sistemas de agua regionales para abastecer a los residentes del área de Concesión son de aproximadamente \$541.500.000. Si la población real que requiere un suministro de agua potable es menor que la población total de las Regiones consideradas en nuestros cálculos, el costo total podría ser menor.

1.6.4 Resumen de las Consideraciones de Costos

De acuerdo con lo detallado con anterioridad, los costos subsecuentes para un sistema de agua potable para abastecer a los habitantes dentro del área de Concesión se normalizan con base en la población proyectada. Cabrera (2008, Apéndice R) supuso una tasa de crecimiento superior que la generada a partir de los datos del Censo de Ecuador (INEC, 2004). Las menores tasas de crecimiento poblacional supuestas en nuestros cálculos junto con los cálculos poblacionales modernos más elevados tienden a desplazarse en estos cálculos comparativos.

De acuerdo con lo detallado en la sección 4.5.3, el sistema de agua propuesto se evaluó con base en el resumen presentado en Cabrera (2008, Apéndice R). En la medida en que este sistema de tratamiento propuesto está expandido para incluir pasos o procesos de tratamiento adicionales, los costos proyectados en el desarrollo y los costos operacionales aumentarían correspondientemente.

También es importante destacar que puede haber residentes en el área de Concesión que podrían no ser servidos por los sistemas regionales propuestos y que requerirían sistemas de suministro de agua alternativos para asegurar agua potable segura. Ésto podría sumarse a los cálculos de costos totales para los cálculos poblacionales más limitados utilizados por Cabrera. En cambio, los sistemas de suministro de agua existentes pueden estar disponibles para algún sector de la población de la región y ésto podría reducir los cálculos de costos totales para la base poblacional más inclusive considerada en nuestros cálculos. Estas consideraciones reflejan, en cierta medida, la dificultad a la hora de hacer cálculos precisos de costos totales para un suministro de agua seguro y confinable al área de Concesión sin análisis ambientales, demográficos, y de ingeniería más abarcativos.

Existen otras alternativas potenciales para proveer los suministros de agua regionales esbozados en el análisis de Cabrera (2008, Apéndice R). Éstas podrían incluir sistemas más pequeños de base comunitaria, o sistemas hogareños individuales con recursos de agua que recurren a la extracción de recursos de agua subterránea y agua superficial dentro del área de Concesión. Los costos de los tipos alternativos de suministros de agua pueden variar ampliamente. Por ejemplo, Cabrera (2008, Apéndice R) describe costos per cápita para sistemas de agua que oscilan de \$188 a \$1.000 por persona. Sin embargo, estos cálculos se basan en datos de sistemas operantes o propuestos y no incluyen necesariamente todos los componentes del proyecto que podrían ser necesarios para proveer un sistema de suministro de agua funcional. Por lo tanto, los costos per cápita estimados podrían ser mayores que los provistos. Además, de acuerdo con lo indicado con anterioridad, estos tipos de sistemas alternativos tienen las desventajas potenciales de calidad de agua incierta para

fuentes potenciales dentro del área de Concesión y limitaciones respecto a la operación eficiente, mantenimiento, y financiación.

1.7 Resumen de Valuación y Conclusiones

Conceptualmente, la provisión de agua potable a residentes en Sucumbios y Orellana potencialmente afectados por la contaminación de la producción de petróleo aparente ser un medio efectivo para proveer un suministro de agua seguro y sostenible. No requeriría una evaluación tan exhaustiva de las fuentes de agua y sistemas de suministro existentes y futuros en el área de Concesión que serían necesarios para implementar un enfoque de desarrollo, mejora, y reparación selectiva de sistemas para proveer suministros de agua potable a partir de fuentes dentro del área de Concesión. No obstante, facilitaría el tomar ventaja de los sistemas o de la infraestructura existente o el utilizar suministros alternativos para segmentos poblacionales más remotos donde no es posible el abastecimiento por medio de estos sistemas. Además, este enfoque puede tener la ventaja agregada de establecer una infraestructura administrativa y física que podría ayudar a asegurar la sostenibilidad de estos sistemas de agua en el futuro en términos de operación, mantenimiento, y financiación del sistema.

Se requerirían exhaustivos análisis demográficos y de ingeniería para diseñar, estimar costos, e implementar el sistema de abastecimiento de agua potable más efectivo para esta región. Sin embargo, con base en los datos preliminares para el desarrollo de un enfoque regional a este problema, los costos estimados para una serie exhaustiva de sistemas de agua regionales es de aproximadamente \$541.500.000.

REFERENCIAS

- Cabrera. 2008. Technical Summary Report. Expert for the Court of Neuva Loja. Expert Opinion. March 24.
- Cabrera. 2008. Technical Summary Report. Annex R: Cost Assessment of the Water Provision for Ecuador's Provinces of Orellana-Sucumbios. March 24.
- CIA. <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/fields/2002.html>. Accessed 9-14-2010.
- Fugro-McClelland. 1992. Final: Environmental Field Audit for Practices 1964-1990, Petroecuador-Texaco Consortium, Oriente, Ecuador. Prepared for Texaco Petroleum Company. October.
- HBT Agra. 1993. Draft: Environmental Audit and Assessment of the Petroecuador-Texaco Consortium Oil Fields. Volume I: Environmental Audit Report. Appendices A-J. Prepared for Petroecuador-Texaco Consortium. October.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). 2004. Ecuador – Proyecciones De Poblacion Por Provincias, Cantones, Areas, Sexo Y Grupos De Edad – Periodo: 2001-2010. Serie OI No. 206. Agosto 2004.
- Organization of American States (OAS). 2005. Criterios Y Acciones Para El Cumplimiento De Las Metas Del Milenio En Agua Y Saneamiento. Department of Sustainable Development. Ministerial Meeting.
- Reynolds, T.D. and P.A. Richards. Unit Operations and Processes in Environmental Engineering, 2nd ed., Cengage Learning, Stamford, 1996.
- UNICEF. http://www.unicef.org/infobycountry/ecuador_statistics.html. Accessed, 9-14-2010.
- USEPA-1. <http://www.epa.gov/ncea/pdfs/benzenef.pdf>. Accessed 9-11-2010.
- USEPA-2. <http://www.epa.gov/safewater/pdfs/factsheets/voc/tech/benzene.pdf>. Accessed 9-11-2010.
- USEPA-3. <http://www.epa.gov/athens/publications/reports/EPA-600-R03-072-OilComposition.pdf>. Accessed 9-11-2010.
- USEPA-4. <http://water.epa.gov/lawsregs/rulesregs/sdwa/lt2/basicinformation.cfm#three>. Accessed 9-13-2010.
- World Health Organization and UNICEF (WHO). 2010a. Progress on Sanitation and Drinking Water – 2010 Update. Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation.

World Health Organization and UNICEF (WHO). 2010b. Estimates for the Use of Improved Drinking-Water Sources. Ecuador. Updated March 2010. Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation.

Woodward-Clyde. 2000. Remedial Action Project, Oriente Region, Ecuador. Final Report. Volume I of II. Prepared for Texaco Petroleum Company. May.

Robert Paolo Scardina

FORMACIÓN:

Título de Doctorado en Ingeniería Civil, Instituto Politécnico de Virginia, enero de 2004
Magíster en Ingeniería Medioambiental, Instituto Politécnico de Virginia, febrero de 2000.
Licenciatura en Ciencias en Ingeniería Minera y Mineral, Instituto Politécnico de Virginia, diciembre de 1997

EXPERIENCIA LABORAL RELEVANTE:

Profesor asistente de práctica Instituto Politécnico de Virginia
2010, hasta ahora: Departamento de Ingeniería Civil y Medioambiental
Responsable de diversas clases de conferencias

Científico de investigación y socio de investigación, Instituto politécnico de Virginia
2004, hasta ahora: Departamento de Ingeniería Civil y Medioambiental
Trabajo de postgrado en Sistemas de agua potable y aplicaciones

Instructor provisional, Instituto Politécnico de Virginia
2003 a 2009: Departamento de Ingeniería Civil y Medioambiental

Consultor independiente
2010, hasta ahora
Proyectos de consultoría para Black and Veatch, Inc.; St. Marys, PA, Autoridad del Agua; ciudad de Napa, CA; y ciudad de Lakeport, CA, etc.

Asistente de investigación graduado, Instituto Politécnico de Virginia
1998 a 2004: Departamento de Ingeniería Civil y Medioambiental
Tareas de laboratorio y trabajo de campo relacionado con títulos de egresados.

PUBLICACIONES REVISADAS POR GRUPOS PARITARIOS:

- Elfland, C., **Scardina, P.** y M. Edwards. "Lead Contaminated Potable Water from Brass Devices in New Buildings." *Journal American Water Works Association*, a publicarse en octubre de 2010.
- O E Farooqi, G V Loganathan, J Lee, M A Edwards, **Paolo Scardina** y Darrell J Bosch. "Criteria for Plumbing System Replacement." *Journal of Water Resources Planning and Management*, pendiente, aceptado en 2008.
- Edwards, M. y **P. Scardina, P.** "Addressing Problems with Gas Supersaturation at Potable Water Treatment Plants." *Journal American Water Works Association*, Vol. 99, 5, pág. 137, 2007.
- Scardina, P.**, R.D. Letterman y M. Edwards. "Particle Count and On-Line Turbidity Interference from Bubble Formation." *Journal American Water Works Association*, Vol. 98, 7, pág. 97, 2006.
- Scardina, P.** y M. Edwards. "Fundamentals of Bubble Formation During Coagulation and Sedimentation Processes." *Journal of Environmental Engineering*, Vol. 132, 6, pág. 575, 2006.
- Scardina, P.** y M. Edwards. "Air Binding in Granular Media Filters." *Journal of Environmental Engineering*, Vol. 130, N.º 10, 1126-1138, 2004.
- Scardina, P.** y M. Edwards. "Practical Implications of Bubble Formation in Conventional Treatment." *Journal American Water Works Association*, Vol. 94, 8, pág. 85, 2002.
- Scardina, P.** y M. Edwards. "Prediction and Measurement of Bubble Formation in Water Treatment." *Journal of Environmental Engineering*, Vol. 127, 11, pág. 968, 2001.

BECAS DE INVESTIGACIÓN CONCEDIDAS:

- Boardman, G.D. y **P. Scardina**. "Characterization, Treatment and Toxicity of Waters and Soils Associated with Hydraulic Fracturing Operations." Concedida en el verano de 2010, gracias al patrocinio de TBD mediante el Laboratorio de tecnología energética nacional (National Energy Technology Laboratory, NETL).
- Scardina, P.** y M. Edwards. "Distribution System Water Quality Strategic Initiative: Premise Plumbing Water Quality Changes." 75.000 USD mediante la American Water Works Association Research Foundation.
- Edwards, M., **P. Scardina**. "Helping Small Water Systems Develop and Manage a Corrosion Control Strategy." 75.000 USD mediante la Agencia para la protección del medioambiente (Environmental Protection Agency, EPA).
- Edwards, M., **P. Scardina**. "Non-Uniform Corrosion in Copper Piping—Monitoring Techniques." 400.000 USD mediante la American Water Works Association Research Foundation.
- Edwards, M., **P. Scardina**, G.V. Loganathan, D. Bosch y S. Dwyer "Non-Uniform Corrosion in Copper Piping—Assessment." 400.000 USD mediante la American Water Works Association Research Foundation.
- Edwards, M. y **P. Scardina**. "Gas Supersaturation and Treatment Plant Performance: A Fundamental Understanding for New Regulations." 150.000 USD mediante American Water Works Association Research Foundation.
- Edwards, M. y **P. Scardina**. "Role of Light and Algae and Dissolved Gas on Water Treatment." 36.000 USD mediante la Comisión de saneamiento en suburbios, de Washington (Suburbs Sanitation Commission, WSSC).
- Edwards, M. y **P. Scardina**. "Investigation of UVT Improvements for the Potomac WFP Improvement Projects." 35.000 USD mediante la Comisión de saneamiento en suburbios de Washington.

PRESENTACIONES PROFESIONALES:

- Scardina, P.** "Recent Advances in the Understanding and Fundamental Science of Copper Pinhole Leaks." Difusión virtual de la American Water Works Association Research Foundation, 4 de diciembre de 2008.
- Scardina, P.** "A Plethora of Pipes." Infrastructure Rehabilitation for Young Professionals, AWWA, Concord, NC, 2008.
- Scardina, P.** y M. Edwards. "Recent Advances in the Understanding of Copper Pinhole Leaks." Taller de conferencias de AWWA DSS: Control de la corrosión y calidad del agua en los sistemas de distribución, Phoenix, AZ, 2006.
- Lattyak, R., M. Edwards y **P. Scardina**. "Copper Pinhole Leaks." Conferencia anual de la American Water Works Association, San Antonio, TX, 2006.
- Scardina, P.** "Methods to Reduce Floating Floc Disruptions during Coagulation and Sedimentation." Conferencia anual de la American Water Works Association, San Francisco, CA, 2005.
- Edwards M. and **P. Scardina**. "Lead, Chloramine, and Beyond." Seminarios regionales de VA AWWA: Calidad del agua en los sistemas de distribución, Christiansburg, VA, 2005.
- Scardina, P.** "Effects of Dissolved Gas Supersaturation & Bubble Formation on Treatment Plant Performance." Fórum de operadores sénior (VA), Charlottesville, VA, 2004.
- Edwards, M., R. Letterman y **P. Scardina**. "Dissolved Gas Interference to Particle Counting and Turbidity Measurements." Conferencia anual de la American Water Works Association, Orlando, FL, 2004.

PRESENTACIONES PROFESIONALES: (continuación)

Scardina, P., M. Edwards y R. Letterman. Cartel: "Effects of Gas Supersaturation and Bubble Formation on Treatment Plant Performance." Conferencia anual de la American Water Works Association, Orlando, FL, 2004.

Scardina, P. y M. Edwards. "Understanding the Fundamentals of Air Bindings in Filters." Conferencia anual de la American Water Works Association, Anaheim, CA, 2003.

Scardina, P. y M. Edwards. "Understanding, Diagnosing, and Preventing Air Binding in Filters." Avances en la filtración granular rápida en el tratamiento del agua, Londres, Inglaterra, 2001.

Scardina, P. y M. Edwards. "The Fundamentals and Practical Impacts of Bubble Formation in Water Treatment." Conferencia anual de la American Water Works Association, Denver, CO, 2000.

Septiembre 15, 2010

Certificación

Park IP Translations

Por el presente se certifica que la traducción adjunta es, a mi mejor saber y creer, una traducción verdadera y precisa del idioma Inglés al Español del documento que se titula: **COSTOS ASOCIADOS CON UN SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA ABASTECER A LA POBLACIÓN AFECTADA DEL ÁREA DE CONCESIÓN DE ECUADOR**

X

Abraham I. Holczer

Project Manager

Park case # 15864

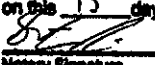


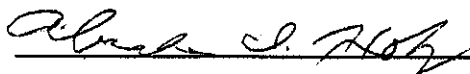
September 15, 2010

Certification

Park IP Translations

This is to certify that the attached translation is, to the best of my knowledge and belief, a true and accurate translation from English into Spanish of the document that is titled: COSTS ASSOCIATED WITH A POTABLE WATER SYSTEM TO SUPPLY THE AFFECTED POPULATION OF THE CONCESSION AREA OF ECUADOR.

Sworn to (or affirmed) and subscribed before me
on this 15 day of September, 2010

Notary Signature 04/07/2012
Commission Expiration Date



Abraham I. Holczer

Project Manager



Park Case # 15864

134 W 29th Street, 5th Floor | New York, NY 10001



T 212.581.8870 | F 212.581.8875 | www.parkip.com



TRANSPERFECT

- ALBANY
- AMSTERDAM
- ATLANTA
- AUSTIN
- BARCELONA
- BERLIN

Ciudad de Nueva York, Estado de Nueva York, Condado de Nueva York

- BOGOTA
- BOSTON
- BRUSSELS
- CHARLOTTE
- CHICAGO
- DALLAS
- DENVER
- DUBAI
- DUBLIN

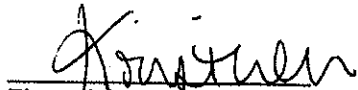
La que suscribe, Aellon Krider, por medio de la presente certifica que lo que aparece a continuación es, a mi mejor y más leal saber, una traducción verídica y exacta del documento adjunto "Currículo vitae de Robert Paolo Scardina, Ph.D." del inglés al español (ecuatoriano, latinoamericano).

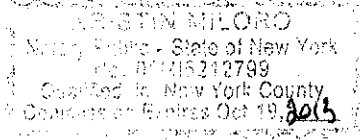

 Aellon Krider

- FRANKFURT
- GENEVA
- HONG KONG
- HOUSTON
- IRVINE

Firmado y ratificado ante mi
el 15 de septiembre de 2010

- LONDON
- LOS ANGELES
- LYON
- MEXICO CITY
- MIAMI
- MILAN
- MINNEAPOLIS
- MONTREAL


 Firma del Notario Público



- MUNICH
- NEW YORK
- PARIS

Sello, Notario Público

- PHILADELPHIA
- PHOENIX
- PORTLAND
- PRAGUE
- RESEARCH TRIANGLE PARK
- SAN DIEGO
- SAN FRANCISCO
- SAN JOSE
- SEATTLE
- SINGAPORE
- STOCKHOLM
- STUTTGART
- SYDNEY
- TOKYO
- TORONTO
- VANCOUVER
- WASHINGTON, DC
- ZURICH