

# ASOCIACIONES PÚBLICO PRIVADAS EN PROYECTOS DE ALUMBRADO PÚBLICO: EXPERIENCIA INTERNACIONAL Y ELEMENTOS PARA LA ESTRUCTURACIÓN



Documento preparado por:

Germán Alfredo Cruz  
Sergio Alejandro Hinojosa  
Heinz Guillermo Roque

Ciudad de México – México  
Enero 2016

El PIAPPEM fue patrocinado por el Fondo Multilateral de Inversiones  
del Banco Interamericano de Desarrollo



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|  |           |
|--|-----------|
| ÍNDICE DE CONTENIDOS .....   | 2         |
| ÍNDICE DE CUADROS .....  | 4         |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....  | 5         |
| ACRÓNIMOS .....  | 6         |
| INTRODUCCIÓN .....   | 7         |
| <b>1 OPCIONES DE CONTRATACIÓN DE SERVICIOS DE ALUMBRADO PÚBLICO CON ESQUEMAS APP .....</b>           | <b>9</b>  |
| 1.1 MODALIDADES DE ASOCIACIÓN PÚBLICO PRIVADA PARA ALP .....   | 10        |
| 1.1.1 Iniciativa de financiamiento privado – “Private Finance Initiative-PFI” .....                  | 11        |
| 1.1.2 Financiamiento por terceros – “Third-Party Financing - TPF” .....                              | 11        |
| 1.1.3 Financiamiento mediante Contratos de rendimiento energético - EPC .....                        | 12        |
| 1.1.4 Otros esquemas de financiamiento de proyectos de ALP .....                                     | 13        |
| <b>2 ALTERNATIVAS DE ESTRUCTURACIÓN DE PROYECTOS DE ALUMBRADO PÚBLICO .....</b>                      | <b>14</b> |
| 2.1 CONTRATACIÓN DE ENERGÍA O DE ALUMBRADO “EC O LC” .....   | 15        |
| 2.2 CONTRATACIÓN DE SUMINISTRO DE ENERGÍA O ALUMBRADO “ESC/EDC O LSC” .....                          | 16        |
| 2.3 CONTRATACIÓN POR DESEMPEÑO “ENERGY PERFORMANCE CONTRACTING – EPC” .....                          | 16        |
| 2.4 EXPERIENCIA INTERNACIONAL DE PROYECTOS DE ALUMBRADO PÚBLICO CON PARTICIPACIÓN DEL SECTOR PRIVADO | 17        |
| 2.5 MÉTODOS DE LICITACIÓN RECOMENDADOS PARA PROYECTOS DE ALP .....                                   | 19        |
| 2.6 PLAZOS DE CONTRATOS DE ALUMBRADO PÚBLICO .....   | 19        |
| <b>3 FINANCIAMIENTO Y MECANISMOS DE GARANTÍAS PARA PROYECTOS DE ALP .....</b>                        | <b>20</b> |
| 3.1 FINANCIAMIENTO DE PROYECTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ALP .....                                | 20        |
| 3.1.1 El Municipio coloca el financiamiento para el proyecto de ALP .....                            | 20        |
| 3.1.2 La ESE financia el proyecto bajo el esquema de pago por desempeño .....                        | 21        |
| 3.2 GARANTÍAS FINANCIERAS EN CONTRATOS DE ALUMBRADO PÚBLICO .....                                    | 21        |
| 3.2.1 Tipologías de garantía otorgadas por Organismos Multilaterales .....                           | 23        |
| <b>4 PROCESO OPERATIVO PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS DE ALP Y ACTORES PARTICIPANTES</b>            | <b>25</b> |
| <b>5 ANÁLISIS DE RIESGOS PARA PROYECTOS DE ALP CON ESQUEMAS APP .....</b>                            | <b>27</b> |
| 5.1 ETAPAS DEL ANÁLISIS DE RIESGOS EN PROYECTOS CON ESQUEMAS APP .....                               | 27        |
| 5.1.1 Etapa de identificación .....  | 27        |
| 5.1.1.1 Metodologías para la etapa de identificación .....   | 28        |
| 5.1.2 Etapa de jerarquización .....  | 30        |
| 5.1.3 Etapa de valoración .....  | 31        |
| 5.1.3.1 Definición de riesgo .....   | 31        |
| 5.1.3.2 Clasificación de riesgos de un proyecto .....  | 32        |
| 5.1.3.3 Definición de costo del riesgo .....   | 32        |
| 5.1.4 Etapa de asignación .....  | 33        |
| 5.1.4.1 Diez reglas para la asignación de riesgos .....  | 34        |
| 5.1.5 Etapa de la redacción contractual .....  | 36        |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>6</b> | <b>MECANISMO PARA RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN EN PROYECTOS DE ALP A TRAVÉS DE LOS AHORROS.....</b>     | <b>37</b> |
| 6.1      | EVALUACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA DE SISTEMAS DE ALP .....   | 37        |
| 6.2      | FORMULACIÓN MATEMÁTICA DEL MODELO DE EVALUACIÓN ECONÓMICA "EVAP" .....                                  | 38        |
| 6.3      | RESULTADOS DEL MODELO DE EVALUACIÓN ECONÓMICA "EVAP" .....  | 39        |
| <b>7</b> | <b>PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS DE COSTO-BENEFICIO Y VALOR POR DINERO DE PROYECTOS DE ALP .....</b>   | <b>41</b> |
| 7.1      | ANÁLISIS DE RENTABILIDAD SOCIAL DE PROYECTOS DE ALP.....  | 41        |
| 7.2      | ANÁLISIS DEL VALOR POR DINERO .....   | 44        |
| 7.2.1    | Principales conceptos .....   | 44        |
| 7.2.2    | Componentes del análisis.....   | 44        |
| <b>8</b> | <b>EJEMPLO DEL COMPARADOR PÚBLICO PRIVADO .....</b>   | <b>48</b> |
| <b>9</b> | <b>CONCLUSIONES.....</b>  | <b>52</b> |
|          | <b>ANEXO I: MATRIZ ESTÁNDAR GENERAL .....</b>   | <b>54</b> |
|          | <b>ANEXO II: MODELO "EVAP" EVALUACIÓN ECONÓMICA DE OPCIONES DE SUSTITUCIÓN DE SISTEMAS DE ALP .....</b> | <b>55</b> |
|          | <b>REFERENCIAS .....</b>  | <b>58</b> |

## ÍNDICE DE CUADROS

|  |    |
|--|----|
| CUADRO 1: CONTRATOS DE AP SUGERIDOS PARA ENTIDADES PÚBLICAS .....                                  | 15 |
| CUADRO 2: EXPERIENCIA INTERNACIONAL DE PARTICIPACIÓN DEL SECTOR PRIVADO EN ALUMBRADO PÚBLICO ..... | 18 |
| CUADRO 3: PROYECTOS DE ALP REALIZADOS CON PARTICIPACIÓN DEL SECTOR PRIVADO .....                   | 18 |
| CUADRO 4: DESCRIPCIÓN DE LOS TIPOS DE GARANTÍA POR ORGANISMO .....                                 | 23 |
| CUADRO 5: APROXIMACIÓN SMART PARA ANÁLISIS DE RIESGOS .....  | 28 |
| CUADRO 6: DEFINICIÓN DE LA PROBABILIDAD DE OCURRENCIA .....  | 30 |
| CUADRO 7: DEFINICIÓN Y CRITERIOS DEL IMPACTO .....   | 30 |
| CUADRO 8: DEFINICIÓN DE LA CLASIFICACIÓN DE LAS CAUSAS .....                                       | 31 |
| CUADRO 9: REGLAS PARA LA ASIGNACIÓN DE LAS CAUSAS .....  | 34 |
| CUADRO 10: POLÍTICA DE ASIGNACIÓN CUALITATIVA .....  | 35 |
| CUADRO 11: EJEMPLO DE ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE SUSTITUCIÓN DE LÁMPARAS DE AP .....              | 39 |
| CUADRO 12: RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOCIO ECONÓMICO .....   | 43 |
| CUADRO 13: DATOS DEL PROBLEMA .....  | 48 |
| CUADRO 14: POLÍTICA DE ASIGNACIÓN DE LAS CAUSAS DE RIESGO .....                                    | 49 |
| CUADRO 15: CUANTIFICACIÓN DE LAS CAUSAS DE RIESGO RETENIDO Y TRASFERIDO .....                      | 49 |
| CUADRO 16: COSTOS DEL PROYECTO PÚBLICO DE REFERENCIA .....   | 49 |
| CUADRO 17: COSTOS DE LA ASOCIACIÓN PÚBLICO PRIVADA .....   | 51 |
| CUADRO 18: CÁLCULO DEL VALOR POR DINERO PARA EL PROBLEMA .....                                     | 51 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| FIGURA 1: OPCIONES DE CONTRATACIÓN PARA SERVICIOS DE ALUMBRADO PÚBLICO..... | 9  |
| FIGURA 2: COSTOS DE ENERGÍA.....  | 13 |
| FIGURA 3: PROYECTOS DE AP Y DURACIÓN DE LOS CONTRATOS .....                 | 19 |
| FIGURA 4: FLUJO DE CAJA DE LA EMPRESA PÚBLICA.....                          | 20 |
| FIGURA 5: FLUJO DE CAJA DE ESE .....  | 21 |
| FIGURA 6: ETAPAS DE UN PROYECTO DE ALP .....                                | 25 |
| FIGURA 7: ETAPAS DE ANÁLISIS DE RIESGOS .....                               | 27 |
| FIGURA 8: METODOLOGÍAS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS.....               | 27 |
| FIGURA 9: POLÍTICA DE ASIGNACIÓN ANALÍTICA .....                            | 35 |
| FIGURA 10: ESTRUCTURA DE LA MATRIZ DE RIESGO.....                           | 36 |
| FIGURA 11: INVERSIÓN INICIAL, BENEFICIOS SOCIALES Y COSTOS.....             | 44 |
| FIGURA 12: PROCESO DEL VALOR POR DINERO .....                               | 46 |
| FIGURA 13: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL COMPARADOR PÚBLICO PRIVADO .....      | 46 |

## ACRÓNIMOS

|       |  |
|-------|--|
| ACB   | : Análisis Costo Beneficio                               |
| ADM   | : Aditivos metálicos                                     |
| AE    | : Auditoría Energética                                   |
| ALP   | : Alumbrado público                                      |
| APP   | : Asociación Público Privada                             |
| AR    | : Análisis de Riesgo                                     |
| BOOT  | : Built – Own – Operate – Transfer                       |
| CAF   | : Corporación Andina de Fomento                          |
| CAN   | : Concepto de Costo Anual                                |
| CDB   | : Banco de Desarrollo del Caribe                         |
| CFE   | : Comisión Federal de Electricidad                       |
| CMS   | : Sistema automatizado de control de iluminación         |
| DAPM  | : Dirección de Alumbrado Público                         |
| DOMP  | : Dirección de Obras Públicas Municipales                |
| EC    | : Energy contracting                                     |
| EDC   | : Contrato de alumbrado (Energy delivery contracting)    |
| EPC   | : Contrato de empeño (Energy performance contractig)     |
| ESD   | : Energy Service Directive                               |
| ESE   | : Empresas de Servicios Energéticos                      |
| FI    | : Institución financiera                                 |
| GPB   | : Garantías de riesgo político                           |
| GPC   | : Garantías parciales de crédito                         |
| GRP   | : Garantías de riesgo parcial                            |
| INM   | : Inducción Magnética                                    |
| LC    | : Lighting contracting                                   |
| LSC   | : Lighting supply contracting                            |
| MEG   | : Matriz Estándar General                                |
| MIGA  | : Agencia Multilateral de Garantías de Inversión         |
| PFI   | : Iniciativa privada de financiamiento                   |
| PPR   | : Proyecto Público de Referencia                         |
| SOMP  | : Secretaría de Obras Públicas Municipales               |
| SPE   | : Sociedad de propósito especial                         |
| TIR   | : Tasa Interna de Retorno                                |
| TPF   | : Financiación por terceros                              |
| TRI   | : Tasa de Rendimiento Inmediata                          |
| USAID | : Agencia Estadounidense ara el Desarrollo Internacional |
| VpD   | : Valor por dinero                                       |
| VPN   | : Valor Presente Neto                                    |

# Asociaciones Público Privadas en proyectos de Alumbrado Público: Experiencia Internacional y Elementos para la Estructuración<sup>1</sup>

Germán Alfredo Cruz<sup>2</sup>  
Sergio Alejandro Hinojosa<sup>3</sup>  
Heinz Guillermo Roque<sup>4</sup>

Enero 2016

## INTRODUCCIÓN

El Alumbrado Público (ALP) es un servicio de iluminación que generalmente es proporcionado por los municipios a sus habitantes en las calles, pasajes, avenidas, parques públicos, y otros espacios de circulación vial o peatonal, con el fin de brindar la visibilidad y seguridad requerida para desarrollar sus actividades de manera adecuada en las horas nocturnas y/o en las zonas o lugares oscuros.

La gestión y financiamiento de proyectos de Alumbrado Público requiere contar con modalidades de contratación eficientes dado el alto impacto de este tipo de inversiones en la vida de las personas, en el funcionamiento de las ciudades, y en los últimas dos décadas en la seguridad ciudadana. Una modalidad de gestión y financiamiento que se ha desarrollado de manera creciente en los últimos 15 años son las asociaciones público privadas (APP). Para lo anterior, se han creado marcos legales específicos tanto a nivel federal como estatal en México, y también en el resto de los países de América Latina y el Caribe. El ALP es altamente adaptable y deseable para que proyectos de modernización, sustitución, reposición, construcción, mantenimiento y operación impulsados por municipios y gobiernos subnacionales se desarrollen a través de APP's.

En este sentido, el presente documento busca orientar en el análisis y la estructuración de proyectos de ALP a través de esquemas APP con una aplicación directa al caso de México, pero perfectamente adaptable al resto de los países de América Latina y el Caribe.

En consecuencia, el objetivo fundamental que se persigue en este documento de trabajo es dar a conocer los esquemas de APP aplicables a proyectos de alumbrado público suministrando las herramientas que les permitan a las entidades públicas implementar los proyectos. Asimismo, poder contar con una metodología que les permita a las autoridades tomar decisiones sobre la mejor manera de desarrollarlos, y conocer cuando resulta conveniente implementar esta tipología de proyectos a través de APP.

<sup>1</sup> Los criterios aquí expresados son de los autores y no necesariamente reflejan la posición oficial del FOMIN o del BID.

<sup>2</sup> Ingeniero Eléctrico en la Universidad de Los Andes, Colombia. MSc en Ingeniería Universidad Nacional de Colombia, Master en Economía y Negocios en Universidad Anáhuac y Certificate in Public Private Partnerships in Infrastructure in a Market Economy por Harvard Kennedy School. Consultor senior en energía. Ha sido funcionario del Banco Interamericano de Desarrollo siendo Especialista Líder en Energía en Nicaragua, El Salvador, Honduras, Perú y México.

<sup>3</sup> Ingeniero Comercial y Licenciado en Economía Universidad de Concepción, Chile. PhD in Management Sciences, ESADE Business School. Asesor Principal del PIAPPEM.

<sup>4</sup> Licenciado en Matemática, Universidad Nacional de Ingeniería, Perú. Estudios de MSc en Estadística Pontificia Universidad Católica de Chile y Master en Finanzas Universidad Europea de Madrid. Analista de riesgos en IKONS ATN.

El documento está organizado en siete secciones y dos anexos, según se describe a continuación:

1. Opciones de contratación de proyectos ALP con esquemas APP
2. Alternativas de estructuración de proyectos ALP con esquemas APP
3. Financiamiento y mecanismos de garantías para proyectos ALP
4. Proceso operativo para el desarrollo del proyecto de ALP y actores participantes
5. Análisis de Riesgos para proyectos ALP con esquemas APP
6. Mecanismo de recuperación de la inversión a través de los ahorros en proyectos ALP
7. Procedimiento para el análisis de rentabilidad social y valor por dinero de proyectos ALP



# 1 OPCIONES DE CONTRATACIÓN DE SERVICIOS DE ALUMBRADO PÚBLICO CON ESQUEMAS APP

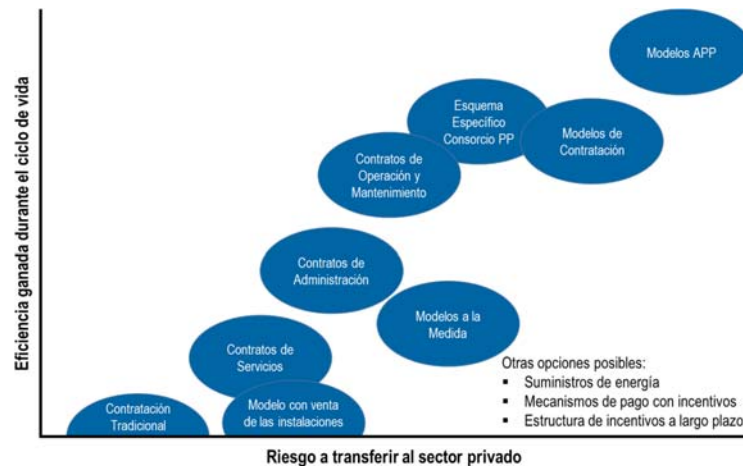
Las inversiones para implementar alumbrado público eficiente o de bajo consumo de energía son algunas de las medidas de eficiencia energética más efectivas, prácticas y rentables que otorgan soluciones inmediatas y eficaces para aumentar la seguridad y confiabilidad del suministro de energía en las empresas públicas (municipios). En la Unión Europea la entidad encargada de la eficiencia en el uso final de la energía y los servicios energéticos, la "Energy Service Directive (ESD)" ha impulsado la eficiencia energética en las empresas públicas y los programas y medidas de eficiencia energética, estimulando y facilitando inversiones rentables en diferentes sectores tales como el alumbrado público (ALP).

Las empresas públicas, poseen los sistemas de alumbrado de calles y avenidas, y tienen la obligación de mantener bien sus sistemas para garantizar la seguridad vial y cumplir todas las funciones propias del alumbrado público tales como niveles mínimos de iluminación, calidad de servicio y aumento en la seguridad de las personas. La falta de recursos públicos ha llevado a un estancamiento de la inversión en eficiencia energética en el alumbrado público en varios países, y es el caso de México.

La situación es crítica por los altos costos de operación y la gran necesidad de renovar los equipos, aunado a la falta de financiamiento público por dificultades presupuestales. Hay una tendencia a reducir costos y contratar esos servicios con terceros ("outsourcing"), así que los modelos de contratación, especialmente los contratos de desempeño o rendimiento (EPC) se han convertido en herramientas útiles para disminuir los costos de la energía y garantizar el cumplimiento de las normas de calidad y el mantenimiento de los sistemas de alumbrado público en las localidades.

Hay diferentes opciones de contratación de los servicios de Alumbrado Público, las cuales están directamente asociadas con los riesgos y eficiencia del proceso (ver Figura 1).

FIGURA 1: OPCIONES DE CONTRATACIÓN PARA SERVICIOS DE ALUMBRADO PÚBLICO



Fuente: Partnerschaften Deutschland

Existen varias formas básicas de contratación de los servicios de ALP enfocadas a contratos de desempeño (EPC), como puede observarse en varios ejemplos de proyectos de alumbrado público con diferentes modelos de contratación. Estos ejemplos pueden ayudar a los tomadores de decisiones estatales y

municipales a comenzar este tipo de proyectos y desarrollar o complementar el mercado de Empresas de Servicios Energéticos (ESE) en México.

Los sistemas de iluminación de calles y avenidas normalmente son propiedad de las entidades públicas (municipios y entes públicos de cada lugar) y son operados por ellos; dado que una de las prioridades de los entes municipales es lograr la reducción de costos en la prestación del servicio de ALP, y en algunos casos la contratación externa de estos servicios usando APP con modelos de contratación, como los contratos de rendimiento, pueden ser herramientas útiles para ahorrar energía.

Los contratos de energía o alumbrado público "*energy or street lighting contracting*" son también un instrumento que incluye generalmente procedimientos de operación y de financiamiento para la prestación de servicios específicos de energía a los propietarios de los sistemas de alumbrado público, y también pueden incluir el suministro rentable de electricidad para el dueño del sistema.

A continuación, se presentan los principales modelos de contratación de Alumbrado Público usando el esquema de Asociación Público Privada y sus características en países que han logrado el desarrollo de mercados de contratos para realizar proyectos de ALP eficientes, que podrían ser aplicables a las entidades públicas.

## 1.1 MODALIDADES DE ASOCIACIÓN PÚBLICO PRIVADA PARA ALP

De acuerdo al PIAPPEM (2015), una Asociación Público Privada es un contrato entre una dependencia o institución gubernamental con una entidad privada de propósito especial para el desarrollo de proyectos específicos en un horizonte de largo plazo, donde la compartición de riesgos es un elemento central para respetar los principios de economía, eficacia y eficiencia.

De manera particular en alumbrado público, una APP es un contrato de largo plazo entre una autoridad pública (municipio) y una sociedad privada de propósito especial (SPE), en el que esta última es responsable de financiar el diseño, la reposición, reemplazo, modernización, sustitución y/o construcción de nuevas instalaciones de ALP y luego proporcionar ciertos servicios de mantenimiento y operación una vez que las obras sean terminadas por un período promedio de 20 años.

Al llevar a cabo una APP, generalmente la autoridad pública realiza una convocatoria para un proceso de licitación y las empresas o consorcios privados ofertan sus servicios basados en criterios de calidad y precio para ejecutar el proyecto. Cada empresa/consorcio reúne un grupo de inversionistas como empresas de construcción y de gestión de instalaciones, e instituciones de capital privado. Al firmar el contrato para desarrollar el proyecto con la autoridad pública, los miembros de la empresa ganadora crean una "entidad o sociedad de propósito especial" (SPE), empresa privada cuyo único objetivo es desarrollar el proyecto.

La SPE realiza subcontratos con una o varias empresas (generalmente sus propios accionistas) para desarrollar el proyecto y también consigue los inversionistas para financiar el proyecto ya sea a través de capital propio ("*equity*") o deuda sindicada ("*senior debt*") que se consigue con los bancos o en el mercado de capitales. En una estructura financiera típica de la SPE, la proporción deuda- capital es generalmente 80/20, aunque estos porcentajes pueden variar dependiendo del proyecto y las necesidades del cliente; los roles o participación se distribuyen entre las partes (privado o público).

Existen varias modalidades de APP para el desarrollo de proyectos de alumbrado público entre las cuales merecen mencionarse:

### 1.1.1 INICIATIVA DE FINANCIAMIENTO PRIVADO – “PRIVATE FINANCE INITIATIVE-PFI”

La Iniciativa de Financiación Privada – PFI<sup>5</sup> es una modalidad para proporcionar gestión y fondos para proyectos que requieren grandes inversiones de capital, contratando empresas privadas para gestionar y desarrollar proyectos públicos. En virtud de esta iniciativa privada de financiamiento, la empresa privada maneja los costos iniciales en lugar de que el gobierno lo haga; el proyecto es arrendado y la autoridad de gobierno realiza pagos anuales a la empresa privada. Estos contratos se otorgan básicamente a empresas de construcción con plazos de 30 años o más.

La iniciativa de financiación privada (PFI) es un método de contratación que utiliza la capacidad del sector privado y recursos públicos con el fin de desarrollar infraestructura y/o proveer servicios al sector público, como el servicio de alumbrado de calles y avenidas, de acuerdo con una especificación definida por la entidad pública. Este esquema es una subdivisión del enfoque de la contratación denominada Asociación Público-Privada, siendo su principal característica el uso del esquema de financiamiento de proyectos (utilizando el capital y deuda del sector privado suscrita por el sector público) para atender los servicios públicos. Además de desarrollar la infraestructura y proporcionar financiamiento, las empresas del sector privado operan las instalaciones públicas, a veces usando personal que trabajaba en el sector público. Bajo la iniciativa de financiación privada (PFI), el sector público realiza contratos de largo plazo con empresas del sector privado que se encargan de diseñar, construir, financiar y operar un sistema de alumbrado público o un proyecto de infraestructura. Esta estrategia fue introducida por el gobierno del Reino Unido en 1992 y desde entonces se ha convertido en un gran instrumento para el desarrollo de proyectos de inversión a gran escala en sectores como salud, educación, transporte, agua, edificaciones públicas, gestión de residuos sólidos, proyectos de desarrollo local y municipios, entre otros.

### 1.1.2 FINANCIAMIENTO POR TERCEROS – “THIRD-PARTY FINANCING - TPF”

La idea de la financiación por terceros es que un intermediario, que no sea el gobierno estatal o municipal, puede recaudar dinero en los mercados de capital privados para un programa gubernamental, siempre y cuando los financiadores privados estén seguros de que se les va a pagar sobre la base de algún tipo de compromiso a largo plazo.

Las agencias han utilizado al menos tres métodos diferentes de financiamiento de terceros, que ofrecen varias formas de seguridad para los inversionistas:

- **Financiamiento a través del proyecto (“Project financing”)**, el cual se basa en la solvencia de los flujos de efectivo y activos de un proyecto en lugar del respaldo de una empresa o la buena fe y crédito del gobierno;
- **Financiación del contratista (“contract financing”)**, donde un contratista se encarga del financiamiento respaldado por contratos en firme de una agencia del gobierno (por ejemplo cuando se usan fondos de conservación de energía); y
- **Financiamiento al cliente (“customer financing”)**, donde las entidades que contratan los servicios de una agencia usan el producto de bonos exentos de impuestos para pagar los servicios por

---

<sup>5</sup> House of Commons Treasury Committee- Private Finance Initiative, 2011

adelantado y luego recuperar ese pago mediante la recepción de un crédito en compras futuras (como sucede cuando los servicios públicos municipales realizan reembolsos anticipados de algún fondo de energía).

Estos acuerdos de financiación cuentan con un equipo multifuncional; los patrocinadores (sponsors), que al igual que en el caso de PFI, suelen crear una entidad de propósito especial (SPE) para cada proyecto que sirve como punto focal de los acuerdos de apoyo al financiamiento. Las principales empresas de inversión manejan la financiación a través de la SPE, y otras firmas (consultores, aseguradoras, desarrolladores) proporcionan apoyo adicional. El dinero se obtiene a menudo mediante la venta de bonos (emitidos por estados, localidades, organizaciones sin fines de lucro, o privados) u otros esquemas de deuda<sup>6</sup>.

La financiación por terceros (TPF) como instrumento de asociación público-privada es una herramienta muy útil para financiar medidas de eficiencia energética en ALP, especialmente mediante los contratos de rendimiento o desempeño (EPC) los cuales se han convertido en un instrumento clave para la reducción de energía y emisiones de CO<sub>2</sub>. Teniendo en cuenta los límites específicos y los diferentes conceptos del esquema de financiamiento por terceros, los "Contratos de Suministro" y "Contratos de Desempeño" ofrecen ventajas relevantes para un manejo eficiente y renovación de los sistemas de alumbrado público, así como la posibilidad de reducir los costos de operación y mantenimiento.

### 1.1.3 FINANCIAMIENTO MEDIANTE CONTRATOS DE RENDIMIENTO ENERGÉTICO - EPC

Los contratos de rendimiento energético (EPC)<sup>7</sup> son una forma de financiamiento creativo para la obtención de financiamiento que permite mejoras energéticas y reducción de costos en sistemas de ALP. Mediante este esquema EPC una empresa de servicios de energía (ESCO<sup>8</sup> o ESE) desarrolla un proyecto para mejorar la eficiencia energética en ALP, o un proyecto de energía renovable, y utiliza el flujo de ingresos proveniente de los costos ahorrados, o de la energía renovable producida, para pagar la inversión de los proyectos y sus costos asociados. Esencialmente la ESE no recibirá su pago a menos que el proyecto tenga los ahorros de energía esperados.

El enfoque se basa en la transferencia de los riesgos técnicos del cliente a la ESE soportados por garantías de cumplimiento entregadas por la ESE al cliente. En un EPC la remuneración de la ESE se basa en el rendimiento demostrado, siendo una medida de ese rendimiento el nivel de ahorro de energía o del servicio energético. EPC es un medio para ofrecer mejoras en la infraestructura de las instalaciones que carecen de recursos de ingeniería, mano de obra, fondos de capital, conocimiento del riesgo, o tecnología de la información<sup>9</sup>.

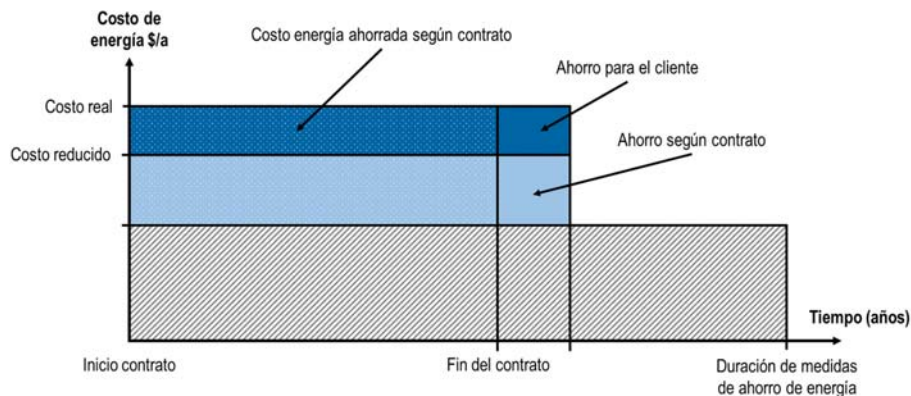
<sup>6</sup> Los desarrolladores a menudo contribuyen con cierto "equity" para los proyectos, pero esas contribuciones son equivalentes a la deuda, ya que su devolución está garantizada.

<sup>7</sup> Introduction to Energy Performance Contracting, ICF International/National Association of Energy Services Companies, 2007.

<sup>8</sup> Energy Service Company (ESCO)

<sup>9</sup> European Commission, Joint Research Center, Institute for Energy and Transport, 2014

FIGURA 2: COSTOS DE ENERGÍA



Fuente: Adaptado de BE GmbH

Hay dos opciones posibles de contratación de proyectos de ALP en el modelo de EPC:

- **Ahorros garantizados** en los cuales en virtud de un contrato de ahorro garantizado la ESE garantiza un cierto nivel de ahorro de energía y de esta manera protege al cliente de cualquier riesgo de desempeño; y
- **Ahorros compartidos** donde los costos ahorrados son divididos entre la ESE y el consumidor durante un período predeterminado de tiempo de acuerdo con un porcentaje previamente acordado y no hay una división fija ya que esto depende del costo del proyecto, la duración del contrato y los riesgos asumidos por la ESE y el cliente.

Una diferencia importante entre los modelos de ahorro garantizados y compartidos es que en el primer caso la garantía de ejecución es el nivel de energía ahorrado, mientras que en el segundo la garantía es el costo de la energía ahorrada.

#### 1.1.4 OTROS ESQUEMAS DE FINANCIAMIENTO DE PROYECTOS DE ALP

Hay otros acuerdos contractuales como el BOOT (construye, es dueño, opera y transfiere), y el contrato de arrendamiento donde una forma frecuente es la de “servicios de gestión de energía” y ocurre cuando el mercado de suministro de energía es competitivo, y la ESE también se hace cargo de toda la responsabilidad de la compra de electricidad para el proyecto de ALP. En el modelo PFI el esquema más común es DBFO, en el cual el contratista diseña, construye, financia y opera las instalaciones.

El mecanismo de pago utilizado es mediante una tasa que se paga al privado (la ESE) en virtud del contrato que se calcula sobre la base de la factura de energía existente, menos un porcentaje de ahorro (a menudo en el rango de 5-10%). De esta manera se garantiza al cliente un ahorro inmediato en relación a su factura actual. La ESE asume la responsabilidad de proporcionar el nivel de servicio acordado disminuyendo la facturación o proporcionar un mejor nivel de servicio para el mismo valor de la factura. Entre más eficiente y barato lo haga, mayores serán sus ingresos, por lo que estos contratos dan un incentivo fuerte a las ESE para prestar servicios de una manera eficiente.

## 2 ALTERNATIVAS DE ESTRUCTURACIÓN DE PROYECTOS DE ALUMBRADO PÚBLICO

Las entidades públicas propietarias de los sistemas de alumbrado tienen la obligación de mantener sus sistemas de Alumbrado Público con el fin de garantizar la seguridad vial y ciudadana, además de cumplir las funciones básicas del alumbrado público tales como cumplir con niveles mínimos de iluminación, y tener una buena calidad de servicio.

Debido al aumento en el precio de la electricidad, las restricciones en los presupuestos públicos y la necesidad de modernizar y remodelar los sistemas de ALP, hay una tendencia a reducir los costos y contratar de forma externa los servicios de remodelación y mantenimiento del ALP. Las APP como modelos de contratación y en especial los contratos de rendimiento (EPC) pueden ser instrumentos útiles para disminuir los costos de energía y garantizar estándares de calidad y garantizar el mantenimiento de los sistemas de alumbrado público en el largo plazo.

Como se mencionó anteriormente, existen diversas modalidades de contratación de proyectos de Alumbrado público utilizando el esquema de APP; entre las más utilizadas están:

- Contratación de alumbrado "lighting contracting-LC", también conocida como contratación de energía "energy contracting-EC";
- Contratación de suministro de alumbrado "lighting supply contracting-LSC", también conocida como contratación de entrega o suministro de energía "energy delivery contracting-EDC" o "energy supply contracting-ESC";
- Contratación por desempeño o rendimiento "Energy performance contracting-EPC"; y
- Modalidad de contrato "BOOT" o "built-own-operate-transfer", donde una empresa de servicios energéticos (ESE) asume toda la responsabilidad ante el cliente de un conjunto acordado de servicios de energía, también conocido como servicios de gestión de energía, donde la ESE a su vez se hace cargo de toda la responsabilidad de la compra de electricidad.

A continuación se describen en forma explícita tres tipos de contratos, disponibles para proyectos de ALP, mencionados al comienzo del documento, que serían más aplicables a las entidades públicas, según las disposiciones legales existentes en México.

CUADRO 1: CONTRATOS DE AP SUGERIDOS PARA ENTIDADES PÚBLICAS

| Modalidad        | Contratación de energía o de alumbrado<br>"energy contracting" or<br>"lighting contracting" | Contratación de suministro de electricidad o de alumbrado<br>"energy delivery contracting" or<br>"lighting supply contracting"   | Contratación de desempeño o de ahorro de energía<br>"energy performance contracting" or<br>"energy saving contracting"                              |
|------------------|---|--|---|
| Aplicación       | Reemplazo (remodelación) de sistemas de alumbrado, incluida operación y mantenimiento       | Planificación de la remodelación, instalación y mantenimiento. Además, operación del alumbrado, incluyendo suministro de energía | Financiación, planificación, instalación, mantenimiento y apoyo de medidas específicas de ahorro energético. Puede incluir el suministro de energía |
| Tipo de Contrato | Contrato de operación o instalación – EC o LC   | Contrato de suministro de alumbrado – EDC, ESC o LSC   | Contrato de desempeño/rendimiento o ahorro de energía – EPC   |

Fuente: Intelligent Road and Street Lighting in Europe

## 2.1 CONTRATACIÓN DE ENERGÍA O DE ALUMBRADO "EC o LC"

La directiva sobre "Eficiencia Energética del uso final y los servicios energéticos" define Energía contratante<sup>10</sup> "*Energy-Contracting-EC*", como el beneficio físico o ventaja derivados de la combinación de energía con una tecnología eficiente. Esta acción podrá incluir la operación, mantenimiento y control necesarios para prestar el servicio, que se entrega sobre la base de un contrato y que en circunstancias normales ha demostrado llevar a una mejora de la eficiencia energética verificable y medible o estimable, y un ahorro de energía<sup>11</sup>.

Además, la directiva también define a la "Empresa de Servicios Energéticos" (ESE) como una empresa que proporciona servicios energéticos, programas de eficiencia energética y otras medidas de eficiencia energética en las instalaciones de un usuario y afronta cierto grado de riesgo técnico y, a veces, económico al hacerlo. El pago por los servicios prestados se basa (en todo o en parte) en el cumplimiento de las normas de calidad y/o mejoras de eficiencia energética.

La energía contratante es un paquete de servicios que se puede ajustar específicamente a las necesidades del cliente y por lo tanto es como un sistema modular. Esto significa que el cliente define qué componentes quiere externalizar, qué componentes quiere contratar y qué componentes desea ejecutar por sí mismo. El financiamiento puede ser proporcionado ya sea por la ESE o el cliente dependiendo de quien logre las mejores condiciones de financiamiento; esto significa que la contratación no incluye automáticamente un financiamiento externo.

Otras tareas parciales, como la gestión de la operación ordinaria o solucionar un problema, pueden ser asumidas por el cliente. En cuanto a los servicios de energía (alumbrado), la transferencia de la implementación técnica y económica y el riesgo operativo juegan un papel crucial para la ESE. Estos elementos crean valor agregado en comparación con las soluciones realizadas directamente por el cliente y están garantizadas en el contrato EC.

Esta forma de contratación de energía "*energy contracting-EC*", también conocida como contratación de alumbrado "*lighting contracting-LC*", es el modelo de contrato más simple, donde se firma un contrato entre el cliente y una ESE para la prestación de servicios tales como medidas de rehabilitación del ALP incluyendo operación y mantenimiento. Los obstáculos a este tipo de contrato están en la posible oposición del personal operativo que participa directamente en la elaboración y ejecución de un proyecto de contratación de terceros,

<sup>10</sup>[www.grazer-ea.at](http://www.grazer-ea.at), [www.bundescontracting.at](http://www.bundescontracting.at), Leitfaden Energiespar-Contracting"

<sup>11</sup> Intelligent Road and Street Lighting in Europe- Status quo on Street Lighting contracting in Europe, 2006

pues los percibe como rivales y una amenaza para su empleo. Otros obstáculos a estas contrataciones pueden ser la falta de definición clara de las interfaces con respecto al mantenimiento del sistema, el alcance de las medidas de mantenimiento y el riesgo compartido (repartición).

## 2.2 CONTRATACIÓN DE SUMINISTRO DE ENERGÍA O ALUMBRADO “ESC/EDC o LSC”

La contratación del suministro (o entrega) de energía “energy supply contracting–ESC” o “energy delivery contracting-EDC”, también conocida como contratación de alumbrado público “light supply contracting-LSC”, es un instrumento eficaz para implementar medidas de eficiencia energética en instalaciones de suministro de energía como en el alumbrado público.

Mientras que los contratos EC dirigen el enfoque al uso de la energía consumida, los ESC/EDC centran su atención en el suministro de electricidad a través de una ESE. En la mayoría de los casos la ESE diseña, construye, opera y financia las instalaciones de suministro de energía (alumbrado) y es responsable de la compra de los insumos necesarios, tales como la energía; la ESE entrega la energía a precios garantizados y por lo tanto tiene el interés de operar las instalaciones de manera eficiente.

En los contratos ESC, el Cliente y la ESE entran en una relación contractual, que es más corta que en el Contrato de Rendimiento (EPC); y es posible integrar las medidas de eficiencia energética del lado de la demanda y diseñar una relación contractual flexible para que el cliente tenga la posibilidad de salirse antes de terminar el contrato.

Esta forma de contratación (ESC) es más compleja que la contratación de alumbrado (LC) aunque los obstáculos son similares, pero es menos compleja que la contratación por desempeño (EPC) y su modelo de contrato y estructura de riesgo es más simple. Los puntos críticos de este contrato son una estimación realista de la demanda de energía para el AP por el cliente (previendo el crecimiento futuro), la definición correcta de la frontera o interface de entrega del servicio, y la fórmula de ajuste de precios.

Otros obstáculos que pueden presentarse están relacionados con la definición de las medidas de eficiencia energética y el costo de la renovación o modernización de algunas partes del sistema, cuando el cliente desea que se hagan al comienzo del contrato. Todos los gastos destinados al suministro de electricidad, es decir los servicios de rehabilitación, operación, mantenimiento, compras de energía y en la mayoría de los casos la financiación del proyecto, deben ser retribuidos por el cliente al privado con base en la tasa estimada en el contrato según el precio pactado. Los temas críticos son las reglas de ajuste de precios, la propiedad del sistema existente y/o de las nuevas instalaciones y que el cliente público tiene que observar las reglas de la ley del presupuesto público.

## 2.3 CONTRATACIÓN POR DESEMPEÑO “ENERGY PERFORMANCE CONTRACTING – EPC”

Un contrato de rendimiento energético, o desempeño, es un paquete de servicio integral de energía con miras a la mejora garantizada de energía y costo-eficiencia de un sistema de ALP; este tipo de contratación es la más utilizada en proyectos de alumbrado público mediante esquemas de APP donde la ESE desarrolla el proyecto y utiliza el flujo de ingresos proveniente de los costos ahorrados para recuperar la inversión del proyecto y sus costos asociados.



En los contratos de desempeño (rendimiento) la empresa pública (el cliente) y el proveedor de servicios de energía (o la ESE) entran en una relación de largo plazo sin esperar ganancias en el corto plazo; esta relación se conoce también como “asociación para ahorrar energía”. La ESE planea y ejecuta las medidas de eficiencia energética y es responsable de la operación y el mantenimiento durante el periodo del contrato; así mismo la ESE garantiza los ahorros de energía sobre una base de partida establecida en el contrato, respaldada por una auditoría energética o estudio similar realizado por la ESE.

Las inversiones en eficiencia energética se pagan con los “ahorros futuros” en los costos de energía y el cliente paga el mismo valor por la factura de electricidad que antes de la intervención de la ESE, o a veces incluso una cantidad menor; una vez que termina el contrato la empresa pública se beneficia de todos los ahorros obtenidos de ahí en adelante. La remuneración a la ESE depende de los ahorros logrados, en caso de que sean menores a lo pactado contractualmente, la ESE tiene que cubrir la diferencia; si son mayores, los ahorros adicionales obtenidos se reparten entre la empresa y la ESE.

Como se mencionó anteriormente hay dos opciones posibles de contratación en el modelo de EPC:

- Ahorros garantizados; y
- Ahorros compartidos.

En el primero la **garantía de ejecución es el nivel de energía ahorrada**, mientras que en el segundo la **garantía es el costo de la energía ahorrada**.

- **Ahorros garantizados:** En esta opción se establece en el contrato que la ESE garantiza un cierto nivel de ahorro de energía y de esta manera **protege a la empresa pública (“empresa” o cliente) de cualquier riesgo de desempeño**. La ESE se hace cargo del desempeño y riesgo de diseño y la empresa busca el financiamiento directamente con los bancos o con una agencia de financiación. La **empresa paga el préstamo y asume el riesgo de repago de la inversión** y si los ahorros no son suficientes para cubrir el servicio de la deuda, entonces la ESE tiene que cubrir la diferencia; mientras que si los ahorros exceden el nivel esperado, la empresa paga el porcentaje acordado de los ahorros a la ESE. El contrato con la ESE también contiene la condición que la garantía se acepta sólo si el valor de la energía ahorrada es suficiente para cumplir la obligación de la deuda de la empresa, manteniendo el precio de la energía por lo menos igual al precio mínimo establecido.
- **Ahorros compartidos:** En esta opción los costos ahorrados se dividen entre la ESE y la empresa pública (o cliente) durante un período predeterminado de tiempo de acuerdo con un porcentaje previamente acordado; no hay una división fija ya que esto depende del costo del proyecto, la duración del contrato y los riesgos asumidos por la ESE y la empresa. En este caso la **empresa asume algunos riesgos de ejecución** y la opción más probable de financiamiento es a través de una TPF o un esquema mixto con financiamiento proveniente de la empresa y la ESE, donde la **ESE paga el préstamo y asume el riesgo crediticio**; por tanto, la **ESE asume el riesgo de desempeño (ejecución) y el riesgo de crédito** subyacente de la empresa.

## 2.4 EXPERIENCIA INTERNACIONAL DE PROYECTOS DE ALUMBRADO PÚBLICO CON PARTICIPACIÓN DEL SECTOR PRIVADO

Existen en el mundo varios ejemplos de ejecución de proyectos de alumbrado público que utilizan esquemas de participación del sector privado. Entre las principales ciudades de Europa, América y Asia que han llevado a cabo proyectos de sustitución/rehabilitación de sistemas de ALP como se indica en el cuadro 2.

CUADRO 2: EXPERIENCIA INTERNACIONAL DE PARTICIPACIÓN DEL SECTOR PRIVADO EN ALUMBRADO PÚBLICO

| Ciudad            | Lámparas de ALP sustituidas | Ahorros logrados                                    |
|-------------------|-----------------------------|---|
| Barcelona         | 45,500                      | Mayor eficiencia de ALP con CMS                     |
| Santiago          | 34,500                      | Mayor eficiencia de ALP                             |
| México DF         | 39,000                      | 44% en energía consumida                            |
| Madrid            | 26,000                      | Mayor eficiencia de ALP con CMS                     |
| Salvador de Bahía | 35,000                      | Mayor eficiencia de ALP                             |
| Praga             | 131,000                     | 10% en energía consumida                            |
| Kunming           | 52,000                      | 35% en energía consumida                            |
| Ho Chi Minh       | 12,000                      | Mayor eficiencia de ALP con CMS                     |
| Nápoles           | 59,000                      | Mayor eficiencia de ALP                             |
| Palma de Majorca  | 37,000                      | Mayor eficiencia de ALP                             |
| Washington DC     | 35,000                      | 40% energía consumida. Mayor eficiencia ALP con CMS |
| Fortaleza         | 165,000                     | 37% energía consumida                               |
| Venecia           | 53,000                      | 20% en energía consumida                            |
| Paris             | 150,000                     | 30% energía consumida. Mayor eficiencia con CMS     |

Fuente: CITELUM Australia, México. CMS: Sistema automatizado de control de iluminación

A continuación, se presentan los principales parámetros de algunos proyectos de ALP ejecutados bajo la modalidad de participación privada en varias ciudades usando esquemas de contratos tipo EPC ("Energy Performance Contracting"), EDC ("Energy Delivery Contracting") y PFI-ESE.

CUADRO 3: PROYECTOS DE ALP REALIZADOS CON PARTICIPACIÓN DEL SECTOR PRIVADO

| Ciudad                  | Descripción del proyecto                  | Contrato |          | Inversión y monto ejecutado | Tiempo ejecución (1) | Mecanismo de pago               | Esquema supervisión del contrato                           | Garantías de pago                           | Ahorros        |
|-------------------------|---|----------|----------|-----------------------------|----------------------|---------------------------------|--|---|----------------|
|                         |   | Tipo     | Duración |                             |                      |                                 |  |   |                |
| Sant Fost de Compostela | Gestión integral de AP 1.811 lámparas     | EPC      | 25 años  | € 776,000*                  | 25 años*             | Pago por desempeño              | Verificar cumplimiento de los ahorros                      | Ahorros obtenidos                           | 35% Energía    |
| Washington DC           | Gestión integral de AP 35,000 lámparas    | EPC      | 5 años   | \$ 6.5 M*                   | 5 años*              | Ahorros financian la inversión  | Verificar cumplimiento de los ahorros                      | Ahorros obtenidos                           | 40% Energía    |
| Venecia                 | Gestión integral de AP 53,000 lámparas    | EPC      | 9 años   | € 13 M*                     | 9 años*              | Ahorros financian 77% inversión | Verificar cumplimiento de los ahorros                      | Ahorros obtenidos                           | 20% Energía    |
| Asia 13 ciudades        | Diseñar fabricar y comercializar AP       | EPC      | 7 años   | \$ 31.1 M                   | 7 años*              | Pago por desempeño              | Verificar cumplimiento de los ahorros                      | Ahorros compartido                          | 47 GWh/año     |
| Gunskirchen             | Renovación AP                             | EPC      | 10 años  | € 138,930                   | 1 año*               | Ahorros garantizados            | Verificar cumplimiento de los ahorros                      | Ahorros garantizados                        | 24 MWh/año     |
| Croydon & Lewisham      | Suministro AP 42,000 lámparas             | PFI      | 25 años  | € 18 M                      | 5 años               | Pago por servicios              | Verificar cumplimiento de los servicios                    | Garantía extendida                          | Ahorro energía |
| México DF               | Reemplazo 86% AP                          | PFI      | 10 años  | MXN 2,600 M                 | 1 año                | Pagos anuales por servicios     | Verificar cumplimiento de prestación de servicios          | Servicios realizados                        | 25% Energía    |
| Kuala Lumpur            | Instalación y mantenimiento AP            | EDC      | 7 años   | € 23 M                      | 1 año                | Pago por servicios              | Verificar cumplimiento de los servicios                    | Servicios realizados                        | Ahorro energía |
| Berlín                  | Modernización AP 185,000 lámparas         | EDC      | 5 años   | € 50 M                      | 3 años               | Pago por servicios              | Verificar cumplimiento de los servicios                    | Servicios realizados                        | Ahorro energía |
| Bremen                  | Mantenimiento y renovación                | EDC      | 20 años  | € 20 M                      | 5 años               | Venta del sistema de AP         | Verificar cumplimiento de los servicios                    | Ahorros y energía suministrada              | 30% potencia   |
| Tukum                   | Implementación sistema AP                 | EDC      | 10 años  | € 395,000                   | 1 año*               | Pagos por servicios             | Verificar cumplimiento de los servicios                    | Servicios realizados                        | 630 MWh/año    |
| Praga                   | Arrendamiento sistema AP 136,690 lámparas | ESE      | 15 años  | € 17 M*                     | 5 años               | % del contrato                  | Autoridad Municipal verifica cumplimiento de los servicios | Servicios realizados y energía suministrada | 7 GWh/año      |
| Salobre                 | Instalación y mantenimiento               | APP+ESE  | 19 años  | € 350,000                   | 1 mes                | Pagos de servicios              | Verificar cumplimiento de los servicios                    | Servicios realizados                        | Ahorro energía |

EDC: Contrato de alumbrado; EPC: Contrato de empeño; PFI: Iniciativa privada de financiamiento; ESE: Empresa de servicios energéticos.

Notas: (1) El plazo indicado se refiere a la sustitución del sistema de AP; para contratos con mantenimiento y suministros de energía, el plazo de ejecución es igual al del contrato.

Fuente: Elaboración propia con datos de varias referencias.

## 2.5 MÉTODOS DE LICITACIÓN RECOMENDADOS PARA PROYECTOS DE ALP

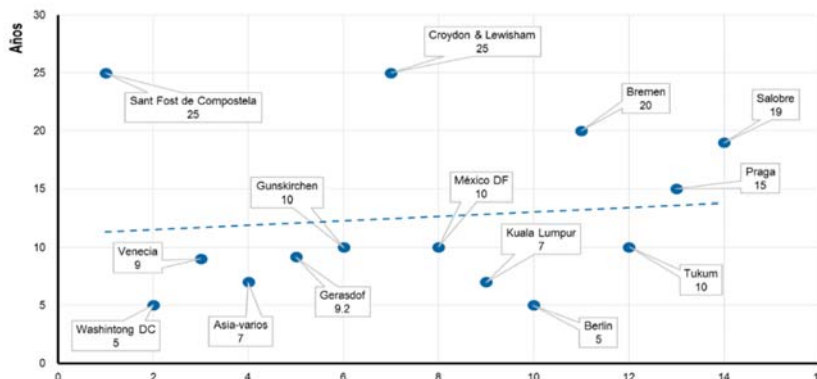
La modalidad de contratación de energía o alumbrado (*"energy or lighting contracting"*) incluye principalmente los servicios de construcción y el precio (valor) del contrato y los servicios son prestados a la empresa pública, por lo que generalmente se utilizan normas de licitación para contratación de obras de construcción con un procedimiento de licitación abierto o restringido según sea el caso. La modalidad de contratación del suministro de electricidad o alumbrado *"energy or lighting supply contracting"*, contiene en la mayoría de los casos como parte principal del servicio, el suministro de electricidad y el precio (valor) del contrato también puede estimarse; sin embargo, para esta modalidad de contratación deben utilizarse las normas de licitación para contratación de servicios con un procedimiento de licitación abierto o restringido.

La modalidad de contratación por desempeño (contratos EPC) requiere contratos mixtos con una combinación de obras y servicios, donde en la mayoría de los casos la parte principal del contrato son los servicios. En estos casos pueden utilizarse las normas de licitación para contratación de servicios en unos casos y en otros las normas para la contratación de obras de construcción, permitiéndose un procedimiento de negociación, pues sólo se conoce una descripción funcional de los servicios por parte del propietario público (cliente) y la estimación del precio no es posible en el marco de la licitación. Estos contratos se otorgan sobre la base de ahorros garantizados o compartidos entre la empresa pública y el privado.

## 2.6 PLAZOS DE CONTRATOS DE ALUMBRADO PÚBLICO

No hay modalidad analítica para determinar el plazo de un contrato internacional. El plazo promedio de los contratos APP a nivel internacional considerando todos los sectores asciende a 22 años. Para el caso de ALP, la manera de asignar el plazo del contrato depende de diversos factores entre otros: la modalidad de contratación y su marco legal, el tamaño del proyecto, la información disponible para proyectar indicadores, la inversión a realizar, la modalidad de financiamiento, los riesgos y su repartición entre el privado y la empresa pública, entre otros factores. Como se puede observar al analizar la información sobre varios contratos de ALP analizados de una muestra de 14 proyectos usando un esquema de APP, el valor promedio del plazo del contrato varía entre 8 y 12 años con un valor medio de 12.5 años, incluyendo el tiempo de sustitución y/o implementación de los equipos de ALP y otros. Por otro lado, para definir el plazo también es importante tener en cuenta el tiempo en que se recuperará la inversión en base a los ahorros logrados y los acuerdos sobre los ingresos recibidos por ahorro de energía, si todos se pasan al privado o sólo parte de ellos (contratos de compartición de ahorros) y para incentivar al sector privado o disminuir los riesgos asociados, en general es recomendable que el pago se haga con los ahorros obtenidos (contrato EPC).

FIGURA 3: PROYECTOS DE AP Y DURACIÓN DE LOS CONTRATOS



Fuente: Elaboración propia con datos de varias referencias

## 3 FINANCIAMIENTO Y MECANISMOS DE GARANTÍAS PARA PROYECTOS DE ALP

### 3.1 FINANCIAMIENTO DE PROYECTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ALP

Tomando información de los casos internacionales, en general los proyectos de Eficiencia Energética en ALP en los Municipios (entidades públicas) pueden financiarse mediante los siguientes tres mecanismos:

1. El Municipio utiliza los recursos de su presupuesto normal para modernizar el sistema de ALP a través de mecanismos de contratación tradicional;
2. El Municipio consigue un préstamo de una entidad financiera (FI) o emite un bono municipal; y
3. La empresa privada (ESE) coloca el financiamiento y hace la implementación del proyecto de acuerdo a las medidas de ahorro energético acordadas.

Los dos últimos modelos son los más utilizados para proyectos de ALP. En la primera opción el Municipio consigue el financiamiento a través de una institución financiera o la emisión de un bono y contrata una empresa para implementar el Proyecto de Eficiencia Energética en ALP bajo la modalidad llave en mano.

En la segunda opción la ESE financia la ejecución del Proyecto de Eficiencia Energética en ALP en virtud de un contrato de rendimiento energético con el Municipio (contrato APP), ya sea usando el modelo de pago de ahorros garantizados o ahorros compartidos.

A continuación, se presenta un análisis de las dos opciones de financiamiento mencionadas.

#### 3.1.1 EL MUNICIPIO COLOCA EL FINANCIAMIENTO PARA EL PROYECTO DE ALP

El municipio (o cliente) tiene la opción de obtener un préstamo de una institución financiera (FI) pública o privada para realizar los proyectos de Eficiencia Energética en ALP; el costo del capital es generalmente más barato para un municipio que para una ESE y algunas instituciones financieras están interesadas en proyectos de eficiencia energética ya que consideran que son comercialmente viables y atractivos. El flujo de caja cuando el financiamiento lo consigue la empresa pública (municipio o cliente) propietaria del sistema de ALP sería como se indica en la figura siguiente.



Fuente: IEASDM

Una vez que el Municipio tiene el capital, puede contratar una ESE o auditoría energética, o una firma de Ingeniería para ejecutar el proyecto llave en mano. La ESE o firma lleva a cabo el proyecto y se encarga de supervisar la aplicación de las medidas de eficiencia y ahorro de energía. El municipio celebra un contrato llave en mano de tasa fija con la ESE y ambos pueden ponerse de acuerdo sobre el pago de cuotas fijas mensuales o una suma global después de finalizar cada tarea. En el contrato de tarifa fija la ESE asume

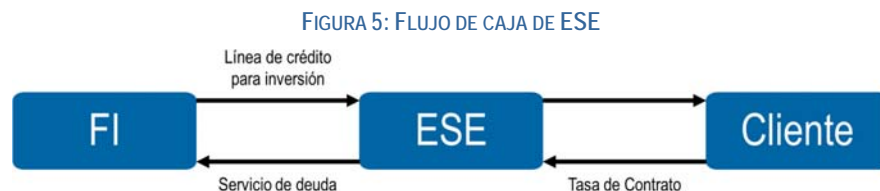
menos riesgo en comparación a un pago de la cuota basado en el ahorro, porque su tarifa no depende directamente de la cantidad de los ahorros conseguidos; sin embargo, en el proyecto llave en mano de cuota fija, la ESE lleva una serie de riesgos asociados con la adquisición, instalación, puesta en servicio y funcionamiento del equipo, y a menudo este es uno de los factores que hace que los municipios no quieran tomar la decisión sobre esos riesgos.

La ESE lleva a cabo una auditoría energética, diseña el proyecto y hace los arreglos para la adquisición de equipos y supervisa la instalación; el pago a la ESE puede ser en cuotas basadas en resultados o una cantidad a suma alzada a la finalización del proyecto. Las cuotas fijas se pueden pagar a la ESE después de cada tarea (fase), tales como: fase de estudios, la fase de contratación, fase de ejecución y la fase posterior al proyecto, y los honorarios pueden variar dependiendo de la complejidad de cada fase; si se acuerda un pago único, este puede hacerse al final del proyecto.

La principal ventaja del contrato llave en mano con tarifa fija es que el municipio es dueño del proyecto y obtiene todos los beneficios y la ESE garantiza una cierta cantidad de ahorros. La desventaja del proyecto llave en mano con cuota fija es que la ESE puede no estar de acuerdo para garantizar los ahorros. En este caso, el municipio lleva todo el riesgo financiero y la ESE asume los riesgos técnicos y de implementación, ya que debe garantizar la puesta en marcha del proyecto a tiempo y de acuerdo con las especificaciones del municipio; la ESE en este caso recibe su cuota independientemente de los ahorros reales obtenidos.

### 3.1.2 LA ESE FINANCIA EL PROYECTO BAJO EL ESQUEMA DE PAGO POR DESEMPEÑO

Cuando la ESE consigue el financiamiento se elimina una de las mayores barreras debido a que el municipio no necesita realizar la inversión. El municipio no asume el riesgo técnico y sólo tiene que realizar pagos a la ESE durante el periodo de tiempo en que se obtengan los ahorros. El flujo de caja cuando el financiamiento lo consigue la ESE sería entonces como se indica en la figura siguiente.



Fuente: IEASDM

El municipio celebra un contrato de rendimiento energético (EPC) con la ESE para adquirir la energía (electricidad) y los servicios financieros y el ahorro en el gasto de energía se utiliza para pagar la inversión realizada por la ESE que asume el riesgo y la responsabilidad de entregar el resultado de los ahorros pactados en el contrato y el municipio goza de los beneficios del proyecto de AP. Este tipo de contrato EPC puede ser con ahorros **garantizados** o ahorros **compartidos**.

## 3.2 GARANTÍAS FINANCIERAS EN CONTRATOS DE ALUMBRADO PÚBLICO

Una garantía financiera es un bono de indemnización no cancelable que está respaldado por una compañía de seguros con el fin de garantizar a los inversionistas de que se realicen los pagos de principal e intereses. Muchas compañías de seguros se especializan en garantías financieras y productos similares que son utilizados por los emisores de deuda como una forma de atraer a los inversionistas. La garantía ofrece a los

inversionistas un nivel adicional de seguridad de que la inversión será repagada en caso de que el emisor de bonos no sea capaz de cumplir con la obligación contractual de realizar los pagos oportunamente. También reduce el costo de financiamiento para los emisores, debido a que la garantía normalmente hace que el bono sea acreedor de un rating más alto y por lo tanto tasas de interés más bajas. Una garantía financiera también es definida como un producto de "mejoramiento crediticio", el cual es, una técnica utilizada por los emisores de deuda para elevar el rating crediticio de su oferta, y por lo tanto para reducir su costo de financiamiento. Una garantía financiera se define como un producto de "mejora crediticia", técnica utilizada por los emisores de deuda para aumentar la calificación crediticia de su oferta, y por lo tanto reducir su costo de financiamiento.

En los mercados de capital desarrollados como el de EE.UU., el propósito principal del uso de una garantía financiera es bajar el costo de financiamiento; si el emisor pudiera ir al mercado sin una garantía financiera y con una calificación más baja, los inversionistas exigirían una mayor tasa de interés. Mediante el uso de una garantía financiera el cliente tiene acceso a calificaciones más altas y tasas de interés más bajas; en los mercados desarrollados, el "precio" de una garantía se determina de acuerdo a cuanto ahorro se obtiene en la tasa de interés.

En los mercados en desarrollo, particularmente los relacionados con la financiación de proyectos de infraestructura, como los de ALP, la razón de utilizar una garantía financiera va más allá del potencial ahorro de la tasa de interés. El mercado de colocación de títulos de deuda en proyectos de infraestructura es demasiado estrecho para los montos y se necesitan plazos largos para desarrollar el proyecto; los riesgos de construcción y otros riesgos del proyecto son altos por lo que las instituciones financieras no están familiarizadas con los procesos y normalmente no asumen esos riesgos. En estos casos, el valor de la garantía financiera puede ser significativamente mayor que los ahorros derivados de la reducción en la tasa de interés. La garantía financiera abre el acceso al mercado de inversionistas de largo plazo, un mercado de financiamiento que normalmente no está disponible para proyectos en mercados emergentes, y proporcionan un financiamiento más eficiente que los bancos (grandes cantidades, mayores plazos y tasas fijas más bajas). Existen dos tipos de garantías financieras: Completamente empaquetadas (en adelante "Full Wrap"), y Garantías Parciales de Crédito (GPCs).

Ambos tipos de garantías tienen el mismo propósito de mejoramiento crediticio pero las Full Wrap cubren el 100% del pago del interés y el repago del principal, normalmente proporcional al nivel de mejoramiento crediticio que es deseable o se intenta lograr. En el primer caso, son llamadas "Full Wrap" porque el paquete cubre todos los riesgos para los emisores de instrumentos o acreedores de deuda. Son incondicionales, irrevocables y cubren 100% de cada pago de interés y pago del principal de la obligación garantizada. En el caso de las garantías parciales, funcionan de manera similar que una garantía Full Wrap, en el sentido que es irrevocable y de pago oportuno, y son incondicionales, pero solamente en un "monto limitado", normalmente en un porcentaje del monto del principal de la obligación garantizada. Las GPC también garantizarán el pago completo de cada cupón de manera oportuna (timely manner) (por adelante de la fecha de pago), pero solo en límite del monto garantizado.

Por ejemplo, si un emisor de un contrato GPC equivalente al 30% del monto principal de una emisión, el garante honrará cualquier demanda de fondos para realizar un pago completo y oportuno hasta el monto acumulado desembolsado hasta alcanzar equivalente al límite del 30%. El monto de la GPC es normalmente definido de acuerdo al nivel de mejoramiento crediticio que es necesario o deseable lograr. Por ejemplo, si un emisor puede obtener un instrumento financiero con un nivel de rating "A" sin garantía, pero desearía obtener un nivel de rating "AA" para obtener una menor tasa de interés y/o tener un mejor acceso al mercado del crédito será necesario lograr un mejoramiento crediticio equivalente a dos niveles de rating, escalas o "notches" (desde "A", to "AA").

### 3.2.1 TIPOLOGÍAS DE GARANTÍA OTORGADAS POR ORGANISMOS MULTILATERALES<sup>12</sup>

Los participantes más activos en la provisión de garantías financieras son los organismos multilaterales. Como se señaló anteriormente, uno de los principales usos de las garantías provistas por organismos multilaterales apunta a apoyar el financiamiento de proyectos que se realizan bajo la modalidad de APP.

En estos casos, y dadas las características de estos proyectos, resulta importante para su financiamiento contar con un diseño contractual que otorgue tranquilidad a quienes proveen financiamiento para el proyecto, toda vez que éste puede presentar una serie de riesgos asociados a los flujos de ingresos que generará una vez entre en operación, toda vez que, estos flujos de ingresos deberán ser capaces de soportar el servicio de la deuda.

De esta forma, lo que busca una garantía en el caso de un proyecto APP es tratar de cubrir ciertos riesgos de manera específica, a través justamente de tipos de garantías específicas. Particularmente, la realidad de la industria muestra que, existen tres tipologías de garantía claramente identificables:

- Las garantías de riesgo parcial (o Partial Risk Guarantees –GRP);
- Las garantías de crédito parcial (o Partial Credit Guarantees –GPC); y,
- Las garantías de riesgo político (o Policy-Based Guarantees –GPB).

Las garantías parciales de riesgo (GRP) apoyan el acceso a financiamiento de proyectos de inversión del sector privado, incluidos los proyectos de Alianzas Público-Privadas (APP), así como proyectos de rehabilitación/extensión (greenfield), de concesión y hasta la privatización de empresas. Una GRP puede estructurarse para proteger a los prestamistas de una deuda estructurada en base a un esquema de project finance con recurso limitado, o para proteger a la sociedad del proyecto de un eventual incumplimiento de parte del gobierno.

Por su parte, las garantías parciales de crédito (GPC) apoyan los préstamos comerciales ya sea del gobierno o entidad no gobierno prestatario (por ejemplo, servicios públicos estatales, bancos), principalmente en apoyo al financiamiento de proyectos de inversión pública.

Las garantías Basada en la Política (GPB), se pueden considerar como una variante de una GPC en apoyo a los préstamos comerciales del gobierno para obtener financiamiento adicional, en apoyo al presupuesto y/o para apoyar un programa de reforma.

El siguiente cuadro muestra los distintos tipos de garantía que otorgan los organismos multilaterales y a continuación se describe las principales características de cada una de ellos:

CUADRO 4: DESCRIPCIÓN DE LOS TIPOS DE GARANTÍA POR ORGANISMO

| Institución   | GRP              | GCP | GPB |
|---|------------------|-----|-----|
| Banco Mundial: IBRD                                   | X <sup>(1)</sup> | X   | X   |
| Banco Mundial: IDA                                    | X <sup>(1)</sup> |     |     |
| Agencia Multilateral de Garantías de Inversión (MIGA) | X                | X   |     |

<sup>12</sup> Esta parte está adaptada de Hinojosa y Montecinos (2015) de un trabajo realizado para el BID sobre el tema de garantías.

|  |   |   |     |
|--|---|---|-----|
| Banco Africano de Desarrollo (BAfD)                            | X | X | (2) |
| Banco Asiático de Desarrollo (BAsD)                            | X | X |     |
| Agencia Estadounidense ara el Desarrollo Internacional (USAID) |   |   |     |
| Corporación Andina de Fomento (CAF)                            |   | X |     |
| Banco de Desarrollo del Caribe (CDB)                           | X | X | X   |

**Notas:** GPC: garantías de riesgo parcial; GPC: garantías de crédito parcial; GPB: garantías "policy based".

<sup>(1)</sup> GPCs están disponibles para todos los países del BIRF y la IDA, mientras que, garantías del tipo GPC y GPB sólo están disponibles para países BIRF-elegibles.

<sup>(2)</sup> El BAfD no otorga garantías del tipo GPB, no obstante, ofrece garantías de crédito parcial "Policy Based Partial Credit Guarantees"

Fuente: Hinojosa y Montecinos (2015).



## 4 PROCESO OPERATIVO PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS DE ALP Y ACTORES PARTICIPANTES

El desarrollo o ciclo de un proyecto de ALP está compuesto por varias etapas secuenciales: identificación del proyecto, preparación, aprobación, estructuración, licitación y adjudicación, ejecución, y operación y supervisión. A continuación, se presenta la descripción detallada de cada una de las 7 etapas del ciclo del proyecto de ALP y los responsables.

- Identificación del proyecto.** Esta etapa consiste en establecer cuál es el proyecto que se quiere desarrollar dentro de una gama de posibles opciones. Para ello se recomienda tener un plan maestro de alumbrado del Estado (obtenido a través de información suministrada por los municipios) o en su defecto un catálogo de proyectos posibles de ALP candidatos a desarrollarse bajo el esquema APP. El responsable de esta etapa es el Municipio con el apoyo de las áreas técnicas de la Dirección de Alumbrado Público (DAPM) o de Obras Públicas (DOPM) municipal<sup>13</sup>.

FIGURA 6: ETAPAS DE UN PROYECTO DE ALP



Fuente: Elaboración propia

- Preparación del proyecto (EPF).** Una vez identificado el proyecto la etapa siguiente consiste en buscar la información adicional relevante e iniciar el estudio preliminar de factibilidad (EPF) para establecer si el proyecto puede continuar en las etapas posteriores. Este estudio preliminar se inicia con un diagnóstico energético (o auditoría energética) seguido por un análisis de alternativas u opciones de sustitución de sistemas de ALP (lámparas, etc.) para culminar con una evaluación socio-económica (costo-beneficio) y una evaluación financiera para determinar los parámetros económicos y financieros del proyecto, asignándole un ranking de acuerdo a dichos parámetros, y el análisis de los riesgos del proyecto (incluye la realización del taller de riesgos y la calificación y valoración de los mismos). El responsable de esta etapa es el equipo técnico del municipio (DAPM/DOPM).
- Aprobación del proyecto con esquema APP.** En esta etapa el Gobierno Estatal analiza el proyecto de acuerdo a su mérito (ranking) y solicita su modificación de ser necesario, y revisa los análisis de riesgos (calificación y valoración de los mismos), rentabilidad social y cálculo de valor por dinero (VDP). Si el proyecto cumple los requerimientos para ser considerado bajo el esquema APP, entre

<sup>13</sup> Los actores participantes pueden variar dependiendo de la estructura de cada Estado o Municipio de la República mexicana.

otros el límite de inversión, rentabilidad social positiva ( $VPN > 0$ ) y VPD positivo, lo envía para aprobación para la siguiente etapa del ciclo del proyecto.

- **Estructuración del proyecto y preparación del informe detallado.** Después de analizar las opciones de desarrollo del proyecto este es enviado a la Dependencia Municipal para definir la modalidad de contratación a utilizar y preparar el informe detallado del proyecto (IDP) que debe incluir todos los requisitos exigidos por la SHE para llevar a cabo el desarrollo del proyecto, entre otros el modelo de contrato, especificaciones técnicas de los equipos a instalar en el sistema de AP que se desee implementar, y asignación, entre las partes, de los riesgos asociados con el proyecto y su forma de mitigarlos (ver resultados del análisis de riesgos). Aquí es importante dejar la opción que el privado pueda ofrecer esquemas de alumbrado más eficientes con mayores ahorros de energía que el esperado, por lo que es conveniente especificar las metas que se buscan obtener con el proyecto (ahorros en Mwh o ahorros en el costo del servicio de ALP). El responsable de esta etapa es el municipio con apoyo de sus áreas técnicas y de la SHE y la SIE.
- **Licitación, adjudicación y aprobación del desarrollador.** Esta etapa comprende la preparación de las bases de licitación especificando el método a emplear y los criterios de evaluación y adjudicación. Luego se realiza la publicación en diversos medios de comunicación para recibir ofertas y una vez obtenidas se procede a la evaluación de las mismas preparando un informe de evaluación que debe ser presentado a las instancias establecidas para su aprobación (Presidente Municipal, Gobernador, Congreso del Estado, etc.). Posteriormente se debe comunicar el resultado de la licitación y la selección del desarrollador de los proyectos de ALP y proceder a la firma del contrato.
- **Ejecución del proyecto.** El desarrollador del proyecto inicia la ejecución con base en las condiciones contractuales establecidas. El responsable de la etapa es por lo tanto el desarrollador o ESE.
- **Operación y supervisión del proyecto.** En esta etapa es crucial monitorear el buen desempeño del desarrollador y debe ser ejercida por el cliente o quien se designe para ello; esta actividad comprende el seguimiento permanente al desarrollador para monitorear el avance de la implementación manteniendo informadas a las autoridades competentes. El responsable de esta actividad es el municipio.

Para desarrollar un proyecto de alumbrado público es necesario realizar diversos estudios de pre- inversión con el fin de tener certeza de que el proyecto que se quiere implementar es el más recomendable desde el punto de vista técnico y socio-económico para el Estado y el municipio correspondiente y que genera valor por dinero. Para despejar esa duda es necesario pasar por ciertas etapas del proyecto, tales como análisis de rentabilidad social y valor por dinero con el fin de confirmar su importancia (se analizan más Adelante).

Entre los estudios de pre-inversión que se recomienda realizar para definir si un proyecto de alumbrado público es idóneo bajo la modalidad APP están:

- Inventario del sistema de ALP;
- Estudio preliminar de factibilidad (EPF) que incluya una "Auditoria Energética" (AE);
- Informe detallado que contenga un diseño básico del sistema de alumbrado; y
- Análisis de rentabilidad social y valor por dinero.

## 5 ANÁLISIS DE RIESGOS PARA PROYECTOS DE ALP CON ESQUEMAS APP

El **Análisis de Riesgo (AR)** es el proceso de identificación y asignación sistemática de los riesgos potenciales y sus incertidumbres que ocurre cuando se prueba y/o se logra un objetivo deseado, y por consiguiente, encontrar la estrategia más factible y eficiente que permita controlar los riesgos analizados.

### 5.1 ETAPAS DEL ANÁLISIS DE RIESGOS EN PROYECTOS CON ESQUEMAS APP

Proceso del AR en proyectos con esquemas APP consta de una serie de etapas, cuyo resultado da la redacción contractual. Para tal objetivo, se sigue las siguientes etapas según se muestra en la siguiente figura:



Fuente: Elaboración propia con información de IKONS ATN

#### 5.1.1 ETAPA DE IDENTIFICACIÓN

En esta etapa se construye la matriz de causas/riesgos, para el proceso de construcción existen distintas metodologías, que permiten la construcción de una matriz donde se obtiene una descripción de cada una de las causas que pueden afectar el resultado del proyecto.



Fuente: IKONS ATN

### 5.1.1.1 METODOLOGÍAS PARA LA ETAPA DE IDENTIFICACIÓN

El primer paso del análisis de riesgos es la identificación de todas las posibles causas que afectan el desempeño del cumplimiento de los objetivos del proyecto de inversión. Es decir, en esta etapa se debe responder la pregunta acerca de: **¿Cuáles eventos o acciones podrían afectar adversamente el plazo, costo, ámbito y/o la viabilidad de la materialización del proyecto y la provisión de los servicios previstos?**

Para la identificación de riesgos hay una variada cantidad de técnicas. Se incluyen por ejemplo la lluvia de ideas, cuestionarios estructurados, la revisión de documentos y literatura previa, benchmarking en proyectos similares, análisis de escenarios, taller de expertos, método Delphi, desglose de riesgos, entre otras técnicas. En general, se recomienda, dependiendo de la complejidad, del tiempo para el desarrollo del proyecto y de su presupuesto, usar combinaciones de ellas.

En cualquier método usado, se sugiere tener presente, las prescripciones que se derivan de la aproximación SMART. La identificación de las causas debe permitir que éstos sean Específicos, Medibles, Atribuibles, Relevantes, y Temporalmente identificables. El siguiente cuadro muestra las preguntas que deben poder ser respondidas una vez que los riesgos han sido identificados.

CUADRO 5: APROXIMACIÓN SMART PARA ANÁLISIS DE RIESGOS

| Criterios   | Preguntas  |
|-------------|--|
| Específicos | ¿Cuál es la situación específica de preocupación?<br>¿Qué impactos puede producirse en los objetivos del proyecto?   |
| Medibles    | ¿Es posible contar con una estimación de la probabilidad que la causa del riesgo ocurra?<br>¿Es posible cuantificar los impactos de manera numérica?<br>¿Es posible tener medido los impactos de manera cualitativa? |
| Atribuibles | ¿Cuál es la causa del riesgo?<br>¿Qué genera o qué provoca su activación?  |
| Relevantes  | ¿Por qué es importante para los objetivos del proyecto?<br>¿Cuál es el impacto en los objetivos de un proyecto?  |
| Tiempo      | ¿En qué etapa ocurren las causas de los riesgos fundamentales?<br>¿Tiene una duración indefinida?<br>¿Cuántas veces ocurren en el ciclo del proyecto?  |

Fuente: IKONS ATN

#### 5.1.1.1.1 BRAINSTORMING “LLUVIA DE IDEA”

La lluvia de ideas es una técnica general que se puede emplear para identificar causas de un proyecto, la agrupación de la información disponible de cada causa, y la identificación de posibles opciones de gestión de riesgos. Para ello, se reúne a un grupo de profesionales con experiencia en proyectos con similares características bajo la dirección de un moderador, y en función de sus experiencias irán proponiendo las causas que a su entender podrían afectar el resultado del proyecto bajo estudio.

#### 5.1.1.1.2 CUESTIONARIOS ESTRUCTURADOS

Los cuestionarios estructurados<sup>14</sup> proporcionan un conjunto de categorías de riesgo que son pertinentes para el tipo de proyecto en consideración, o el tipo de riesgo que será considerado por la entidad pública. Los cuestionarios estructurados se emplean para ayudar a las personas a pensar e identificar sobre los riesgos. Algunas veces se utilizan diferentes tipos de cuestionarios estructurados que usadas en conjunto ayudan a mejorar aún más la posibilidad de identificar todos los riesgos más importantes que pudieran ocurrir.

Por ejemplo, en el análisis del riesgo de un proyecto de ALP, una lista rápida podría abordar varios aspectos del proyecto (legal, comercial, técnico, etc.) o tipos de tareas implicadas en el proyecto (diseño, construcción, operación, etc.).

#### 5.1.1.1.3 REVISIÓN DE DOCUMENTO Y LITERATURA PREVIA

Las publicaciones académicas que abordan la identificación de causas/riesgos de proyectos de inversión de similares características al proyecto que se desea evaluar, ayudarán a construir la matriz de identificación causas/riesgos.

#### 5.1.1.1.4 BENCHMARKING EN PROYECTOS SIMILARES

La experiencia internacional juega un rol importante al momento de construir la matriz de identificación de causas/riesgos, éstas proporcionan una serie de causas que según la experiencia reportada, afectaron el desempeño del proyecto. Sin embargo, debe tenerse cuidado que las causas reflejen aquellas que afectaran el desempeño del proyecto que se está analizando.

#### 5.1.1.1.5 ANÁLISIS DE ESCENARIOS

Es el análisis de una serie de escenarios que podrían presentarse de realizarse el proyecto. Por lo general, se consideran de 3 a 5 escenarios (el número de escenarios puede variar en función al tipo de infraestructura se está desarrollando), y en cada escenario se evalúa la probabilidad de ocurrencia.

#### 5.1.1.1.6 TALLERES DE EXPERTOS

Es la metodología más empleada<sup>15</sup> para identificar las causas que afectan el desempeño de un proyecto de inversión, porque se fundamenta en la experiencia de los participantes del taller y por medio de un proceso de licitación se construye la matriz de identificación de causas/riesgos. La experiencia ha mostrado que no siempre es posible obtener información de causas que afectan el resultado del proyecto, es por eso que es la metodología más empleada.

---

<sup>14</sup> Un plan del proyecto y una estructura desagregada del trabajo, con todas las principales tareas definidas, son cuestionarios estructurados naturales. Un cuestionario estructurado nunca debe de ser exhaustiva, sino que actúa como un foco de atención en la identificación de los riesgos. Independiente de la categoría a la cual pertenece el riesgo, lo que importa es la identificación del riesgo.

<sup>15</sup> Para un desarrollo más detallado sobre cómo llevar a cabo un taller de riesgo consultar: "Procedimiento para la Realización de Talleres de Asignación de Causas y Riesgos, IKONS ATN – 2012"

### 5.1.1.1.7 MÉTODO DELPHI

Es un método que se aplica mediante un cuestionario estructurado en un taller de expertos, el cual se vuelve a repetir por medio de un cuestionario basado en el inicialmente aplicado. Para posteriormente presentar como conclusiones las causas identificadas como aquellas que afecten el resultado del proyecto.

### 5.1.1.1.8 DESGLOSE DE RIESGOS

El Desglose de Riesgos (en inglés, *Risk Breakdown Structure*), es una representación jerárquica de los eventos inciertos que podrían afectar el resultado de proyecto, los cuales son identificados y ordenados por categorías de riesgo y subcategorías, reconociendo las distintas áreas y causas de probables riesgos.

## 5.1.2 ETAPA DE JERARQUIZACIÓN

En esta etapa se establece cuáles son las causas/riesgos más relevantes en función de la combinación de la probabilidad de ocurrencia y el impacto, para ello se realiza un taller de expertos donde se busca contestar las siguientes dos preguntas: **¿Qué tan probable es que la causa se manifieste durante el ciclo de vida del proyecto?** **¿En caso que está ocurra, cuál es el impacto que tendrá sobre el proyecto?** De tal manera que sean valoradas aquellas causas que tengan una mayor incidencia esperado sobre el proyecto.

Para capturar de las percepciones cualitativas (experiencia) de cada uno de los expertos se emplea las siguientes definiciones:

CUADRO 6: DEFINICIÓN DE LA PROBABILIDAD DE OCURRENCIA

| Probabilidad de ocurrencia | Probabilidad | Descripción   |
|----------------------------|--------------|---|
| Muy Alto                   | 100% - 91%   | Es muy probable que la causa ocurra durante el ciclo de vida del proyecto.      |
| Alto                       | 90% - 61%    | Probablemente la causa ocurra durante el ciclo de vida del proyecto.            |
| Moderado                   | 60% - 41%    | Puede o no ocurrir la causa durante el ciclo de vida del proyecto.              |
| Bajo                       | 40% - 11%    | Es improbable que la causa ocurra durante el ciclo de vida del proyecto.        |
| Muy Bajo                   | 10% - 0%     | Es muy poco probable que la causa ocurra durante el ciclo de vida del proyecto. |

CUADRO 7: DEFINICIÓN Y CRITERIOS DEL IMPACTO

| Riesgo de impacto | Impacto              | Criterio  |
|-------------------|----------------------|---|
| Crítico (C)       | Mayor o igual al 20% | Cualquier impacto que podría llevar a la cancelación del proyecto.  |
| Severo (S)        | Menor al 20%         | Cualquier impacto que coloque en peligro el objetivo del proyecto o que puedan llevar a un impacto significativo en el largo plazo.                           |
| Moderado (Mo)     | Menor al 10%         | Cualquier impacto que causaría un cambio en la planificación de manera significativa o que podría conducir a un efecto notable e inoportuno para el proyecto. |
| Mínimo (Mi)       | Menor al 5%          | Cualquier impacto que puede ser tratado al interior del equipo de proyecto y que no tendría ningún efecto en el largo plazo.                                  |
| Despreciable (D)  | Menor al 1%          | Cualquier impacto que afecta de manera insignificante sobre el ciclo de vida del proyecto y sus principales variables de costo y plazo                        |

El resultado de la aplicación de las definiciones de los cuadros anteriores es el mapa de causas/riesgos, que tiene tres categorías: Alto (A), Medio (M) y Bajo (B), tal como se muestra en el siguiente cuadro:

CUADRO 8: DEFINICIÓN DE LA CLASIFICACIÓN DE LAS CAUSAS

| Probabilidad de ocurrencia | Riesgo de impacto |        |          |        |         |
|----------------------------|-------------------|--------|----------|--------|---------|
|                            | Despreciable      | Mínimo | Moderado | Severo | Crítico |
| Muy Alto                   | M                 | A      | A        | A      | A       |
| Alto                       | M                 | M      | M        | A      | A       |
| Moderado                   | B                 | M      | M        | M      | A       |
| Bajo                       | B                 | B      | M        | M      | A       |
| Muy Bajo                   | B                 | B      | B        | M      | M       |

Las causas que se encuentran clasificadas en la zona “Alto” son aquellas causas que presentan una alta probabilidad de ocurrencia e impacto. Las causas que se encuentren clasificadas dentro de la zona “Medio”, son aquellas causas que tienen un mínimo impacto y una alta probabilidad de ocurrencia o aquellas causas que tienen una probabilidad de ocurrencia baja e impacto severo. Por último, las causas que se encuentran clasificadas dentro de la zona “Bajo”, son aquellas causas donde la probabilidad de ocurrencia e impacto son mínimos, respectivamente.

La elección de las causas que son más relevantes para la etapa de evaluación, sigue el principio Paretiano:

**“El 80% (muchos triviales) de los sobrecostos en un proyecto de inversión, puede ser explicado por el 20% (pocos vitales) de las causas que la generan”**

De esta manera se obtiene una jerarquización (clasificación) de todas las causas que fueron identificadas, en función de su probabilidad e impacto. Sólo las causas que resulten ser las más relevantes (pocos vitales) serán las que serán evaluadas, que junto con el resto de las causas (muchos triviales) formaran la matriz de riesgo.

### 5.1.3 ETAPA DE VALORACIÓN

#### 5.1.3.1 DEFINICIÓN DE RIESGO

Riesgo es un evento incierto que, si ocurre, tiene un efecto negativo en al menos uno de los objetivos de un proyecto, tales como plazo, tiempo, costo, ámbito y/o calidad, incluyendo la duración que este evento tiene. El riesgo se define como:

$$Riesgo = \frac{Probabilidad}{de Ocurrencia} \times Impacto$$

- **La Probabilidad**, se centra en la ocurrencia de la causa durante todo el ciclo de vida del proyecto, por consiguiente, será una variable exógena al momento de cuantificar el costo del riesgo.
- **El Impacto**, representa el impacto que genera la causa (en caso que ocurra) sobre el proyecto. El Impacto es una **variable aleatoria con una distribución de probabilidad asociada**, de modo tal que describe el comportamiento de la causa y su cuantificación **depende de la posición que se tome frente al riesgo**.

### 5.1.3.2 CLASIFICACIÓN DE RIESGOS DE UN PROYECTO

Desde el punto de vista general, los riesgos de un proyecto de inversión se pueden clasificar de la siguiente manera:

- En primer lugar, los riesgos pueden ser clasificados como endógenos o exógenos a la institución.
  - **Los riesgos exógenos**, en general, son comunes para varios sectores económicos, y generalmente pueden ser diversificados en un contexto de cartera, o pueden ser traspasados a otro agente pagando una prima. Los contratos a futuros o de derivados financieros o directamente seguros ofrecidos por las compañías aseguradoras son ejemplos de lo anterior. Para estos riesgos existe un mercado definido y el sector público y/o privado pueden acudir a él.
  - **Los riesgos endógenos**, dependen de las acciones tomadas al interior de la organización, y en este sentido, una gestión adecuada de los riesgos tiene impactos directos en su mitigación y control. En un contrato APP los riesgos endógenos dependen de las acciones tomadas por las partes, y dichas acciones están determinadas por los incentivos que están implícitos en el contrato firmado.
- Una segunda clasificación se relaciona con las distintas etapas de desarrollo del proyecto. El ciclo de los proyectos de inversión pública puede dividirse en las etapas de perfil, diseño, licitación, construcción, y ejecución. En cada una de estas etapas la tipología de riesgos es distinta. En efecto, el impacto o consecuencia de un evento es distinto dependiendo de la etapa que se encuentre. Por ejemplo, el impacto de un desastre natural en un proyecto de inversión, es muy distinto si dicho evento ocurre en la etapa de diseño o licitación del proyecto, que si ocurre en la etapa de construcción. En el primer caso, está la alternativa de suspender su ejecución. En el segundo caso, será necesario reconstruir el sector dañado impactado por el desastre natural, si fuera esa la situación.
- Para el caso de un proyecto desarrollado por el sector público a través de una Asociación Público Privada, una clasificación relevante es la separación entre riesgos retenidos por el sector público y riesgos transferidos al sector privado.
  - Un **riesgo retenido** por el sector público es aquel que permanece bajo la administración de la entidad de gobierno, y por lo tanto en caso de activarse, tiene un impacto directo en el presupuesto de la entidad.
  - Un **riesgo transferido** al sector privado permanece bajo la administración y en la "contabilidad" de la empresa que firma el Contrato APP. Nuevamente, si el riesgo es activado, tiene un impacto directo en el presupuesto del proyecto y es de responsabilidad del adjudicatario del proyecto mitigarlo y administrarlo.

### 5.1.3.3 DEFINICIÓN DE COSTO DEL RIESGO

El costo del riesgo, es la ponderación del riesgo por un ítem del costo base, de modo que viene expresado de la siguiente manera:

$$\text{Costo del Riesgo} = \frac{\text{Ítem de Costo Base}}{\text{Costo Base}} \times \frac{\text{Probabilidad de Ocurrencia}}{\text{de Ocurrencia}} \times \text{Impacto}$$



- **Ítem de Costo Base**, se expresa en unidades monetarias y es una de las partidas que conforma el Costo Base<sup>16</sup>, que además está asociado a una de las causas que resulto relevante en la etapa de jerarquización.
- **Probabilidad de Ocurrencia**, si la ocurrencia de la causa es inminente<sup>17</sup> entonces el valor de la componente será igual a 1, caso contrario será un valor entre 0 (inclusive) y 1.
- **Impacto**, es una **variable aleatoria con una distribución de probabilidad asociada**, de modo tal que describe el comportamiento de la causa y su cuantificación **depende de la posición que se tome frente al riesgo**, la se representa por medio de percentiles.

#### 5.1.4 ETAPA DE ASIGNACIÓN

La asignación<sup>18</sup> de las causas, es el proceso mediante el cual, el sector público decide la proporción de la responsabilidad de la administración de las causas que será retenido por él y la que será transferida a la organización privada.

- Cuando una causa es asignada al sector público entonces se le denomina **retenido**, y como tal es de responsabilidad de la dependencia o entidad contratante.
- Cuando una causa es asignada al sector privado, entonces se le denomina **transferido**, y es de responsabilidad del inversionista desarrollador.
- Cuando una causa es asignada parcialmente entre el sector público y el sector privado, entonces se dice que es **compartido**.

La principal regla de los proyectos APP es que las causas deben ser asignadas al agente<sup>19</sup> que se encuentre mejor preparado para evaluarlos, administrarlos, controlarlos y mitigarlos. Esto es debido a que la parte que tiene la más adecuada capacidad de administrar una causa particular tiene la mejor oportunidad para reducir la probabilidad que la causa ocurra y controlar las consecuencias si la causa se materializa, y entonces debería asumirlo. En consecuencia, la capacidad de gestionar las causas se transforma en un elemento clave para la asignación de las causas en un esquema APP.

Sin embargo, la tarea de asignar eficientemente las causas en esquemas APP aún no cuenta con una metodología cuantitativa específica ampliamente aceptada que pueda ser aplicada de manera directa. Incluso en algunas experiencias existe la tendencia a asumir que un esquema APP se comporta como una privatización de infraestructura, y por lo tanto todas las causas deben ser tomadas por el sector privado.

Debe entenderse que el objetivo de una asignación óptima es minimizar el costo total del riesgo del proyecto, lo cual no implica minimizar los costos de manera separada, y por lo tanto es posible que desde el punto de vista de la eficiencia, una parte se encuentre enfrentada a mayor riesgo que otra.

En algunos países se emplean cuestionarios estructurados con la finalidad de captar la disposición a aceptar una causa. También el estudio de casos de proyectos particulares es otra técnica para explorar una adecuada localización de las causas. Si un proyecto en estudio tiene una característica específica que puede ser homologada a otro proyecto, entonces la mejor práctica en asignación de las causas puede ser trasladada al proyecto bajo análisis. Recientemente de manera teórica se han desarrollado metodologías específicas

<sup>16</sup> Esta información se extrae del Modelo Financiero-Económico del Proyecto de Inversión que se está analizando.

<sup>17</sup> En base a información histórica o taller de riesgo.

<sup>18</sup> La palabra asignación, distribución o compartición se utilizan de manera indistinta.

<sup>19</sup> Sector público o sector privado

tomando como referencia, por ejemplo, la teoría de juegos, asumiendo que la asignación de las causas puede negociarse o la teoría de los costos de transacción identificando el grado de especificidad del activo sujeto de análisis.

La asignación de las causas queda materializada principalmente en las responsabilidades para el respectivo sector de cumplir con las especificaciones técnicas de los servicios que se definan, en los mecanismos de pago, y en las cláusulas contractuales específicas. En el caso de la regulación en México, la única forma de verificar la asignación es a través de un proceso de licitación, y no en una negociación.

#### 5.1.4.1 DIEZ REGLAS PARA LA ASIGNACIÓN DE RIESGOS

Tomando en consideración lo anterior, las reglas que comúnmente aparecen en la literatura especializada expresada en términos de preguntas orientadas a la asignación de riesgos son las siguientes:

**CUADRO 9: REGLAS PARA LA ASIGNACIÓN DE LAS CAUSAS**

|   |
|---|
| 1. ¿Qué parte tiene el mayor control para evitar o minimizar la ocurrencia y la magnitud de la causa de riesgo?   |
| 2. ¿Tiene alguna parte el conocimiento especializado relevante y la capacidad para gestionar y administrar el riesgo de tal forma de minimizar el sobre costo, el sobreplazo y la severidad si éste ocurre? |
| 3. ¿Quién puede absorber mejor el riesgo o lo puede compartir con terceras partes tales como seguros comerciales y/o subcontratistas? ¿Si el riesgo ocurre, puede realmente sostener sus consecuencias?     |
| 4. ¿Qué parte recibirá el mayor beneficio (financiero, credibilidad, reputación) al realizar un adecuado manejo del riesgo?   |
| 5. ¿Cuál es el marco legal y las limitaciones jurídicas para una transferencia de riesgo de los proyectos?  |
| 6. ¿Cuál es el apetito del sector privado por tomar el riesgo? ¿Cuál es el costo por hacerlo, y si es aceptable para el sector público?   |
| 7. ¿Cuáles son los costos de transacción para asignar las causas de riesgo, son los activos específicos, son las transacciones frecuentes?  |
| 8. ¿Cuál es la costumbre y la mejor práctica que se ha observado en un contrato de características similares respecto a la localización del riesgo?   |
| 9. ¿Tiene efectos en la bancabilidad del contrato la asignación en estudio de un riesgo en particular?  |
| 10. ¿Qué parte tiene los mayores incentivos para administrar el riesgo en el tiempo?  |

Fuente: Hinojosa (2010)

Se puede observar que las preguntas anteriores se orientan a la capacidad de control de las causas y los efectos que se producen de una administración adecuada de los mismos. Si las reglas anteriores no se siguen:

- Se compromete de manera importante el éxito y la eficiencia del proyecto, debido a que habrá un mayor premio por riesgo.
- Se incrementará la probabilidad que las causas ocurran y las consecuencias que se deriven.
- En el transcurso del contrato puede aparecer confusión de responsabilidades en el monitoreo y la forma en que se responden a las causas, conflictos entre las partes, y principalmente disputas para evitar responsabilidad cuando las causas emerjan.
- Puede dar la sensación que las causas están siendo bien transferidos al sector privado, sin embargo, esto se expresa en la aparición de otros causas que se revierten en contra del sector público. Todo lo anterior, se puede traducir en renegociación de los contratos, o incluso en terminación anticipada, lo que impacta finalmente en la continuidad del servicio público.

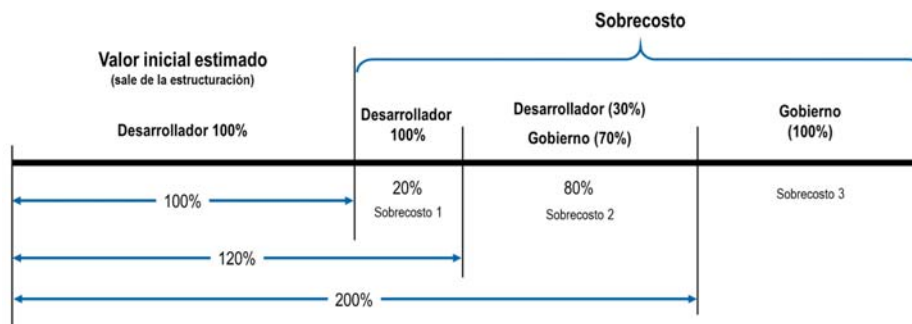
Las políticas de asignación que se aplicarán al proyecto de inversión en estudio será definida por la entidad o dependencia gubernamental, a continuación, se muestran ejemplos de políticas de asignación de causas:

CUADRO 10: POLÍTICA DE ASIGNACIÓN CUALITATIVA

| Causas   | Sector Público | Compartido | Sector Privado |
|--|----------------|------------|----------------|
| Error de diseño en etapa de ingeniería conceptual                                  | ✓              |            |                |
| Estudio de impacto ambiental y territorial   | ✓              |            |                |
| Atraso forzoso en puesta en servicio por condición técnicas/económicas del sistema |                |            | ✓              |
| Atrasos del contratista que incurran en multa para el mandante                     |                |            | ✓              |
| Riesgo social. comunidades afectadas, sindicatos y grupos de oponentes al proyecto | ✓              |            |                |
| Falta de comunicación entre el equipo del proyecto y gestión de la estación        |                |            | ✓              |
| Minas de carbón con inadecuada capacidad logística para proveer a la planta        |                |            | ✓              |
| Cambios en la legislación del sector energía                                       | ✓              |            |                |
| Fluctuación en los precios de los repuestos de luminarias                          |                | ✓          |                |
| Obtención de servidumbres y derechos de paso                                       | ✓              |            |                |
| Mal mantenimiento programado como consecuencia de blackout                         |                |            | ✓              |
| Desastres naturales  | ✓              |            |                |

La entidad o dependencia gubernamental asigna en su totalidad según corresponda al sector público, como al privado, y la compartición se realiza en partes iguales.

FIGURA 9: POLÍTICA DE ASIGNACIÓN ANALÍTICA



Sin embargo, también existen políticas de asignación de riesgos que obedecen a formulaciones analíticas, la figura anterior hace referencia que hasta un 20% de sobrecosto es responsabilidad directa del desarrollador, cuando el sobrecosto supera el 20% y con un máximo del 100%, se comparten las responsabilidades, donde el 30% es asumido por el desarrollador y el 70% restante es asumido por el Gobierno. Si el sobrecosto supera el 100%, entonces es el Gobierno responsable de asumir el riesgo en su totalidad.

## 5.1.5 ETAPA DE LA REDACCIÓN CONTRACTUAL

La redacción contractual emplea como insumo todas las etapas anteriores del Análisis de Riesgo. Las etapas anteriores permiten construir una matriz de riesgo, que deberá de tener al menos las siguientes características según se muestra en la siguiente figura:

FIGURA 10: ESTRUCTURA DE LA MATRIZ DE RIESGO

| Área | Tipo de Causa | Asignación | Probabilidad de ocurrencia |        |          |         |          | Impacto      |        |          |        |         | Observación | Cláusula contractual en donde se regula el riesgo |
|------|---------------|------------|----------------------------|--------|----------|---------|----------|--------------|--------|----------|--------|---------|-------------|---|
|      |               |            | Muy Bajo                   | Bajo   | Moderado | Alto    | Muy Alto | Despreciable | Minimo | Moderado | Severo | Critico |             |   |
|      |               |            | 0% - 5%                    | 6%-20% | 21%-50%  | 51%-80% | 81%-100% | >5%          | >10%   | >40%     | >60%   | ≤60%    |             |   |
|      |               |            |                            |        |          |         |          |              |        |          |        |         |             |   |

Donde:

- **Área**, agrupa las causas que describen o pertenecen a una de las áreas de riesgo, por ejemplo, Predial, Redes, Ambiental, Geológico, etc.
- **Tipo de Causa**, aquí van las causas que han sido identificadas como las que podrían alterar el resultado del proyecto.
- **Asignación**, aquí se coloca la asignación que tiene la causa, que puede ser: Público, Privado o Compartido.
- **Probabilidad de Ocurrencia**, calificación en función de la información o experiencia con respecto a la probabilidad que la causa pueda ocurrir durante el ciclo de vida del proyecto.
- **Impacto**, en caso que la causa se active, como impactaría en el desempeño del proyecto.
- **Observación**, aquí se describe detalladamente cada una de las puntuaciones de la probabilidad de ocurrencia e impacto.
- **Cláusula contractual**, aquí se anotan el capítulo y las respectivas cláusulas del contrato del proyecto que describen y abordan las respectivas causas identificadas.

Al interior del Contrato APP es donde subyace de manera explícita la asignación de cada una de las causas identificadas, y que de común acuerdo han sido aceptados por las partes, ya sea por medio de una negociación y/o través de una licitación donde el contrato se firma por adhesión.

## 6 MECANISMO PARA RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN EN PROYECTOS DE ALP A TRAVÉS DE LOS AHORROS

Al realizar un proyecto de alumbrado público siempre se busca que la inversión realizada pueda recuperarse en el mediano o largo plazo con los ahorros que puedan obtenerse como resultado del mejoramiento de las condiciones con el proyecto. Es claro que la sustitución de los sistemas de alumbrado actuales por otros más eficientes implica un menor consumo de energía y menores costos de operación y mantenimiento de los sistemas. Este hecho nos lleva a la conclusión que para estos proyectos es lógico pensar que la inversión realizada para el mejoramiento del sistema puede ser recuperada con los ahorros obtenidos durante el tiempo de operación del proyecto.

Con el fin de calcular los ahorros logrados con la sustitución de los sistemas actuales de alumbrado público por otros más eficientes, es necesario realizar un análisis de los costos en que se incurre al mejorar el sistema y los beneficios que se obtienen. Los costos están compuestos por el valor de los equipos y su instalación (inversión), más los costos de operación y mantenimiento del sistema; mientras que los beneficios están reflejados en los ahorros de la energía consumida, más los ahorros que se lograrán en la operación y mantenimiento del ALP, comparando el nuevo sistema con el sistema a reemplazar. Para ello se efectúa un estudio técnico económico incluyendo las diversas tecnologías alternativas que existen para la sustitución de los sistemas actuales de ALP, con el fin de evaluar la conveniencia de reemplazar las lámparas existentes en los sistemas por otras más eficientes energéticamente, como se describe a continuación.

### 6.1 EVALUACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA DE SISTEMAS DE ALP

Con el fin de incentivar el uso de tecnologías eficientes en la iluminación de ALP y tener una herramienta que permita incluir la eficiencia y el costo operativo de los equipos en la evaluación de alternativas de sustitución de equipos de ALP por otros más eficientes, se presenta a continuación el "Modelo de Evaluación Económica de Tecnologías de AP- EVAP" que usa la metodología de costo anual equivalente para comparar el costo de las alternativas u opciones de sustitución de lámparas de ALP, incluyendo el precio del equipo asociado a su vida útil (considerando la reposición), y los costos de operación y mantenimiento durante la vida útil del mismo.

El concepto de costo anual (CAN) utilizado considera la inversión inicial o precio que se paga por el equipo (incluido el valor de la luminaria, lámpara y balasto) y los costos de operación durante su vida útil, compuestos por la energía consumida por el equipo, más los gastos de mantenimiento y/o reparación, y la reposición del equipo al final de su vida útil (m). Dado que el equipo a sustituir generalmente ha estado funcionando varios años, se asume que ha llegado al final de su vida útil, por lo que este parámetro no es relevante dentro de la formulación del modelo de evaluación económica presentado.

Es importante aclarar que el modelo es una herramienta para hacer el análisis económico de diferentes alternativas y seleccionar la mejor opción (mayores ahorros netos), partiendo de la base que el usuario debe definir previamente las características y tecnologías a comparar dependiendo de las exigencias establecidas en las normas de alumbrado público vigentes en el país (normas NOM en el caso de México), las cuales son de aplicación obligatoria según lo establecido en la legislación vigente. Estas normas definen los niveles de iluminación que dependen del tipo de vía a iluminar (avenida principal, calle principal, calle secundaria, etc.), y las eficiencias mínimas (por tipo de lámpara) a cumplir, y por lo tanto implícitamente establecen las tecnologías que se recomienda analizar y comparar.

## 6.2 FORMULACIÓN MATEMÁTICA DEL MODELO DE EVALUACIÓN ECONÓMICA "EVAP"

El modelo matemático desarrollado calcula la inversión anualizada (CAN) durante la vida útil de equipo y los gastos anuales asociados, y la vida útil del equipo (m).

$$CAN = \sum_{k=1}^m (CI_k + CO_k)$$

Donde:

$CI_k$  : Costo anualizado de la inversión durante la vida útil del equipo

$CO_k$  : Costo anual de operación (costo de energía y O&M)

$m$  : Tasa de descuento

$m$  : Vida útil del equipo

El modelo matemático (ver Anexo II) maximiza los ahorros obtenidos (AHN) al comparar el equipo existente con el nuevo, por lo tanto, se selecciona la alternativa con mayores ahorros netos. Para el análisis de alternativas de sustitución de equipos (nuevo por existente), el modelo calcula los siguientes ahorros:

1. Ahorros de energía obtenidos con la utilización de la tecnología más eficiente del equipo nuevo comparado con el actual, que son anualizados monetariamente; y
2. Los ahorros anuales por costos de operación y mantenimiento.

Los ahorros totales son la suma de los ahorros anualizados de energía, más los ahorros anuales por costos de operación y mantenimiento. La alternativa más económica (AHN) es aquella cuyos ahorros anuales totales, menos la inversión anualizada, **son máximos**, o lo que es lo mismo aquella alternativa con mayor valor presente neto (VPN= ahorros menos costos).

$$AHN = DCO - DCI$$

Donde:

$DCO$  : Diferencia entre los costos anuales de operación del equipo nuevo y el equipo a sustituir (costos de energía mas O&M)

$DCI$  : Costo de inversión anualizado del equipo nuevo (incluye lámpara, balasto y luminaria) menos valor de rescate (en caso de existir) del equipo a sustituir

## 6.3 RESULTADOS DEL MODELO DE EVALUACIÓN ECONÓMICA “EVAP”

En el siguiente cuadro se presenta un ejemplo con los resultados de un caso de análisis simplificado para la sustitución de lámparas de vapor de Mercurio de 175 w (con luminosidad de 2975 lm y eficacia de 49 lm/w) utilizando datos estimados de precios, con el fin de establecer la mejor alternativa, es decir aquella que presenta el mayor ahorro neto (según ecuación 2).

Se analizan cinco alternativas con las siguientes tecnologías:

1. Vapor de Sodio de alta presión (VSAP) lámpara de 75w;
2. LED;
3. Aditivos metálicos (ADM),
4. Inducción magnética (INM); y
5. VSAP con lámpara de 100w.

Como resultado de la comparación de alternativas puede observarse (en el segundo cuadro) que la alternativa que utiliza la tecnología de VSAP con lámpara de 100w (alternativa 5) es la que presenta el mayor ahorro neto (\$2501), al igual que el mayor valor presente neto (\$17130), lo que significa que la mejor opción de sustitución de las lámparas de 175W de Mercurio es la tecnología de vapor de sodio de alta presión (VSAP) con lámpara de 100w.

CUADRO 11: EJEMPLO DE ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE SUSTITUCIÓN DE LÁMPARAS DE AP

| Alternativa # | Potencia Lámpara (W) | Potencia Conjunto (W*) | Flujo Luminoso (lm) | Eficacia (lm/w) | Valor de rescate (\$/lamp) | Mantenimiento Anual (\$/lámpara) | Tecnología actual (TEC) |
|---------------|----------------------|------------------------|---------------------|-----------------|----------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| 1             | 175                  | 219                    | 2975                | 49              | 0                          | 130                              | VMER                    |
| 2             | 175                  | 219                    | 2975                | 49              | 0                          | 130                              | VMER                    |
| 3             | 175                  | 219                    | 2975                | 49              | 0                          | 130                              | VMER                    |
| 4             | 175                  | 219                    | 2975                | 49              | 0                          | 130                              | VMER                    |
| 5             | 175                  | 219                    | 2975                | 49              | 0                          | 130                              | VMER                    |

| Potencia Lámpara (W) | Potencia Conjunto (W) | Flujo Luminoso (lm) | Eficacia Lámpara (lm/w) | Vida Útil Lámpara (hr) | Mantenimiento Anual (\$/lámpara) | Costo Luminaria (\$) | Costo Balasto (\$) | Precio Lámpara (\$) | Tecnología propuesta (TECN) |
|----------------------|-----------------------|---------------------|-------------------------|------------------------|----------------------------------|----------------------|--------------------|---------------------|-----------------------------|
| 75                   | 87.5                  | 6600                | 85                      | 24000                  | 26                               | 1248                 | 250                | 247                 | VSAP                        |
| 60                   | 66                    | 5400                | 90                      | 50000                  | 26                               | 6370                 | 0                  | 1300                | LED                         |
| 100                  | 125                   | 8500                | 85                      | 12500                  | 26                               | 1365                 | 250                | 260                 | ADM                         |
| 60                   | 66                    | 5400                | 90                      | 100000                 | 26                               | 3770                 | 0                  | 1300                | INM                         |
| 100                  | 125                   | 8500                | 85                      | 24000                  | 26                               | 1261                 | 250                | 234                 | VSAP                        |

| Alternativa # | Potencia Lámpara (W) | Tecnología actual (TEC) | Potencia Lámpara (W) | Tecnología propuesta (TECN) | Ahorro Anual Neto (MXN \$) | Relación B/C | Payback (años) | Inversión Anual (MXN \$) | Ahorros Anuales (MXN \$) | Ahorros Energía (kWh Anual) | Ahorros OyM/Año (MXN \$) | VPN Neto (MXN \$) |
|---------------|----------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------|----------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|-------------------|
| 1             | 175                  | VMER                    | 75                   | VSAP                        | 2490.4                     | 9.34         | 0.63           | 271.6                    | 2762.0                   | 759.4                       | 104                      | 16798             |
| 2             | 175                  | VMER                    | 60                   | IED                         | 1738.0                     | 2.43         | 2.79           | 1008.9                   | 2747.0                   | 755.1                       | 104                      | 10999             |
| 3             | 175                  | VMER                    | 100                  | ADM                         | 2409.1                     | 10.07        | 0.68           | 362.2                    | 2771.3                   | 762.1                       | 104                      | 17000             |

| Alternativa # | Potencia Lámpara (W) | Tecnología actual (TEC) | Potencia Lámpara (W) | Tecnología propuesta (TECN) | Ahorro Anual Neto (MXN \$) | Relación B/C | Payback (años) | Inversión Anual (MXN \$) | Ahorros Anuales (MXN \$) | Ahorros Energía (kWh Anual) | Ahorros OyM/Año (MXN \$) | VPN Neto (MXN \$) |
|---------------|----------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------|----------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|-------------------|
| 4             | 175                  | VMER                    | 60                   | NM                          | 2103.3                     | 3.69         | 1.85           | 643.7                    | 2747.0                   | 755.1                       | 104                      | 13639             |
| 5             | 175                  | VMER                    | 100                  | VSAP                        | 2501.0                     | 10.82        | 0.63           | 270.3                    | 2771.3                   | 762.1                       | 104                      | 17130             |

Observación: Si el VPN neto es negativo, no se justifica la sustitución

Ref.: Cálculos propios con 3600 hr/año de uso, tarifa de 3.5 MXN\$/kWh, tasa de descuento 12% y periodo de análisis 15 años

Luego del análisis económico con el que se obtiene la alternativa de mínimo costo (mayor ahorro neto), es necesario realizar la evaluación socio-económica detallada del proyecto y el cálculo del valor por dinero, tal como se explica a continuación, utilizando el método de evaluación indicado.



## 7 PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS DE COSTO-BENEFICIO Y VALOR POR DINERO DE PROYECTOS DE ALP

Antes de entrar en el tema de costo-beneficio y valor por dinero es importante analizar el contexto por el cual se requiere que un proyecto realizado mediante la modalidad de APP genere valor por dinero. Para ello es necesario comparar la modalidad de adquisición de infraestructura tradicional con la modalidad de adquisición utilizando el esquema de Asociación Público Privada (APP). Los gobiernos usan las APPs para encontrar valor por dinero (VPD) y medir la diferencia entre realizar un proyecto bajo el esquema de adquisición TIP o realizarlo con el esquema APP; sin embargo, la elección del esquema del proyecto está sesgada en muchos casos por factores ajenos a la evaluación de VPD, entre ellos la complejidad del análisis ex-ante y ex-post del VPD, normas contables estándar, preferencias políticas, presiones de los sindicatos, etc<sup>20</sup>.

El valor por dinero (VPD) se puede definir como “lo que el gobierno considera que es una buena combinación de cantidad, calidad, características y precio (costo), esperado (no siempre calculado) durante la vida útil del proyecto”<sup>21</sup>. El concepto de VPD trata de capturar el interés de los ciudadanos y contribuyentes y los que reciben el servicio para que se realice el proyecto; si el proyecto se hace con APP o con el sistema tradicional TIP (también denominado PPR), debe dar siempre un valor por dinero positivo. APP y PPR son dos formas diferentes de dar valor por dinero y los gobiernos deben preferir la forma que genere mayor VPD, aunque las reglas vigentes generalmente no ayudan a conseguir el máximo VPD al crear incentivos que prefieren los PPR antes que las APP, así que la decisión final se debe tomar teniendo en cuenta el VPD, la eficiencia y la eficacia.

### 7.1 ANÁLISIS DE RENTABILIDAD SOCIAL DE PROYECTOS DE ALP

La rentabilidad social es el mecanismo a que se somete un proyecto para determinar si éste es factible de ejecutar desde el punto de vista del país ya que tiene que generar un beneficio social positivo; para ello se utiliza el análisis costo-beneficio (ACB) o de rentabilidad. Cuando se trata de prestación de servicios que impliquen o requieran la construcción, adquisición y/o ampliación de activos fijos para la producción de bienes y prestación de servicios en los sectores de agua, electricidad, etc., incluyendo los de rehabilitación y mantenimiento cuyo objetivo sea incrementar la vida útil o capacidad original de los activos fijos destinados a la producción de bienes y prestación de servicios de los sectores mencionados, es necesario realizar el análisis de rentabilidad social para demostrar que el proyecto es deseable para el país.

El Análisis Costo Beneficio (ACB) es un enfoque sistemático para estimar las fortalezas y debilidades de las alternativas para satisfacer las transacciones, actividades o requisitos funcionales de un proyecto<sup>22</sup>; es una técnica que se usa para determinar las opciones que proporcionan el mejor enfoque para la adopción en términos de beneficios en mano de obra, tiempo y ahorro en costos. Se utiliza para calcular y comparar los beneficios y costos de un proyecto para saber si es una buena decisión de inversión (justificación y viabilidad) ya que es la base para la comparación de proyectos, pues analiza el costo total de cada opción y los beneficios totales esperados para ver si los beneficios superan los costos.

<sup>20</sup> How to Attain Value for Money: Comparison PPP and Traditional Infrastructure Public Procurement, Philip Burger and Ian Hawkesworth, 2010, [www.oecd.org/governance/budgeting/49070709.pdf](http://www.oecd.org/governance/budgeting/49070709.pdf)

<sup>21</sup> Ídem ref. 28

<sup>22</sup> How to Attain Value for Money: Comparison PPP and Traditional Infrastructure Public Procurement, Philip Burger and Ian Hawkesworth, 2010, [www.oecd.org/governance/budgeting/49070709.pdf](http://www.oecd.org/governance/budgeting/49070709.pdf)

En el ACB los costos y beneficios se expresan de manera monetaria y se ajustan según el valor temporal del dinero, para tener el flujo de beneficios y costos durante la vida útil del proyecto y luego trasladarlos a valor presente ( $VPN = \text{beneficios} - \text{costos}$ ) utilizando una tasa de descuento; la alternativa con una mayor proporción de beneficio-costo (mayor VPN) es de mejor rentabilidad para la entidad pública. El ACB mide las consecuencias positivas y negativas de un proyecto mostrando los efectos de los usuarios o participantes, los efectos de los no participantes, y las externalidades. Los beneficios netos del proyecto incorporan ahorros en costos y la disposición del sector público a pagar una compensación por el cambio en el bienestar derivado de la política; para evaluar los beneficios hay que listar todos los agentes afectados por una intervención y agregar un valor positivo o negativo, por lo general monetario, que se atribuye al cambio en su bienestar.

Los indicadores de rentabilidad normalmente utilizados en el análisis costo beneficio son: el valor presente neto (VPN), la tasa interna de retorno (TIR), y en algunos casos también se utiliza la tasa de rendimiento inmediata (TRI). Las fórmulas matemáticas para calcular los indicadores mencionados son:

$$VPN = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1 + r)^t}$$

Donde:

- $VPN$  : Valor Presente Neto
- $B_t$  : Beneficios totales en el año  $t$
- $C_t$  : Costos totales en el año  $t$
- $B_t - C_t$  : Flujo neto en el año  $t$
- $n$  : Número de años del horizonte de evaluación
- $r$  : Tasa social de descuento (normalmente 12%)
- $t$  : Año calendario, en donde el año 0 será el inicio de las erogaciones

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es aquella en la cual los costos totales son iguales a los beneficios totales; y la tasa de rendimiento inmediato (TRI) es la diferencia entre los beneficios y costos del primer año de operación, dividida por la inversión total. Las fórmulas utilizadas para el cálculo de la TIR y la TRI son:

$$VPN = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1 + TIR)^t} \quad TRI = \frac{B_{t+1} - C_{t+1}}{I_t}$$

Donde:

- $TIR$  : Tasa Interna de Retorno
- $TRI$  : Tasa de Rendimiento Inmediata
- $B_{t+1}$  : Beneficios totales en el año  $t + 1$
- $C_{t+1}$  : Costos totales en el año  $t + 1$
- $I_t$  : Monto total de la Inversión valuada en el año  $t$
- $t$  : Año anterior al primer año de operación
- $t + 1$  : Primer año de operación

Con el fin de facilitar el proceso de análisis costo-beneficio, se presenta a continuación un modelo de evaluación socio-económica de proyectos denominado "EVSEC", aplicado a proyectos de ALP, el cual fue desarrollado en base al modelo EVAP. Este modelo EVSEC utiliza el inventario de lámparas de un sistema

de ALP y la solución de mínimo costo (ahorros netos máximos) de la sustitución del sistema actual de alumbrado por el sistema más eficiente (obtenido usando el modelo EVAP), así que los dos modelos están directamente relacionados entre sí y comparten parte de los datos de entrada. El modelo EVSEC calcula la inversión inicial (separando los costos de las luminarias), los costos anualizados de inversión de lámparas y balastos (en caso de existir estos últimos), y los costos anuales de operación y mantenimiento (O&M). Los beneficios se obtienen como la diferencia entre el consumo (kWh) del sistema actual de alumbrado y el sistema sustituido, más los ahorros en operación y mantenimiento producto de la sustitución del sistema de ALP. Luego se obtiene el valor presente neto (VPN) de beneficios menos costos utilizando la tasa de descuento social y los otros indicadores de rentabilidad mencionados arriba.

En este modelo los beneficios sociales considerados están compuestos por los ahorros de energía provenientes de la sustitución de las lámparas existentes por lámparas más eficientes (menor consumo) y los ahorros en costos de operación y mantenimiento y no considera otros ahorros como disminución de la emisión de gases de efecto invernadero, menor contaminación lumínica y otras externalidades. Igualmente se considera que el nivel de servicio es el mismo antes y después de la sustitución, así como la cobertura del servicio de ALP.

En el Cuadro siguiente se presenta un ejemplo del análisis socio-económico usando el modelo EVSEC; la información sobre la sustitución de lámparas fue obtenida de la página de CONUEE de un caso hipotético.

**CUADRO 12: RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOCIO ECONÓMICO**

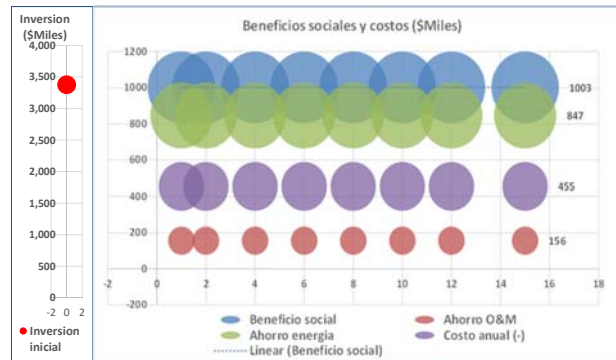
| Datos lámpara sistema actual |                      |                        |                                      |                  | Datos lámpara sistema propuesto |                       |                        |                                      |                      |                    |                     |                   |
|------------------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------|---------------------------------|-----------------------|------------------------|--------------------------------------|----------------------|--------------------|---------------------|-------------------|
| Puntos de Luz (#)            | Potencia Lámpara (W) | Potencia Conjunto (W*) | Mantenimiento Anual (MXN \$/lámpara) | Tecnología (TEC) | Potencia Lámpara (W)            | Potencia Conjunto (W) | Vida Útil Lámpara (hr) | Mantenimiento Anual (MXN \$/lámpara) | Costo Luminaria (\$) | Costo Balasto (\$) | Precio Lámpara (\$) | Tecnología (TECN) |
| 902                          | 100                  | 125                    | 160                                  | VSAP             | 60                              | 75                    | 30000                  | 26                                   | 2500                 | 500                | 1500                | ADMC              |
| 225                          | 150                  | 188                    | 160                                  | VSAP             | 90                              | 112.5                 | 30000                  | 26                                   | 2500                 | 500                | 1500                | ADMC              |
| 38                           | 250                  | 313                    | 160                                  | VSAP             | 140                             | 175                   | 30000                  | 26                                   | 3000                 | 500                | 1500                | ADMC              |

| Inversión Total del Proyecto (MXN \$) | Inversión Luminaria (MXN \$) | Inversión Anual lamp+bal (MXN \$/año) | Costo Anual O&M (MXN \$/año) | Energía (MXN \$/año) | Energía (kWh/año) | Ahorros Anuales O&M (MXN \$/año) | VP Beneficios (MXN \$) | VP Costos (MXN \$) | VPN Proyecto (B-C) MXN\$ | 129,508.5 |
|---------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|----------------------|-------------------|----------------------------------|------------------------|--------------------|--------------------------|-----------|
| 5,708,062.5                           | 2,931,500.0                  | 457,543.5                             | 30,290.0                     | 846,720.0            | 241,920.0         | 156,110.0                        | 6,830,139.2            | 6,700,630.7        | Relación B-C             | 1.02      |
| Año de análisis                       | 15                           | Tasa descuento                        | 12%                          |                      |                   |                                  |                        |                    | TIR                      | 12.70%    |
|                                       |                              |                                       |                              |                      |                   |                                  |                        |                    | TRI                      | 0.15      |

Fuente: Cálculos propios. Datos: costo energía 3.5 \$MXN/kWh, 3600 hr/año, periodo de análisis 15 años, tasa de descuento 12%.

En la figura siguiente se presenta, en el cuadro de la parte izquierda el valor (en \$miles) de la inversión inicial (punto en color rojo), y en el cuadro de la derecha los beneficios sociales (en color azul) compuestos por la suma de los ahorros de energía (en color verde) y ahorros en costos de O&M (en color rosado); así mismo se incluyen los costos correspondientes a la inversión anualizada (en color morado) de la lámpara y balasto (en caso de existir). Para el ejemplo específico el VPN del proyecto es de \$129,508 y una relación beneficio/costo de 1.02 utilizando la tasa de descuento del 12% anual.

FIGURA 11: INVERSIÓN INICIAL, BENEFICIOS SOCIALES Y COSTOS



Fuente: Elaboración propia

## 7.2 ANÁLISIS DEL VALOR POR DINERO

### 7.2.1 PRINCIPALES CONCEPTOS

Grimsey y Lewis (2005) definen el Valor por Dinero (VpD) como “el mejor precio para una cantidad dada y estándar de la producción, medida en términos de beneficio económico relativo”. Otra definición típica para el VpD que se encuentra en la literatura se relaciona con tres elementos: Economía, Eficiencia y Efectividad (Diamond, 2005: 162).

- **Economía**, es la minimización de los costos de los insumos.
- **Eficiencia**, es la minimización de insumos para un conjunto dado de resultados, o la maximización de los resultados para un conjunto dado de insumos.
- **Efectividad**, es el impacto de la política, es decir, si se alcanza o no los resultados entrega los resultados deseados

El enfoque del Valor por Dinero como instrumento de información se ha venido materializando en los últimos años en América Latina a través del Comparador Público Privado combinado con metodologías cualitativas en distintos países de habla hispana como Uruguay, Perú, Colombia, El Salvador, Guatemala y México, para determinar de manera objetiva y sistemática la conveniencia de distintas modalidades de ejecución.

El Comparador Público Privado es una metodología cuantitativa que permite a la autoridad pública, a través de una comparación<sup>23</sup> entre un Proyecto Público de Referencia y la alternativa APP teórica, de modo que, permita decidir si la participación de la iniciativa privada aporta más valor a la prestación del servicio en relación a la modalidad de un Proyecto Público de Referencia.

### 7.2.2 COMPONENTES DEL ANÁLISIS

El Comparador Público Privado tiene siete componentes, cuatro de las componentes están relacionados a los costos del Proyecto Público de Referencia y tres componentes relacionados a los costos de una Asociación Público Privada.

<sup>23</sup> Se asume que el valor obtenido corresponde a la forma más eficiente por parte del sector público de desarrollar el proyecto.

Las componentes del Proyecto Público de Referencia son: el Costo Base, los Ingresos de Terceras Fuentes, el Costo del Riesgo Retenible y el Costo del Riesgo Transferible. Cada uno de estos componentes debe poder valorizarse para determinar el costo total correspondiente al Proyecto Público de Referencia (PPR) que se usará como comparador benchmarking:

- El **Costo Base** es el costo para el sector público, asociado a las fases de diseño, construcción operación y mantenimiento, bajo los estándares de calidad especificados como exigibles en condiciones de gestión privada, calculados en valor presente.
- El **Ajuste por Ingresos Públicos del Proyecto** es una deducción aplicada, en valor presente, al costo base que incorpora el financiamiento público generado por cobro directo a los usuarios por la provisión del servicio materia del proyecto, pudiendo ser ya existente o potencialmente aplicable en caso que se implemente el proyecto.
- El **Riesgo Retenido** corresponde al valor asociado a las actividades del proyecto que no son transferidas al sector privado, ya sea por imposibilidad técnica, monetaria o por una decisión de diseño, y que son consecuentemente retenidos por el Estado.
- El **Riesgo Transferido** corresponde al valor del riesgo de las actividades del proyecto, que serán contractualmente transferidas al sector privado.

Los insumos para el Costo Base y el Ajuste por Ingresos Públicos del Proyecto se encuentran en el Modelo Económico Financiero de cualquier evaluación estándar, donde se han determinado los flujos de costos asociados a las actividades de construcción, operación y mantenimiento, y de proyección de ingresos públicos.

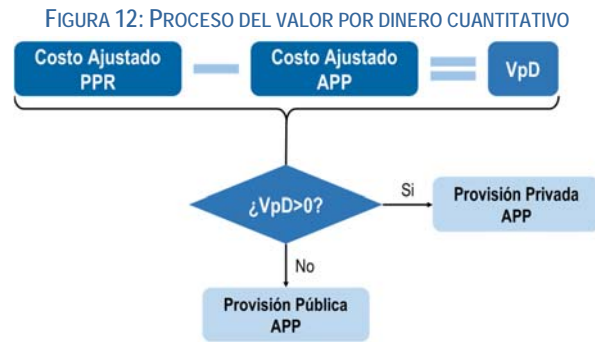
Las componentes de riesgo, comprenden a los riesgos que producto del proceso de jerarquización son las que tienen mayor impacto sobre el resultado del proyecto. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que no es posible identificar todas las causas que afectan el resultado del proyecto durante su ciclo de vida y además, no todos los riesgos son cuantificables. Lo anterior se debe a que no existe un mercado que permita la cobertura de todos los riesgos.

Las componentes del Proyecto de Asociación Público Privado son: el Pago al Inversionista Desarrollador, el Costo del Riesgo Retenido y los Costos Administrativos. Cada uno de estos componentes debe poder valorizarse para determinar el costo total correspondiente al Proyecto de Asociación Público Privado (APP):

- El **Pago al Inversionista Desarrollador** u otro mecanismo que refleje los aportes que debe realizar el gobierno para generar el atractivo privado al proyecto, por ejemplo a través de vigencias futuras. Estos pagos son generalmente por disponibilidad, y por uso. Este pago incluye la utilidad esperada sobre el proyecto del contratista y la valorización de los riesgos transferidos.
- El **Riesgo Retenido**, que al igual que para el caso del Proyecto Público de Referencia, corresponde al valor asociado al riesgo de actividades cuya gestión queda a cargo del gobierno.
- Los **Costos Administrativos** del contrato es el costo adicional en que incurre el Estado debido a las actividades de supervisión y administración

La metodología consiste en la comparación del costo base técnico del Proyecto Público de Referencia (PPR) ajustado por riesgo, con el costo base técnico del Proyecto de Asociación Pública Privada (APP) ajustado por los ahorros estimados derivados de la eficiencia del sector privado en la administración de los costos y riesgos en un proyecto de infraestructura.

La diferencia entre estos dos valores es lo que denominaremos Valor por Dinero (VpD) cuantitativo. El VpD cuantitativo será positivo cuando el costo del Proyecto Público de Referencia ajustado por riesgo sea mayor al costo del Proyecto de Asociación Pública Privada (APP) ajustado por riesgo y eficiencias. En este caso diremos que se crea valor al delegar y gestionar el desarrollo del proyecto a un privado a través de un contrato APP. En el caso de un VpD negativo, el costo del Proyecto de Asociación Pública Privada ajustado por riesgo será mayor, y en este caso diremos que se destruye valor al entregar el proyecto a un privado.



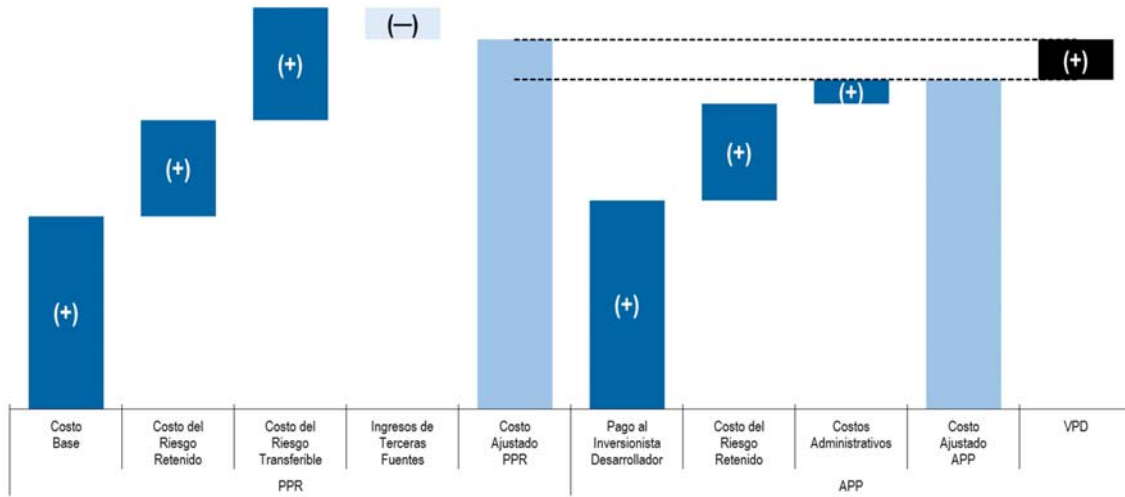
La formulación para estimar el VpD de manera cuantitativa es la siguiente:

$$VpD = \underbrace{\sum_{t=0}^n \frac{(CB + CRR + CRT - IPP)}{(1+r)^t}}_{\text{Costo Ajustado PPR}} - \underbrace{\sum_{t=0}^n \frac{(PID + CRR + CA)}{(1+r)^t}}_{\text{Costo Ajustado APP}}$$

Donde:

- VpD* : Valor por dinero cuantitativo
- CB* : Costo base del proyecto
- CRR* : Costo del riesgo retenido
- CRT* : Costo del riesgo transferido
- ITF* : Ingresos por Terceras Fuente
- PID* : Pago al Inversionista Desarrollador
- CA* : Costos Administrativos
- r* : Tasa de descuento para el análisis
- n* : Número de años del horizonte de evaluación
- t* : Año calendario, siendo el año 0 el de inicio del proyecto

**FIGURA 13: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL COMPARADOR PÚBLICO PRIVADO**



## 8 EJEMPLO DEL COMPARADOR PUBLICO PRIVADO

Un municipio ha realizado la evaluación socioeconómica para reemplazar y modernizar todo el sistema de alumbrado público en la ciudad. Los ahorros derivados de las mejores tecnológicas y nuevas inversiones ascienden a un 30% respecto a los costos actuales.

La TIR social asciende a 16%, lo que refleja que el proyecto debe ser implementado, porque es mayor a la tasa de descuento social (10%). Después de análisis cualitativos y de conveniencia, el municipio considera que el proyecto es elegible para ser implementados a través de una APP. Sin embargo, para complementar los análisis ha decidido implementar el Comparador Público Privado.

Un taller de riesgos para identificación, jerarquización y valoración de riesgos determinó que los riesgos de mayor impacto y probabilidad de ocurrencia fueron los sobrecostos y los sobrepazos en el reemplazo de lámparas, la obsolescencia tecnológica y la imposibilidad de lograr los ahorros esperados. La mayoría del valor de los riesgos en un contrato APP de ALP puede ser transferido al inversionista desarrollador.

La pregunta que desea conocer el municipio es ¿cuál es máximo pago en valor presente que podría realizarle al inversionista privado de tal forma que le sea indiferente desarrollar el proyecto por una APP o por un mecanismo de contratación y operación tradicional?

Los datos del problema son los siguientes:

CUADRO 13: DATOS DEL PROBLEMA

| Ítem   | Valor      |
|--|------------|
| Lámparas (cantidad)  | 80,000     |
| Sistemas de control automatizado (USD)                           | 2,000,000  |
| Valor Presente de la Inversión en Lámparas (CAPEX)               | 27,000,000 |
| Plazo Inicial Estimado Construcción (días)                       | 320        |
| Plazo total etapa de operación (años)                            | 15         |
| Tasa libre de riesgo   | 6%         |
| Costo de Administración del contrato (VP)                        | 5%         |
| Probabilidad de Ocurrencia de las causas de riesgos              | 100%       |
| Valor presente de los costos de operación                        | 4,000,000  |
| Valor presente de los costos de mantenimiento                    | 1,350,000  |
| Valor de los riesgos de sobrecostos en el reemplazo (80%)*       | 1,700,000  |
| Valor de los riesgos de atrasos en el proceso de reemplazo (75%) | 300,000    |
| Valor del riesgo de obsolescencia en tecnología (100%)           | 2,100,000  |
| Valor de los riesgos de imposibilidad de lograr ahorros (80%)    | 1,800,000  |

\*Todos los riesgos se valoran al percentil 95 y entre paréntesis se encuentra el porcentaje de riesgo transferido al sector privado



De la información del cuadro anterior se obtiene la política de asignación para las correspondientes causas de riesgo, tal como se muestra en el siguiente cuadro:

**CUADRO 14: POLÍTICA DE ASIGNACIÓN DE LAS CAUSAS DE RIESGO**

| Política de Asignación de Riesgos                          | Retenido | Transferido |
|--|----------|-------------|
| Valor de los riesgos de sobrecostos en el reemplazo        | 20%      | 80%         |
| Valor de los riesgos de atrasos en el proceso de reemplazo | 25%      | 75%         |
| Valor del riesgo de obsolescencia en tecnología            | 0%       | 100%        |
| Valor de los riesgos de imposibilidad de lograr ahorros    | 20%      | 80%         |

Con la información del Cuadro 13 y Cuadro 14, es posible cuantificar y descomponer las causas de riesgo que afectan al proyecto en estudio:

**CUADRO 15: CUANTIFICACIÓN DE LAS CAUSAS DE RIESGO RETENIDO Y TRASFERIDO**

| Causas de Riesgo   | Retenido       | Transferido      |
|--|----------------|------------------|
| Valor de los riesgos de sobrecostos en el reemplazo        | 340,000        | 1,360,000        |
| Valor de los riesgos de atrasos en el proceso de reemplazo | 75,000         | 225,000          |
| Valor del riesgo de obsolescencia en tecnología            | 0              | 2,100,000        |
| Valor de los riesgos de imposibilidad de lograr ahorros    | 360,000        | 1,440,000        |
| <b>Costos del Riesgo</b>                                   | <b>775,000</b> | <b>5,125,000</b> |

Por ejemplo, para el ítem "Valor de los riesgos de atrasos en el proceso de reemplazo" (VRAPR) se realizó los siguientes cálculos:

$$VRAPR_{Retenido} = 300,000 \times 25\% = 75,000$$

$$VRAPR_{Transferido} = 300,000 \times 75\% = 225,000$$

Para el cálculo del Costo Base se emplea la siguiente expresión:

$$Costo\ Base\ del\ Proyecto = Costos\ de\ Inversión + Costos\ de\ Explotación$$

Donde los Costos de Inversión y Costos de Explotación se obtienen del modelo económico – financiero del proyecto. Contextualizando en el problema se tiene lo siguiente:

$$Costo\ Base\ del\ Proyecto = 27,000,000 + 4,000,000 + 1,350,000 = 32,350,000$$

El resultado anterior es una de las componentes de los costos del Proyecto Público de Referencia, el cual se describe a continuación:

**CUADRO 16: COSTOS DEL PROYECTO PÚBLICO DE REFERENCIA**

| Costos PPR                   | P95        |
|------------------------------|------------|
| Costo Base                   | 32,350,000 |
| Costo del Riesgo Retenido    | 775,000    |
| Costo del Riesgo Transferido | 5,125,000  |

| Costos PPR      | P95        |
|-----------------|------------|
| Costo Total PPR | 38,250,000 |

Sin embargo, uno de los componentes de los Costos de una Asociación Público Privada es el "Pago al Inversionista Desarrollador", "Riesgos Retenidos" y "Costos de Administración", éste último se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Costos de Administración} = \text{Costo de Inversión} \times \% \text{ del Costo de Inversión}$$

$$\text{Costos de Administración} = 27,000,000 \times 5\% = 1,350,000$$

Además, de la expresión del Valor por Dinero (VpD) cuantitativo se tiene:

$$VpD = \underbrace{\sum_{t=0}^n \frac{(CB + CRR + CRT - IPP)}{(1+r)^t}}_{\text{Costo Ajustado PPR}} - \underbrace{\sum_{t=0}^n \frac{(PID + CRR + CA)}{(1+r)^t}}_{\text{Costo Ajustado APP}}$$

Donde:

- $VpD$  : Valor por dinero cuantitativo
- $CB$  : Costo base del proyecto
- $CRR$  : Costo del riesgo retenido
- $CRT$  : Costo del riesgo transferido
- $ITF$  : Ingresos por Terceras Fuente
- $PID$  : Pago al Inversionista Desarrollador
- $CA$  : Costos Administrativos
- $r$  : Tasa de descuento para el análisis
- $n$  : Número de años del horizonte de evaluación
- $t$  : Año calendario, siendo el año 0 el de inicio del proyecto

Entonces, con los valores obtenidos y por condición del problema se tiene:

$$VpD = \underbrace{38,250,000}_{\text{Costo Ajustado PPR}} - \underbrace{(PID + 775,000 + 1,350,000)}_{\text{Costo Ajustado APP}} = 0$$

De donde se despeja el "Pago al Inversionista Desarrollador":

$$PID = 38,250,000 - (775,000 + 1,350,000) = 36,125,000$$

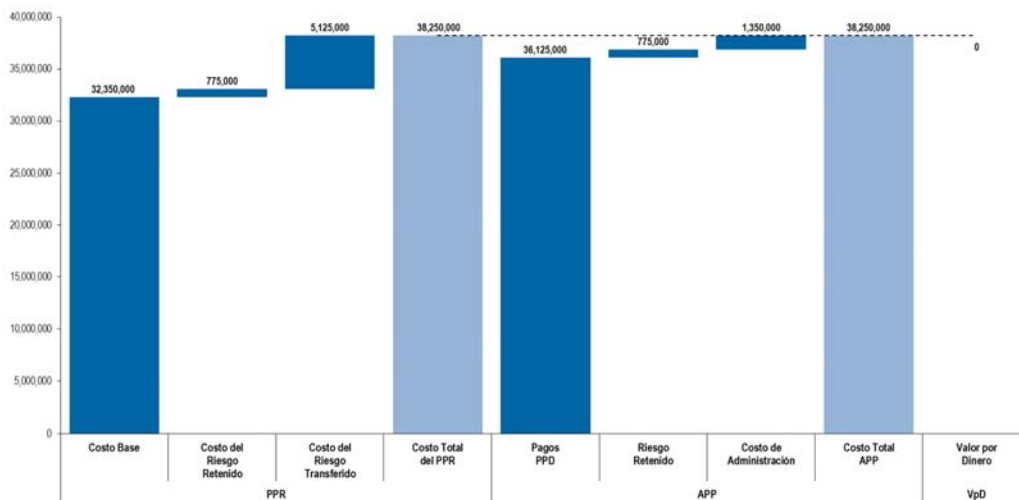
De modo que los costos de la Asociación Público Privada se muestran en detalle en el siguiente cuadro:

**CUADRO 17: COSTOS DE LA ASOCIACIÓN PÚBLICO PRIVADA**

| Costos APP                          |                   |
|-------------------------------------|-------------------|
| Pago al Inversionista Desarrollador | 36,125,000        |
| Riesgos Retenidos                   | 775,000           |
| Costos de Administración            | 1,350,000         |
| <b>Costo Total APP</b>              | <b>38,250,000</b> |

De modo que para el valor obtenido del Pago al Inversionista Desarrollador, resulta indiferente la elección de la modalidad de contratación:

**CUADRO 18: CÁLCULO DEL VALOR POR DINERO PARA EL PROBLEMA**



## 9 CONCLUSIONES

En este documento se han presentado y analizado diferentes mecanismos de participación del sector privado y de Asociación Público Privada, así como estructuras financieras para desarrollar proyectos de mejoramiento de los sistemas de alumbrado público tendientes a obtener ahorros de energía y ahorro en los costos de operación y mantenimiento de los sistemas ALP, tomando como base lo utilizado en otros países, los cuales podrían ser replicados en México.

Del desarrollo realizado se desprende que no hay una modalidad única de gestión, desarrollo y financiamiento de este tipo de proyectos y aunque existen opciones específicas, cada proyecto requiere un análisis individual para recomendar la mejor forma de contratación y armar el esquema contractual y financiero que más se adapte a la situación económica y financiera del Municipio en que se desarrolle el proyecto. Se presentan tres modalidades de estructuración de proyectos de ALP:

- Contratos de alumbrado;
- Contratos de suministro de alumbrado; y
- Contratos de desempeño.

De ellos la opción más aconsejable es utilizar los “contratos por desempeño” en los que una empresa de servicios energéticos (ESE) se encarga de todo el proceso, inclusive de conseguir el financiamiento para desarrollarlo firmando para ello un contrato APP con el municipio.

Respecto a los riesgos en los proyectos de ALP, se presenta una metodología para realizar el análisis de riesgos asociados a los proyectos que usan el esquema de APP para su ejecución, referentes al mapa de riesgos y la manera preliminar de asignar y mitigar dichos riesgos. Aunque existen diversas opciones para realizar el análisis de riesgos, se considera que la metodología propuesta es una herramienta simplificada pero muy útil y de fácil implementación en los proyectos de ALP. Esta herramienta ha sido utilizada con éxito en el análisis de riesgos de proyectos en general y su aplicación específica para proyectos de ALP la hace de fácil implementación, además que sigue la línea de lo recomendado por la SHCP de México en su Manual de APP para el desarrollo de proyectos de Infraestructura con esquemas APP.

Es importante tener en cuenta que para el desarrollo e implementación de los proyectos de ALP con esquemas APP es necesario contar con estudios específicos, los cuales deben ser realizados según la etapa y ciclo del proyecto. El estudio preliminar de factibilidad (EPF) constituye la piedra angular del proyecto y por ello es aconsejable que cada proyecto de ALP tenga su estudio EPF o al menos una auditoría energética que establezca la viabilidad técnica y económica previa para poder seguir adelante con el proyecto.

La metodología presentada para realizar el análisis económico de alternativas de sustitución de equipos de alumbrado público (luminaria, lámpara, balasto, etc.) por equipos más eficientes teniendo en cuenta criterios de eficiencia de los equipos y los costos operativos (energía y O&M), brinda una herramienta en el análisis de alternativas y selección de la opción más económica, previo a cualquier avance en el ciclo de proyecto. Esta metodología sirve de base en la etapa del estudio preliminar de factibilidad, más específicamente complementa el Diagnóstico Energético necesario en los proyectos de ALP. Este modelo es útil para analizar proyectos de mejoramiento de los sistemas de alumbrado público tendientes a obtener ahorros de energía y ahorro en los costos de operación y mantenimiento de los sistemas de ALP y garantiza que la inversión realizada se recupera mediante los ahorros obtenidos (energía y O&M), siempre y cuando el valor presente neto (beneficios-costos) de la alternativa seleccionada sea positivo.

Como parte final se incluye la metodología de análisis de rentabilidad social de proyectos en general, aplicada específicamente a los proyectos de ALP, que se basa en el análisis costo-beneficio (ACB), metodología ampliamente conocida y utilizada por los gobiernos para definir si la ejecución de un proyecto es rentable desde el punto de vista socio-económico para el país. Adicional al análisis de rentabilidad social, se presenta la metodología de Valor por Dinero (VPD), indicador también utilizado por los países para definir si un proyecto de infraestructura Pública, en este caso de ALP, debe realizarse mediante el esquema tradicional de obra pública (OPT) o a través del esquema de APP.

## ANEXO I: MATRIZ ESTÁNDAR GENERAL

A continuación, se muestra una Matriz Estándar General (MEG) para redes de alumbrado público:

| Etapa                             | Causas estándares  | Descripción   |
|-----------------------------------|--|---|
| Etapa licitación                  | Adquisición de terrenos                                  | Dificultad en la entrega del área de contrato en concordancia con un programa previamente definido.   |
| Etapa licitación                  | Demora en la aprobación de la adjudicación del contrato  | El contrato no se suscribe en la fecha programada y retrasa el inicio del proyecto, generando perjuicios financieros.   |
| Etapa de construcción             | Insuficiencia en el diseño                               | El diseño de ingeniería y/o arquitectura establecido para el proyecto puede ser insuficiente, lo que puede generar la realización de nuevas obras y/o complementarias respecto al diseño original.                |
| Etapa de construcción             | Incremento de cantidades                                 | Aumento de costos de distintos ítems en la etapa de construcción debido a incrementos en las cubicaciones y especificaciones de diseño  |
| Etapa de construcción             | Atrasos en el desarrollo de la construcción de las obras | Aumentos de los costos debido a atrasos en la ejecución de las actividades programadas para la etapa de construcción.   |
| Etapa de explotación              | Incrementos de cantidades                                | Aumento no previsto de los costos de operación y/o mantenimiento del proyecto debido a mayores cantidades de obras  |
| Etapa de explotación              | Disminución en el nivel de servicio                      | No se logra alcanzar un nivel de servicio para el proyecto acorde con las especificaciones contractuales.   |
| Etapa de explotación              | Discontinuidad del servicio                              | Interrupción parcial o permanente de los servicios que lleva a una pérdida de ingresos y protestas de los usuarios  |
| Etapa de construcción/explotación | Aspectos ambientales                                     | Infracción medioambiental a las normas establecidas, obstrucciones geológicas, climáticas, físicas y arqueológicas, entre otras que producen sobrecostos y/o sobreplazos  |
| Todas las etapas del proyecto     | Catástrofes naturales                                    | Hechos de la naturaleza que impiden el desarrollo del proyecto, destruyen activos, no permiten su operación y desajustan el balance económico-financiero.   |
| Etapa construcción/explotación    | Quiebra  | Impacto de variables macroeconómicas, crisis financieras internacionales o actos terroristas afectan el equilibrio económico-financiero esperado y aumentan la probabilidad de llevar el proyecto a la quiebra    |
| Todas las etapas del proyecto     | Interpretaciones contractuales                           | Divergencias entre el mandante y el privado respecto de interpretaciones del contrato   |
| Todas las etapas del proyecto     | Aplicación de la normativa aplicable                     | Aplicación de normativa que incorpora ciertas exigencias y requisitos adicionales al proyecto   |
| Todas las etapas del proyecto     | Cambios en la legislación pertinente                     | Cambio en la legislación y/o regulación de los estándares (técnicos, ambientales, entre otros) genera efectos en los costos, ingresos e inversiones afectando la viabilidad del proyecto                          |
| Todas las etapas del proyecto     | Terminación del proceso de contratación                  | Por decisiones políticas se deja de desarrollar el proyecto y se genera una terminación anticipada.   |
| Todas las etapas del proyecto     | Conflicto social ajeno al proyecto                       | Protestas, paros, huelgas y/o aspectos culturales que interfieran con el normal desarrollo del proyecto produciendo plazos y costos mayores a los estimados inicialmente.   |
| Todas las etapas del proyecto     | Interferencia de terceros                                | Aumento de los plazos y daño a las obras debido a interferencias de terceros  |
| Etapa de explotación              | Disminución de la demanda                                | La cantidad de demanda de usuarios del servicio es diferente a la prevista, lo que tiene efectos en la dimensión del proyecto y los ingresos percibidos.  |
| Etapa de explotación              | Aplicación de tarifas                                    | El nivel de la tarifa es resistido por los usuarios y los cambios en los ajustes tarifarios no se efectúan en los plazos establecidos y/o no son sustentables de acuerdo a la disposición a pagar por el servicio |
| Etapa explotación                 | Obsolescencia tecnológica                                | Los equipos y tecnología necesarios para la operación, cumplen su ciclo de vida y quedan obsoletos, o no se encuentran operativos para satisfacer los requerimientos del proyecto.                                |
| Etapa construcción/operación      | Incremento en el precio de los insumos                   | El precio de insumos necesarios para la construcción de las obras o de la operación del proyecto aumenta debido a contingencias macroeconómicas   |

| Etapa                           | Causas estándares                   | Descripción   |
|---------------------------------|-------------------------------------|---|
| Etapa construcción/ explotación | Requerimiento de nuevas inversiones | El mandante puede juzgar necesario la realización de nuevas inversiones, ya sea en el proyecto que administra el privado o en infraestructura, alternativa que impacta los beneficios del proyecto. |
| Etapa licitación                | Bancabilidad                        | No obtención del financiamiento apropiado (deuda) porque el proyecto no puede levantar los fondos suficientes en los mercados financieros.  |
| Etapa operación                 | Tasa de interés                     | Las tasas de interés fluctúan en forma desfavorable encareciendo los costos financieros   |
| Etapa operación                 | Tipo de cambio                      | El tipo de cambio entre la moneda del financiamiento y de ingresos fluctúa en forma adversa generando un desajuste cambiario  |

## ANEXO II: MODELO “EVAP” EVALUACIÓN ECONÓMICA DE OPCIONES DE SUSTITUCIÓN DE SISTEMAS DE ALP

A continuación se presenta la formulación matemática detallada del modelo EVAP y luego la información de entrada necesaria, así como los pasos a seguir y los resultados obtenidos. El modelo matemático desarrollado calcula la inversión anualizada durante la vida útil del equipo y todos los gastos anuales asociados.

$$CAN = \sum_{i=1}^m (CI_i + CO_i)$$

Donde:

- $CI_i$  : Costo anualizado de la inversión durante la vida útil del equipo
- $CO_i$  : Costo anual de operación
- $r$  : Tasa de descuento (se recomienda utilizar 10% o 12%)
- $m$  : Vida útil del equipo

Con el fin de tener en cuenta la vida útil del equipo se utiliza el concepto de “valor anualizado de la inversión”, es decir la inversión inicial (CI, que incluye el precio de la luminaria, lámpara y balasto) se anualiza durante el número de años estimados de vida útil (m) del equipo (lámpara en este caso) utilizando la tasa de descuento (r). De esta manera el costo anual de inversión  $CI_m$  se expresa como:

$$CI_m = CI \times \frac{r}{[1 - (1 + r)^{-m}]}$$

Donde el término  $\frac{r}{[1 - (1 + r)^{-m}]}$  se conoce con el factor de anualidad “FAN”. El costo anual de operación (CO) está compuesto de los siguientes factores:

$$CO = CEN - CMI - CMEF + COM$$

Donde:

- $CEN$  : Costo anual por consumo energético de la lámpara

- CMI* : Costo anual evitado por mayor iluminación  
*CMEF* : Costo anual evitado por mayor eficiencia  
*COM* : Costo anual de operación y mantenimiento del equipo

El modelo matemático maximiza los ahorros obtenidos al comparar el equipo existente con el nuevo, por lo tanto, se selecciona la alternativa con mayores ahorros netos. Para el análisis de las alternativas de sustitución de equipos (nuevo por existente), el modelo calcula los ahorros de energía obtenidos con la utilización de la tecnología más eficiente de equipos nuevos comparados con los actuales, que luego son anualizados monetariamente, y se suman los ahorros anuales por costos de operación y mantenimiento. La alternativa más económica (AHN) es aquella cuyos ahorros totales anuales, menos la inversión anualizada, son máximos, o lo que es lo mismo aquella alternativa con mayor valor presente neto (VPN).

$$AHN = DCO - DCI$$

Donde:

$$DCI = CI_j - CI_i \quad DCO = CO_i - CO_j$$

- CI<sub>j</sub>* : Costo de la inversión del equipo nuevo (incluye lámpara, balasto y luminaria)  
*CI<sub>i</sub>* : Valor de rescate del equipo a sustituir (si aplica, o cero en caso contrario)  
*CO<sub>i</sub>* : Costo anual de operación del equipo actual (i)  
*CO<sub>j</sub>* : Costo anual de operación del equipo nuevo (j)  
*i, j* : equipos: actual (*i*) y nuevo (*j*)

$$CI_j = CI_m + Cb_l + PI$$

- CI<sub>m</sub>* : Costo de la luminaria  
*Cb<sub>l</sub>* : Costo del balasto  
*PI* : Precio de la lámpara  
*m* : Vida útil del equipo nuevo (número de años)

El ahorro anual DCO en pesos se obtiene mediante la expresión:

$$DCO = ET \times Tarifa$$

$$ET = (E_i - E_j) + AEMI + AEME$$

Donde:

- E<sub>i</sub>* : Energía anual consumida (kwh) por la lámpara actual (*i*)  
*E<sub>j</sub>* : Energía anual consumida (kwh) por la lámpara nueva (*j*)  
*AEMI* : Ahorro anual de energía por mayor iluminación entre la lámpara actual (*i*) y nueva (*j*)  
*AEME* : Ahorro anual de energía por mayor eficiencia entre la lámpara actual (*i*) y la nueva (*j*)

Las expresiones anteriores se calculan de la siguiente manera:



$$E_i = W_i \times hr / 1000 \quad E_j = W_j \times hr / 1000$$

$$AEMI = [(Imj - Imi) / E_{fj}] / 1000 \times hr$$

$$AEME = [(E_{fj} - E_{fi}) / E_{fj}] \times W_j / 1000 \times hr$$

Donde:

- Imi = lúmenes de la lámpara actual (i)
- Imj = lúmenes de la lámpara nueva (j)
- Efi = eficacia (lm/w) de la lámpara actual (i)
- Efj = eficacia (lm/w) de la lámpara nueva (j)
- Wi,j = potencia (watts) de la lámpara actual (i), o nueva (j)
- hr = número de horas anuales de consumo consideradas
- Tarifa = costo de la energía para AP (MXN\$/ kWh)

## REFERENCIAS

- The use Private Finance Initiative (PFI). Public Private Partnerships (PPPs) in Northern Ireland, Mark Hellowell, University of Edinburgh, 2008.
- PPP Workshop Warsaw, part IV: Implementation of the PPP street lighting procurement, Partnerschaften Deutschland, Dr. Clemens Elbing, 2011.
- Asociaciones Público Privadas para el desarrollo de infraestructura y la provisión de servicios públicos. Experiencias del Reino Unido. Programa PIAPPEM. German Millán, 2009.
- Public-Private Partnership opportunities in Lithuania. Tadas Jagminas.
- Innovative approach to financing Energy Efficiency in Asia. USAID 2009.
- Asociaciones público privadas para la prestación de servicios municipales. Dr. Enrique Cabrero. CIDE.
- Energy Performance Contracting. European Commission, Joint Research Center, Institute for Energy and Transport, 2014.
- European PPP Expertise Center. Energy efficient Street lighting.
- Introduction to Energy Performance Contracting. IFC International/National Association of Energy Services Companies, 2007.
- Private Finance Initiative. House of Commons, Treasury Committee, 2011.
- Public-Private Partnership stories – India: Bhubaneswar Street lighting. IFC, 2013.
- Third Party financing of energy efficiency projects. EETEK, 2008.
- Third party financing of Federal projects. CBO, 2005.
- Curso de Contratos Llave en Mano. German Cruz, BID, 2011.
- Asociaciones público privadas para la prestación de servicios municipales. Dr. Enrique Cabrero. CIDE.
- [www.grazer-ea.at](http://www.grazer-ea.at), [www.bundescontracting.at](http://www.bundescontracting.at), Leitfaden Energiespar-Contracting"
- Best Practices in Public-Private Partnerships Financing in Latin America: the role of guarantees. WB, Gobierno de España, Washington DC, 2012.
- Asignación óptima de riesgos. Seldon Global SC, 2008.
- Riesgos en proyectos de Infraestructura. Departamento Nacional de Planeación, Colombia.
- Manual que establece las disposiciones para determinar la rentabilidad social, así como la conveniencia de llevar a cabo un Proyecto mediante el esquema de Asociación Público-Privada. SHCP, México.
- Hinojosa, S. 2010. "Sistematizando reglas para la asignación de riesgos en proyectos de Asociación Público Privada" IKONS ATN.
- How to Attain Value for Money: Comparison PPP and Traditional Infrastructure Public Procurement, Philip Burger and Ian Hawkesworth, 2010, [www.oecd.org/governance/budgeting/49070709.pdf](http://www.oecd.org/governance/budgeting/49070709.pdf).
- Financing Options for Energy-Contracting Projects- Comparison and Evaluation, IEASDSM, Jan W. Bleyl-Androschin and others, 2010.
- Metodología para la aplicación del Análisis Cuantitativo en la elección de la modalidad de Ejecución de Proyectos de Inversión Cofinanciados, Ministerio de Economía y Finanzas, Lima, 2014.
- Nota técnica: Comparador Público-Privado para la selección de proyectos APP, Ministerio de Hacienda y Crédito Público y Departamento Nacional de Planeación, 2010
- Normas (mexicanas) NOM y NMX
- Programa PIAPPEM. Manual de Procesos y Procedimientos para Estructuración de Proyectos de Alumbrado Público a través de Asociaciones Público Privadas, German Cruz, Marzo de 2015.

- Sariego Gómez, E. (2011). Reglamento de Alumbrado Público en Vías de Tráfico Vehicular. Superintendencia de Electricidad y Combustibles. Presentación Taller del Sector Energía – Alumbrado Público. MIDEPLAN, Chile 2011.