

# Técnicas Apropriadas en la Dotación de Servicios Básicos en Makeni – Sierra Leona

**José Manuel Alméstar Urteaga**

Máster en Estrategias y Tecnologías para el Desarrollo – UPM  
Centro de Innovación en Tecnologías para el Desarrollo Humano – itdUPM  
malmestar08@gmail.com

**Alessia Bianco**

Máster en Estrategias y Tecnologías para el Desarrollo - UPM  
a.bianco.lain@gmail.com

**Joana Cañibano Espinosa**

Máster en Estrategias y Tecnologías para el Desarrollo - UPM  
joanaespinosa91@gmail.com

**Victor Gimenez Sánchez de la Blanca**

Máster en Estrategias y Tecnologías para el Desarrollo – UPM  
Centro de Innovación en Tecnologías para el Desarrollo Humano – itdUPM  
victorgsb@gmail.com

## Resumen

Sierra Leona ha experimentado en los últimos años un crecimiento económico acelerado; sin embargo, este no se refleja en sus ciudades. Makeni, la mayor ciudad de la provincia del norte, no cuenta con infraestructuras de servicios básicos (SSBB) de calidad. Falta de acceso a agua de calidad, escasez de espacios públicos y déficit de alumbrado en la ciudad, son algunas de las problemáticas principales que dejan a la mayoría de la población en un estado de vulnerabilidad.

Presentamos *Sustainable Parks System (SPS)*, una propuesta para dar solución a las principales problemáticas de la ciudad mediante una red de espacios públicos modulares pensados por y para todos los makenianos. *SPS* se compone de cuatro programas alimentadores.

- S-park, un programa para aumentar el número de espacios públicos basado en las necesidades y exigencias locales, a través de la construcción y gestión de los parques de SPS.
- Water, un programa para proporcionar nuevas fuentes seguras y libres de contaminación, mediante la extracción de agua de pozos a través de bombeo fotovoltaico.
- Water QIS, un programa para garantizar la calidad del agua usando sensores de alta tecnología y un protocolo de alerta temprana a través de mensajes de texto a los usuarios.
- Solar, un programa para proveer de energía limpia y segura a los parques, ofreciendo alumbrado público a la comunidad.

*Palabras clave: servicios básicos, Makeni, Sierra Leona, calidad de agua, espacios públicos, alumbrado público, iluminación, bombas fotovoltaicas, protocolo, sensores de alta tecnología, energía limpia, TIC, sostenibilidad, innovación.*

*DisTecD. Diseño y Tecnología para el Desarrollo*  
2018, 5, desde pag. 30 - hasta pag. 55  
ISSN: 2386-8546

## Abstract

In the last few years, Sierra Leone has experimented a rapid economic growth. Such growth, however, is not reflected in its cities. Makeni, the major city of the Northern province, doesn't have high quality basic services infrastructures. The lack of access to quality water, the scarcity of public spaces and the shortage of street lighting are some of the main problems that leave the majority of its citizens in a vulnerable position.

We present Sustainable Parks System, a proposal designed to solve the mentioned issues currently affecting the city through a network of modular public spaces, thought for all the men and women living in Makeni. Sustainable Parks System consists of four feeding programs.

- The program S-park, whose aim is to increase the number of public spaces based on local needs and demands through parks' construction and management.
- The program Water, whose aim is to provide new, safe and reliable water sources through the solar photovoltaic pumping of water from wells.
- The program Water QIS, whose aim is to guarantee water quality using high technology sensors and an early warning protocol that functions through the sending of text messages (SMS) to users.
- The program Solar, whose aim is to supply clean and affordable energy to the parks, ensuring public lightning to the community.

*Keywords: Basic services, Makeni, Sierra Leone, water quality, public spaces, public lightning, solar photovoltaic pumping, protocol, high technology sensors, clean energy, TICs, sustainability, innovation.*

## 1. Introducción

En los últimos años Sierra Leona ha sido una de las economías más aceleradas del mundo en desarrollo, pero sus graves problemas internos de desigualdad, corrupción y falta de tecnologías no le han permitido mejorar su índice de desarrollo humano IDH, que se queda entre las últimas posiciones del continente africano. De sus 6 millones de habitantes, el 70% vive en condiciones de pobreza y el acceso a los servicios básicos de calidad es muy limitado, dejando a la mayoría de la población en un estado de vulnerabilidad [1].

Analizando en profundidad el contexto de Makeni, ciudad donde se desarrolla el estudio, se puede observar que tanto el acceso a agua y saneamiento como la provisión de energía limpia y segura se encuentran en niveles muy escasos en toda la ciudad. Makeni no posee las infraestructuras adecuadas ni los espacios públicos suficientes para su habitabilidad y desarrollo ni para asegurar a sus ciudadanos una vida adecuada [2].

La propuesta "*Sustainable Parks System Makeni*" (SPS), pretende colmar los vacíos desde la demanda que se ha identificado en la población de Makeni. El objetivo del programa SPS es proporcionar los servicios básicos necesarios para una mejora sustancial de la calidad de vida de los habitantes de Makeni, promoviendo por un lado su salud y bienestar y fomentando sus derechos humanos y empoderamiento por el otro. Como parte principal del estudio, se propone el diseño de un sistema hidráulico como una de las partes principales dentro de la propuesta SPS, proporcionando a su vez beneficios significativos para la salud y bienestar a la ciudad. Además, se propone un protocolo de calidad del agua que establece unos requisitos mínimos

razonables que han de cumplirse para proteger la salud de las personas y determina una serie de indicadores que garantizan la inocuidad del agua.

Los objetivos de *SPS* sin duda están enmarcados en la agenda universalmente reconocida de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) [3] pero están también englobados por la Agenda de la Prosperidad de Sierra Leona (2013) y el Plan de Desarrollo de la Ciudad de Makeni (2016), reforzando el principio de armonización de la ayuda. En la Agenda de la Prosperidad de Sierra Leona para 2035 se explicita la aspiración del país a convertirse en una nación de renta media, inclusiva y verde en los próximos 18 años, a través de 12 objetivos o pilares fundamentales. Entre estos pilares, el número 3 habla de una aceleración del desarrollo humano que pasa por la provisión de servicios básicos para todos junto a la mejora del sistema educativo, la extensión de la sanidad, el control del HIV/AIDS y la igualdad de género [4].

Asimismo, *SPS* persigue las metas del Plan de Desarrollo elaborado por el Ayuntamiento de Makeni, el cual identifica las mayores problemáticas en la falta de fuentes seguras de agua, en la presencia de facilidades recreacionales inadecuadas y obsoletas, en la escasez de centros juveniles y comunitarios, en la carencia de energía constante y segura y, en general, en el abuso de los derechos humanos de las mujeres y los niños [5]. Este plan además cuenta con la plena participación de las mujeres y hombres de Makeni y comparte la visión expresada por la sociedad civil a través de encuestas a todos los barrios, asegurando la plena apropiación del programa por parte de la ciudadanía. La colaboración entre autoridades locales, ciudadanos y actores privados, internacionales y ONGs fomenta alianzas mundiales (ODS 17) para lograr el objetivo primordial de cada ser humano: una vida digna para todos.

## 2. Contexto general

Sierra Leona es un territorio rico en recursos naturales y agropecuarios. Según el informe del PNUD, Sierra Leona contaba en 2015 con un valor de 0,413 en el Índice de Desarrollo Humano (IDH), entre los más bajos del continente africano. Los principales obstáculos de Sierra Leona al momento de mejorar estas calificaciones están vinculados a la falta de infraestructuras y tecnologías adecuadas, al bajo nivel de formación técnica de la población, a una baja tasa de productividad, a una distribución altamente desigualitaria de la riqueza y a fenómenos continuos de corrupción e ilegalidad [6].

Makeni es la capital del Distrito de Bombali, situado en la Provincia del Norte de Sierra Leona (figura 1). Se trata de la quinta ciudad más poblada del país y constituye el centro económico y cultural más importante de su provincia. El 33% de los hogares obtiene agua de pozos ordinarios protegidos, el 24% lo hace de puntos de agua públicos y el 10% la obtiene a través de pozos mecánicos. Existe un pequeño porcentaje de hogares, menor al 1%, que cuentan con agua entubada en contraste con el 18% que sigue obteniendo el agua directamente de los ríos y otras fuentes naturales [7]. La situación del saneamiento es también preocupante en Bombali. El 60% de la población utiliza letrinas comunitarias frente al 34% que dispone de letrinas privadas. El 4,8% se ve obligado a defecar al aire libre [8].

La principal fuente de energía de la región para iluminación son las baterías recargables, de las que dependen el 76% de los hogares. Tan sólo un 18% de la población cuenta con acceso a la red de distribución, mientras que el 2,3% sigue dependiendo de madera y velas [9].



**Figura 1. Mapa de Sierra Leona y situación de Makeni.**  
**Fuente: CIA World Factbook 2017.**

Con respecto a la ciudad de Makeni, esta cuenta en la actualidad con 125.970 habitantes [10] y una alta tasa de crecimiento poblacional del 3,5% [11] anual, lo que ha provocado un aumento considerable de su número de habitantes en los últimos años, añadiendo una gran presión sobre los sistemas de provisión de servicios básicos de la ciudad.

### **3. Problemáticas**

Entre las debilidades relativas a la provisión de servicios básicos en la ciudad de Makeni, tres son las problemáticas más urgentes que se han detectado y que se pretende abordar: la falta de acceso a agua de calidad, la escasez de espacios públicos recreativos y la carencia de alumbrado público. La identificación de tales prioridades deriva de nuestro análisis de los datos locales disponibles y, al mismo tiempo, se fundamenta en el Plan de Desarrollo del Ayuntamiento de la Ciudad de Makeni para los años 2017-2019. Una encuesta a la población de Makeni ha revelado cómo el acceso a agua portátil y segura es todavía una de las mayores preocupaciones de sus habitantes y cómo los pozos actuales son inadecuados para los residentes, al igual que los espacios e instalaciones recreacionales existentes [12].

El acceso adecuado a agua de calidad es imprescindible para la salud pública de los ciudadanos [13] y, junto con la presencia de espacios públicos bien diseñados y gestionados, además de iluminados para posibilitar la realización de actividades después de las horas de luz natural, constituye una prerrequisito para el bienestar social, la protección de los derechos humanos de los más vulnerables y el desarrollo sostenible de Makeni [14].

Según los datos provenientes del Censo de 2004 y teniendo en cuenta las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), se ha estimado que tan sólo el 70% de la población tiene acceso a agua potable y de este porcentaje, hasta el 16,7% obtiene agua de pozos no protegidos.

Aunque no existan informes oficiales sobre la calidad del agua que se obtiene y su disponibilidad a lo largo del año, informaciones locales, como la conseguida a través de la tesis de Luis Perea “Hacia un análisis cuantitativo de la Ciudad Informal”, indican que existe una gran cantidad de pozos contaminados debido a la precariedad de la higiene, la mala construcción de letrinas, la falta de distancia suficiente entre letrinas y pozos y las constantes inundaciones que provocan una subida del nivel freático y la consecuente contaminación de las aguas subterráneas. También debemos considerar que al descender el nivel freático durante las épocas secas del año, un gran número de pozos se secan y la gente ha de desplazarse mayores distancias para conseguir agua.

Por lo que concierne a la infraestructura de agua, su grado de precariedad es crítico [15]. En 2008 se puso en marcha un proyecto de abastecimiento de agua potable por tubería a un sector de la ciudad con la intención de aumentar la cobertura. Este proyecto está siendo llevado a cabo por la *Compañía de agua de Sierra Leona (SALWACO)*, el *Ministerio de Recursos Hídricos* y el *Banco Africano de Desarrollo* [16] mientras que las obras de abastecimiento se han cedido a una constructora de origen chino [17]. Sin embargo, hoy en día no existe ninguna evidencia de los avances alcanzados ni de que hayan supuesto un aumento sustancial del porcentaje de hogares con suministro de agua entubada, más allá de dar servicio a un reducido número de puntos de agua públicos en la zona central de la ciudad [18].

#### 4. Propuesta de intervención: “Sustainable Parks System Makeni”

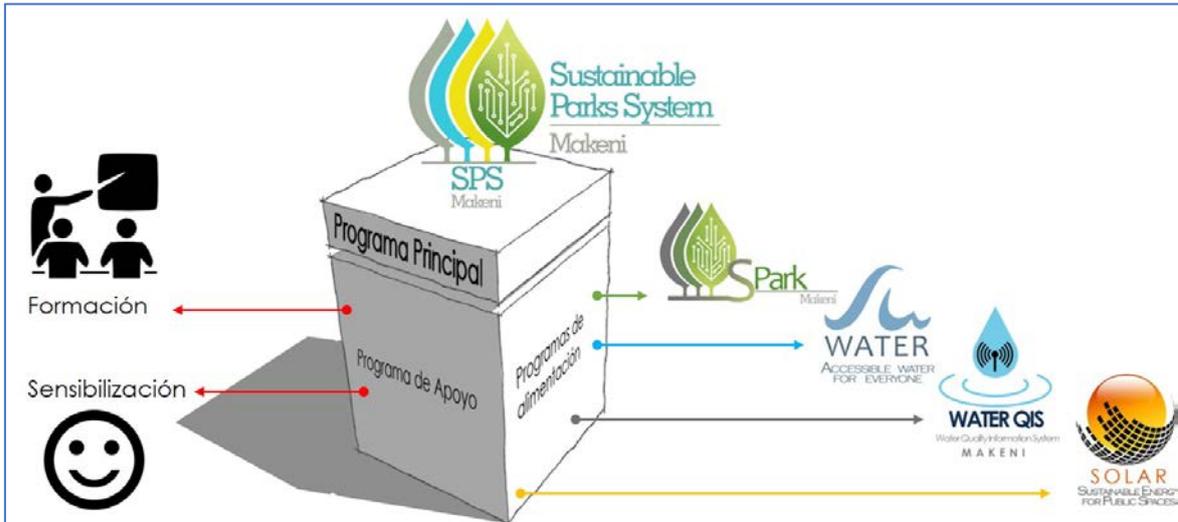
El programa *Sustainable Parks System Makeni (SPS)* consiste en la generación de un sistema o una red de espacios públicos modulares que abastezca a los habitantes de la ciudad de agua de calidad y de alumbrado público, representando al mismo tiempo un espacio versátil destinado a distintas actividades recreacionales: zonas de juego, jardines, mercados, canchas deportivas, etc (figura 2).



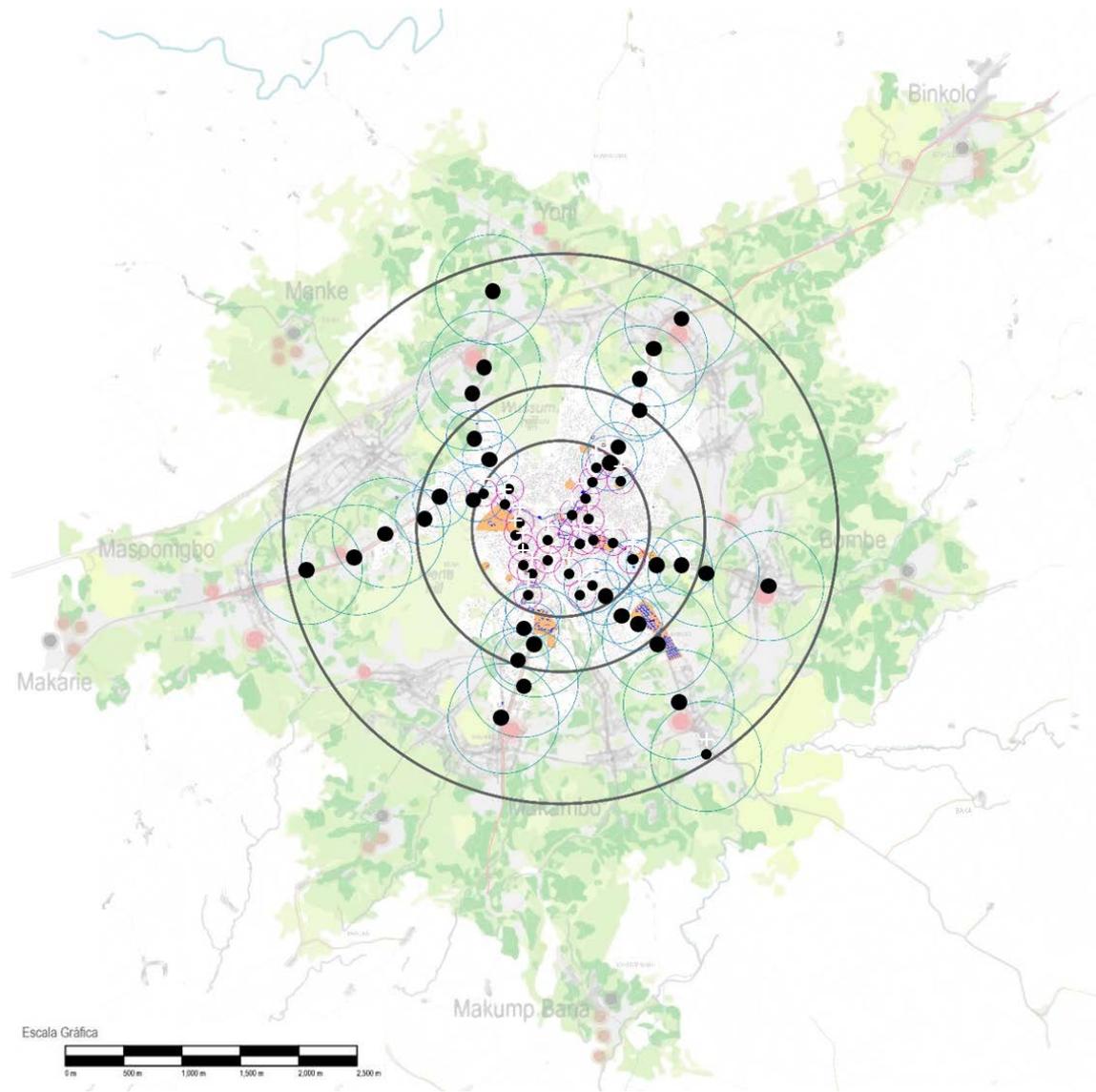
Figura 2. Diseño de *Sustainable Parks System Makeni*.  
Fuente: Elaboración propia.

El programa *SPS* se compone a su vez de cuatro programas alimentadores: *S-Park*, *Water QIS*, *Water* y *Solar*, cada uno de ellos especializado en dar solución a una o más de las problemáticas anteriormente detectadas a través de diferentes equipamientos; y de dos programas de apoyo. Cada espacio público de los que consta la red, al cual llamamos parque, consta de un conjunto de equipamientos replicables a otros parques pero al mismo tiempo, modulares, para asegurar la adaptación óptima a las necesidades y a las características de los diferentes tejidos urbanos de Makeni (figura 3 y 4).

En otras palabras para el diseño de los parques seguimos una estrategia de *espacio a espacio, caso a caso* teniendo en cuenta que la estructura de la ciudad es muy variada.



**Figura 3. Estructura del Programa Sustainable Parks System Makeni.**  
**Fuente: Elaboración propia.**



**Figura 3. Propuesta integral. Sustainable Parks Systems.**  
**Fuente: Elaboración propia.**

#### **4.1. Programa Principal**

El programa principal *SPS* contribuye a los objetivos de mejorar el acceso a agua de calidad, intensificar los espacios públicos recreativos e incrementar el alumbrado público.

Este programa principalmente establece una guía para el dimensionamiento y la localización de cada parque que constituye la red. Estas características están vinculadas a la tipología de tejido urbano y a la presencia de otros equipamientos cercanos como escuelas, centros religiosos, centros de salud etc. a los cuales asociar el parque (tabla 1). Mientras que el dimensionamiento de cada parque está acorde con la densidad alta, media y baja de cada tejido, el modelo de localización propuesto en Makeni no se basa en manuales sino en radios de cobertura creados a partir de experiencias parecidas de Chile y Japón [19].

**Tabla 1: Resumen de las características de los parques SPS. Fuente: elaboración propia.**

	Tipología del parque	Área del parque	Radio de cobertura	Personas atendidas
Tejido Central	Barrial	1000 m <sup>2</sup>	250 m	1055
Tejido intermedio	Vecinal	1000 – 3500 m <sup>2</sup>	500 m	3767
Tejido de crecimiento	Zonal	3500 m <sup>2</sup>	1 km	3827

#### 4.1.1. Programas de Alimentación

*S-Park* se encarga de aumentar el número de espacios públicos recreativos en la ciudad de Makeni a través de la construcción y gestión de los parques previstos en *SPS* (figura 5). Mientras que el programa principal establecerá las dimensiones y la localización de los parques, el programa alimentador *S-Park* se ocupará de elegir el uso recreacional de cada uno de ellos. Los espacios públicos diseñados son altamente versátiles en términos de uso para responder a las exigencias locales y pueden servir de jardines, zonas de juego, parques, canchas deportivas e incluso mercados temporales (estos últimos altamente demandados por los ciudadanos de Makeni), constituyendo espacios aptos para la vida comunitaria.



**Figura 5. Logotipo S-Park.**

El problema de acceso al agua de calidad será abordado a través de dos programas alimentadores complementarios y paralelos, *Water-QIS* y *Water*.

*Water-QIS* (figura 6) consiste en un sistema de medición de calidad del agua y de alerta temprana a los usuarios a través de *SMS*. Su diseño incluye un sensor situado en puntos de agua de los parques que permite medir y enviar en tiempo real los datos relativos a los principales indicadores de calidad del agua. También se ha desarrollado un protocolo de calidad del agua con una serie de acciones a llevar a cabo en el caso de que los datos obtenidos a través del sensor no cumplan con las recomendaciones de la OMS, que establece unos requisitos mínimos razonables para garantizar la inocuidad del agua.

El programa *Water-QIS* tiene la finalidad de resolver el problema del consumo de agua contaminada mediante mecanismos de análisis previo y control de los componentes peligrosos. Así mismo, *Water-QIS* cuenta con un sistema de envío automático de *SMS* a los usuarios de los puntos de agua avisándoles en el caso de posibles riesgos y ofreciendo medidas alternativas. De esta manera se genera una eficaz fuente de información a la comunidad y se asegura información constante sobre la calidad del agua para un acceso seguro por parte de la población.



**Figura 6. Logotipo Water Quality Information System.**

En cuanto al segundo programa alimentador que busca dar solución al problema de la falta de agua de calidad, *Water* se ocupa de proporcionar nuevas fuentes de agua seguras que no sufran de contaminación. El diseño del sistema hidráulico de *Water* incorpora pozos de los cuales se sacará agua a través del bombeo fotovoltaico, un depósito donde se almacenará el agua y unos grifos que serán utilizados por los habitantes directamente en los parques del programa *SPS*. La técnica de bombeo fotovoltaico en particular ha sido elegida por la alta disponibilidad de energía solar en Makeni y por su gran autonomía.



**Figura 7. Logotipo Water - Accessible Water for Everyone.**

El último programa alimentador, *Solar* (figura 8), tiene la finalidad de proveer energía fotovoltaica a través de paneles solares para la alimentación del sensor de medición de calidad del agua de *Water-QIS*, para el bombeo fotovoltaico previsto por *Water* y para incrementar el alumbrado público a lo largo de la ciudad, asegurándolo en todos los espacios recreativos de *SPS*. Los paneles solares serán colocados en el parque y servirán al mismo tiempo de tejado, para asegurar zonas de sombra en su interior. Esta medida permite garantizar iluminación a todas las horas del día y proporcionar energía limpia, barata y sostenible.



**Figura 8. Logotipo Solar - Sustainable Energy for Public Spaces.**

## 5. Actores implicados

A continuación, se detallan los principales actores involucrados en el programa *SPS* según programa alimentador: *S-Park*, *Water QIS*, *Water* y *Solar*. La lista incluye actores más o menos directamente implicados de distintos sectores: instituciones públicas, instituciones locales, compañías privadas, ONGs, organizaciones internacionales y universidades (tabla 2).

**Tabla 2: Actores implicados.**  
**Fuente: elaboración propia.**

			
Ministerio de Obras Públicas, Vivienda e Infraestructura	Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología	Ministerio de Recursos Hídricos	Ministerio de Energía
	Ministerio de Información y Comunicación	Compañía de agua de Sierra Leona (SALWACO)	Electricity Generation and Transmission Company (EGCT)
	Comisión nacional de telecomunicaciones (NATCOM)	ONG The Water Project	Electricity Distribution and Supply Company (EDSA)
Operadores telefónicos locales			
Universidad de Makeni (UNIMAK)			
Ayuntamiento de Makeni (Makeni City Council)			
Actores regionales (distrito de Bombali, provincia del Norte)			
Gobierno central de Sierra Leona			
Banco Africano de Desarrollo (ADB), PNUD			
ONG locales e internacionales			

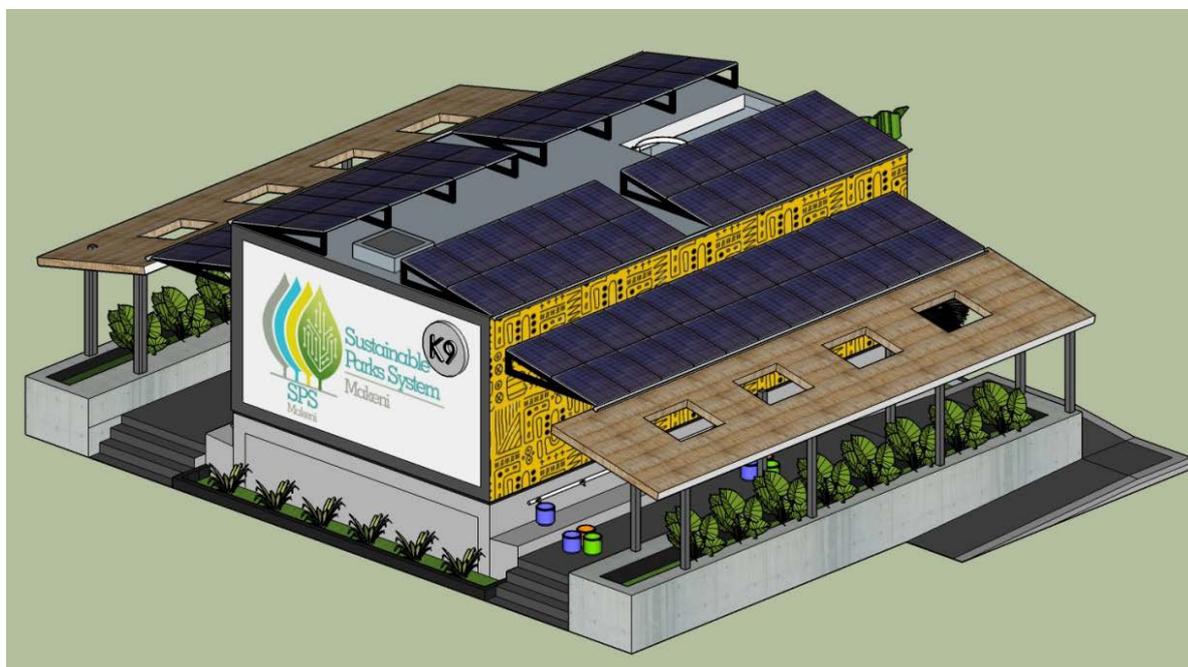
Asimismo, incorporamos un análisis de participación para determinar los beneficiarios directos, los beneficiarios indirectos, los neutrales/excluidos y los oponentes (tabla 3). Los primeros son los que se encuentran en una situación de mayor necesidad; los segundos los que tienen la posibilidad de aprovecharse de los beneficios generados por el programa; los terceros son los que no se verán afectados por el programa; y los últimos son esos actores que se verán perjudicados a causa de la iniciativa.

**Tabla 3. Análisis de participación.**  
**Fuente: elaboración propia.**

Beneficiarios directos	Beneficiarios indirectos	Neutrales	Oponentes
Habitantes de Makeni	Ayuntamiento de Makeni	Otras ciudades del distrito/país	Actuales comerciantes de agua
Grupo de mujeres y niños	Gobierno regional		Propietarios de viviendas en espacios vocativos de equipamiento recreativo
	Gobierno central		
	Equipamientos cercanos		
	UNIMAK		

## 6. Programa “Water”

Como se ha explicado anteriormente, el programa *Water* pretende buscar solución a la falta de agua de calidad en Makeni a través de nuevas fuentes de agua libres de contaminación. Mediante sistemas de bombeo fotovoltaico se almacenará agua en los diferentes depósitos ubicados en los parques del programa SPS, desde los cuales se ramificará a los distintos grifos para dar servicio a la población (figura 9).



**Figura 9. Estructura sistema hidráulico Programa WATER.**  
**Fuente: Elaboración propia.**

## 6.1 Diseño del Sistema Hidráulico “Water”

El sistema hidráulico consistirá en un pozo excavado en el terreno del parque con una bomba sumergida. A través de bombeo fotovoltaico, el agua se elevará hasta un depósito situado en el parque y desde allí se distribuirá por gravedad a los grifos de agua.

### 6.1.1. Cálculo del caudal necesario

Cada tipología de parque da servicio a un número diferente de usuarios calculado a través de los radios de cobertura de cada parque, a la densidad de población de los tejidos en los que se encuentra y al ratio de reducción aplicado en función del solapamiento de los radios de cobertura de varios parques.

Así llegamos a los datos de población a los que dará servicio cada tipo de parque. La OMS establece la cantidad de 20 litros de agua por persona para asegurar el consumo, la higiene y una limpieza básica de la ropa y el hogar [20]. Teniendo en cuenta este dato, calculamos el suministro de agua mínimo que debe garantizar al día cada parque (tabla 4).

**Tabla 4. Cantidad de agua diaria necesaria según tipología de parque.**  
Fuente: elaboración propia.

Tipología de parque	Personas a las que da servicio	Cantidad de agua diaria necesaria en el parque
Barriales	1055.47	21.11 m <sup>3</sup>
Vecinales	3767.34	75.35 m <sup>3</sup>
Zonales	3827.15	76.54 m <sup>3</sup>

Para la extracción del agua se utiliza una bomba sumergida alimentada a través de energía fotovoltaica. El sistema energético no utilizará acumulación, por lo que la bomba solamente estará en funcionamiento durante las horas de sol (tabla 5).

**Tabla 5. Necesidades del sistema hidráulico de los parques.**  
Fuente: elaboración propia.

Tipología de parque	Cantidad de agua diaria necesaria en el parque	H [m]
Barriales	21.11 m <sup>3</sup>	19 m
Vecinales	75.35 m <sup>3</sup>	19 m
Zonales	76.54 m <sup>3</sup>	19

### 6.1.2. Diseño del sistema de bombeo fotovoltaico

El bombeo fotovoltaico se realizará utilizando un sistema sin acumulación dadas las ventajas de reducción de costes y mayor simplicidad. La bomba funcionará mientras los paneles

solares entreguen energía y elevará el agua hasta un depósito desde el que posteriormente se distribuirá a los grifos del parque.

Para la selección de las bombas utilizaremos la herramienta online de la marca comercial de bombas *Grundfos* [21] que, en función de la cantidad de agua máxima diaria requerida por cada parque y la altura a la que se debe elevar el agua, nos proporciona la mejor configuración fotovoltaica posible y el modelo de bomba más adecuado.

La herramienta también requiere indicar el “mes de dimensionamiento” que en nuestro caso es el de menor irradiación solar. Para ello utilizamos los datos de irradiación solar en Makeni (latitud 8,888° Norte) obtenidos de la base de datos *Helioclim-3* [22] (tabla 6).

Teniendo en cuenta que los paneles se instalarán sobre la superficie del tejado del parque, que tiene una inclinación de 20° y orientación sur (ecuador), el mes con menos irradiación solar media es agosto. Por lo tanto será este mes el más restrictivo y para el que dimensionaremos la instalación de bombeo fotovoltaico (tabla 7).

**Tabla 6. Datos de entrada de la herramienta online.**  
Fuente: elaboración propia a partir de los datos de *Helioclim-3*.

	Barrial	Vecinal	Zonal
<b>Ubicación</b>	Makeni, Northern Province, Sierra Leone	Makeni, Northern Province, Sierra Leone	Makeni, Northern Province, Sierra Leone
<b>Tipo de sistema</b>	Solar	Solar	Solar
<b>Instalación</b>	Pozo de sondeo	Pozo de sondeo	Pozo de sondeo
<b>Volumen de agua [m<sup>3</sup>/día]</b>	21,11	75,35	76,54
<b>Altura geométrica desde el suelo [m]</b>	5	5	5
<b>Nivel dinámico del agua [m]</b>	12	12	12
<b>Perdida de carga en tubería [m]</b>	2	2	2
<b>Mes para el dimensionamiento</b>	Agosto	Agosto	Agosto
<b>Módulos solares</b>	GF 100 S	GF 100 S	GF 100 S

**Tabla 7. Características de los sistemas de bombeo fotovoltaico a partir de los datos obtenidos a través de la herramienta online.**

Fuente: elaboración propia a partir de los datos de la herramienta online Grundfos.

	Barrial	Vecinal	Zonal
<b>Bomba</b>	SQF 7-4	SQF 7-4	SQF 7-4
<b>Módulos solares GF 100 S en serie</b>	4	5	6
<b>Módulos solares GF 100 S en paralelo</b>	2	4	4
<b>Producción total de agua/año</b>	12000 m <sup>3</sup> /año	31100 m <sup>3</sup> /año	33900 m <sup>3</sup> /año
<b>Promedio producción agua/día</b>	32,8 m <sup>3</sup> /día	85,2 m <sup>3</sup> /día	93 m <sup>3</sup> /día
<b>Mínima producción agua/día</b>	22,5 m <sup>3</sup> /día	75,5 m <sup>3</sup> /día	86,1 m <sup>3</sup> /día
<b>Litros de agua producidos por W</b>	40,99 l/Wp/día	42,61 l/Wp/día	38,75 l/Wp/día
<b>Dimensión de la tubería</b>	DN50(44)	DN50(44)	DN50(44)
<b>Longitud cable (bomba)</b>	22 m	22 m	22 m
<b>Tamaño cable (bomba)</b>	1,5 mm <sup>2</sup>	2,5 mm <sup>2</sup>	1,5 mm <sup>2</sup>
<b>Pérdidas cable (bomba)</b>	1,9 %	1,6 %	2,2 %

Con esta bomba, y teniendo en cuenta las características y necesidades de cada parque, en el mes más deficiente para la extracción de agua en Makeni (agosto), la bomba extraerá 22,5 m<sup>3</sup>/día de agua en el parque “Barrial”, 75,5 m<sup>3</sup>/día en el parque “Vecinal” y 86,1 m<sup>3</sup>/día en el parque “Zonal”. Estos datos nos indican que la bomba será suficiente para abastecer con agua al número de personas propuestas incluso en el mes más restrictivo, ya que superan la cantidad de agua diaria necesaria. Por lo tanto, los equipos necesarios para cada parque se muestran en la tabla 8.

**Tabla 8. Equipos necesarios según tipología de parque.**

Fuente: elaboración propia.

	Barrial	Vecinal	Zonal
<b>Bomba</b>			
Marca	Grundfos	Grundfos	Grundfos
Modelo	SQF 7-4	SQF 7-4	SQF 7-4
Cantidad	1	1	1
<b>Paneles solares</b>			
Marca	Grundfos	Grundfos	Grundfos
Modelo	GF 100 S	GF 100 S	GF 100 S
Cantidad	8	20	24

### 6.1.3. Almacenamiento, distribución y estructura del sistema

Una vez extraída el agua, se elevará y almacenará en un depósito de hormigón armado, ubicado a 1,20m del suelo, desde donde se distribuirá por gravedad a todos los grifos (figura 10).



Figura 10. Ubicación del depósito.  
Fuente: elaboración propia.

Tabla 9. Dimensionamiento de los depósitos según tipología de parque.  
Fuente: elaboración propia.

Tipología de parque	Cantidad de agua diaria necesaria en el parque	Volumen del depósito	Dimensiones del depósito (alto*ancho*largo)
Barriales	21,11 m <sup>3</sup>	30 m <sup>3</sup>	3m x 5m x 2m
Vecinales	75,35 m <sup>3</sup>	90 m <sup>3</sup>	3m x 5m x 6m
Zonales	76,54 m <sup>3</sup>	90 m <sup>3</sup>	3m x 5m x 6m

Estos dimensionamientos específicos para el parque Vecinal y el Zonal se deben a motivos de sostenibilidad del depósito y dimensionamiento del mismo (tabla 9). Depósitos de hormigón armado de mayor tamaño podrían ocasionar problemas de construcción y estructura. Es por esto que se ha decidido reducir las dimensiones de los depósitos a 90m<sup>3</sup>, ofreciendo aun así agua disponible para más de un día y teniendo así margen suficiente en el caso de que hubiese algún problema en el sistema.

Para el cómputo de los puntos de agua necesarios calculamos la cantidad de agua que ha de suministrar un grifo en cada día de funcionamiento (tabla 10).

**Tabla 10. Número mínimo de grifos necesarios según tipología de parque.**

Fuente: elaboración propia.

Tipología de parque	Cantidad de agua diaria necesaria en el parque	Número mínimo de grifos
Barriales	21110 litros	$21110/7200 = 2,9$ grifos – 4 grifos
Vecinales	75350 litros	$75350/7200 = 10,5$ grifos – 12 grifos
Zonales	76540 litros	$76540/7200 = 10,6$ grifos – 12 grifos

## 7. Protocolo de calidad del agua

Como se ha mencionado anteriormente, a parte del programa *Water*, se propone el programa *Water Qis* para abordar el problema de acceso al agua de calidad. Para ello, se hará un estudio previo sobre protocolo de calidad del agua basado en recomendaciones de la OMS, en el que se establecen los principales agentes e indicadores de contaminación del agua, factores de peligro, medidas de control y recomendaciones para garantizar la inocuidad del agua. A partir de aquí, se procederá a establecer una serie de parámetros que nos servirán para la ejecución de medidas oportunas en el diseño del programa *Water Qis*, que estará presente dentro de cada uno de los parques del programa *SPS*. Este programa incluye además un sistema de telecomunicaciones que permite la alerta temprana a los usuarios de cada parque a través de *SMS*, avisándoles en caso de posibles riesgos y ofreciendo medidas alternativas. Se genera así una manera eficaz de información a la comunidad y se asegura información constante y acceso seguro sobre la calidad del agua para cada uno de los parques del programa *SPS*.

### 7.1. Principales agentes contaminantes

Según la OMS, la mayoría de los problemas graves de salud relacionados de forma evidente con el agua se deben a la contaminación por microorganismos (bacterias, virus, protozoos u otros organismos). Aun así, existen graves problemas de salud como consecuencia de la contaminación química del agua de consumo. Se han establecido un orden de prioridades de gestión para asegurar la salud pública [23]:

- Garantizar un suministro adecuado de agua microbiológicamente inocua y mantener su aceptabilidad para disuadir a los consumidores de consumir agua potencialmente menos segura desde el punto de vista microbiológico.
- Controlar los principales contaminantes químicos reconocidos como causantes de efectos adversos para la salud.
- Gestionar otros contaminantes químicos.

Para la determinación de las prioridades, han de tenerse en cuenta las diferentes fuentes de información, como la geología, la topografía, la cuenca de captación, el uso agrícola de la tierra, actividades industriales, estudios sanitarios, registros anteriores y conocimientos locales y comunitarios.

## 7.2. Diseño del protocolo de calidad del Agua. Water-QIS

Una vez estudiados los principales agentes contaminantes del agua y los indicadores y recomendaciones para la inocuidad del agua de consumo, se procede a diseñar el protocolo de calidad del agua mediante el diseño *Water-QIS*, que como se ha mencionado anteriormente, *consiste* en un sistema de medición de calidad del agua mediante un sensor comercial (*LIBELIUM*) ubicado en cada uno de los parques del programa *SPS*, que darán servicio a un número específico de personas. El sensor mide y envía en tiempo real los datos relativos a los principales indicadores de calidad del agua (pH, oxígeno disuelto, conductividad, temperatura, turbidez, potencial oxidación-reducción).

El protocolo de calidad de agua se encarga de definir los límites que provocan un cambio de estado de los parques en función de la calidad del agua disponible. El protocolo también contempla el tipo de *SMS* que se envía a los usuarios en cada cambio de estado y las condiciones que se tienen que dar para volver al estado inicial de agua de calidad.

Siguiendo los parámetros físicos y químicos aconsejados por la OMS y haciendo una comparación con los parámetros de Tanzania (por falta de datos de Sierra Leona), se han establecido los límites para cada uno de los indicadores que mide el sensor y los hemos clasificado dentro de tres categorías que utilizaremos a partir de ahora (figura 11).

Parámetros	OMS	EEUU	China	España	India	Tanzania	Tailandia
Dureza total (mg/L. CaCO <sub>3</sub> )	500	---	---	---	600	600	300
Turbidez (NTU)	5	1 – 5	5	---	---	30	5
Color	15	---	15	20	---	50	20
Hierro (mg/L. de Fe)	0,3	0,3	0,3	0,3	1	1	0,5
Manganeso (mg/L. de Mn)	0,3	0,05	0,1	0,05	0,5	0,5	0,3
PH	8,5	---	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,2	6,5-9,2	6,5-8,5
Nitrato (mg/L. NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	45	45	---	50	45	100	45
Sulfato (mg/L. de SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> )	400	---	---	250	400	600	250
Fluor (mg/L. de F <sub>2</sub> )	1,5	1,2-2,4	0,5-1	1,5	1,5	8,0	1-1,5
Cloro (mg/L.)	250	250	---	200	1000	800	330
Arsénico	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05
Cadmio (mg/L. de Cd)	0,005	0,01	0,01	0,005	0,01	0,05	---
Cromo (mg/L.)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Cianuro (mg/L.)	0,1	0,01	0,05	0,05	0,05	0,2	0,2
Cobre (mg/L. de Cu)	1,0	1,0	1,0	0,05	1,5	3,0	1,0
Plomo (mg/L. de Pb)	0,05	0,05	0,1	0,05	0,1	0,1	0,05
Mercurio (mg/l de Hg)	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	---	---

Figura 11. Comparación de algunos estándares químicos y físicos del agua de bebida a nivel mundial.

Fuente: Banco Mundial.

**Tabla 12. Clasificación de parámetros medidos por el sensor y límites de actuación.**  
**Fuente: elaboración propia.**

SENSOR LIBELIUM'S WASPMOTE PLUG AND SENSE			
PARÁMETROS	CRÍTICO	OBSERVACIÓN	ACEPTABLE
PH	<7 ó >8 (durante 15 min)	<7 ó >8 (entre 1 y 15 min)	7 - 8
CONDUCTIVIDAD	>1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ - 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	< 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$
TEMPERATURA	>35°C	35°C - 25°C	<25°C
TURBIDEZ	>30 NTU	5NTU - 30 NTU	<5 NTU

Aunque no se propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el PH, es uno de los parámetros más importantes para la calidad del agua (tabla 12). Se sugieren por lo tanto como valores óptimos, el rango entre 7 y 8. Si estos valores aumentan o disminuyen, se pasará a un estado de observación, siempre y cuando esta variación dure menos de 15 minutos.

Si por el contrario, esta variación en los valores se mantiene por más de 15 minutos, pasaremos directamente a un estado crítico en el que se procederá a realizar un análisis más exhaustivo del agua.

En cuanto a los valores establecidos para la conductividad, se consideran valores aceptables por debajo de los 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Como ya se ha explicado antes, valores altos de conductividad pueden suponer crecimiento de algas, agotando así el oxígeno del agua. Por este motivo, se establece que si estos valores aumentan, se establecerán medidas de observación, siempre y cuando no se superen los 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , ya que en tal caso, se establecerá un estado crítico en el que se procederá a realizar un análisis más exhaustivo del agua.

La temperatura es también uno de los indicadores claves para medir la calidad del agua, ya que altas temperaturas provocan un aumento en la velocidad de reacciones químicas y disminuye además la cantidad de oxígeno disuelto. También es un indicador importante de presencia de coliformes en el agua. Se ha establecido por lo tanto que una temperatura por encima de los 25°C pasará a estado de observación, siempre y cuando no supere los 35°C, donde se tendrá que proceder a un estado crítico en el que se procederá a realizar un análisis más exhaustivo del agua.

En cuanto a los valores de turbidez, aparte de problemas de aceptabilidad, altos valores pueden determinar la existencia de microorganismos en el agua. Es por eso que se ha determinado, siguiendo valores de la OMS, que cuando se superen los 5 NTU, se pasará a estado de observación, siempre y cuando no se superen valores de 30 NTU, donde se pasará directamente a un estado crítico en el que se procederá a realizar un análisis más exhaustivo del agua.

A continuación, se detallan los distintos estados en los que puede estar un parque y las acciones específicas que se llevan a cabo con cada cambio de estado.

### 7.2.1. Estados

El protocolo contempla tres posibles estados para la situación del agua de los parques: Abierto (verde), Precaución (amarillo) y Cuarentena (rojo) (tabla 13). En la siguiente tabla se detallan las características de cada estado, incluyendo la calidad que se puede esperar del agua del parque, el estado de las fuentes y la señalización que se colocará en el parque:

**Tabla 13. Estados de los pozos, características y señalizaciones de WATER-QIS.**

Fuente: elaboración propia.

	Estado	Calidad del agua	Puntos de agua	Señalización en el parque
	<b>Abierto</b>	Agua potable apta para consumo humano y para cualquier otro uso.	Abiertos	Bandera verde.
	<b>Precaución</b>	La calidad del agua está en duda. Es apta para todos los usos excepto para el consumo humano. Antes de su consumo se recomienda el utilizar algún método de potabilización como el clorado o el método Sodis.	Abiertos	Bandera amarilla. Carteles informativos en el parque con información sobre los parques más cercanos con estado verde.
	<b>Cuarentena</b>	No se puede garantizar una calidad del agua mínima. No se recomienda su uso para ninguna actividad.	Cerrados	Bandera roja. Carteles informativos en el parque con los parques más cercanos con estados verde o amarillo. Precintado de las fuentes de agua.

Como se puede ver en la tabla anterior, en función de la calidad del agua del parque, se asigna un estado al parque y se llevan a cabo una serie de acciones relacionadas con la disponibilidad del agua e información a los usuarios sobre los puntos de agua más cercanos.

La colocación de las banderas correspondientes se hará en lo alto de la estructura del parque y tiene por objetivo el que los usuarios puedan ver el estado del parque desde la distancia. Esto facilitará la información y evitará que los usuarios tengan que llegar hasta el parque para conocer su estado.

La persona responsable del parque será la encargada de colocar la bandera correspondiente y los carteles informativos con los parques más cercanos y el estado de cada uno de ellos.

Así mismo, estos carteles ofrecerán información para sensibilizar a la población sobre la importancia del consumo de un agua de calidad y sobre los métodos existentes para su potabilización.

### 7.2.2. Cambio de estado y envío de SMS

Los datos extremos específicos que provocan un cambio de estado de los parques están relacionados con la superación de unos valores límite por parte de los parámetros del agua medidos por los sensores de los parques: pH, conductividad, turbidez y temperatura.

En este apartado estudiaremos las acciones que se llevan a cabo cuando se produce un cambio de estado en cada parque, en particular el envío de SMS de aviso a los usuarios y las actividades que realizarán los técnicos de calidad del agua contratados por SPS (tabla 14).

**Tabla 14. Acciones de actuación dependiendo del cambio de estado de los parques.**

Fuente: elaboración propia.

	Cambio de estado a:	SMS enviado	Acciones llevadas a cabo por los técnicos
	<b>Cuarentena</b>	ALERTA ROJA: El parque XXX se encuentra en estado de CUARENTENA. Todas sus fuentes se encuentran CERRADAS. Se recomienda acudir a los parques YYY o ZZZ.	Envío de un técnico al parque para tomar muestras de agua y análisis en laboratorio.
	<b>Precaución</b>	ALERTA AMARILLA: El parque XXX se encuentra en estado de PRECAUCIÓN. No se garantiza la potabilidad del agua. Se recomienda acudir a los parques YYY o ZZZ.	Envío de un técnico al parque para tomar muestras de agua y análisis en laboratorio.
	<b>Abierto</b>	FIN DE ALERTA: El parque XXX se encuentra ABIERTO con agua potable de calidad. Puede acudir y consumir su agua con normalidad.	N/A

Hay que tener en cuenta que los SMS se enviarán solamente en el caso de un cambio de estado del parque.

Puesto que los parámetros medidos por el sensor tan solo muestran indicios de que el agua no tiene la suficiente calidad, es necesario que se haga un análisis más exhaustivo de la misma.

Es por ello que en cuanto se detecta algún dato extremo, se envía a los técnicos de calidad de agua a recoger muestras que serán analizadas en el laboratorio. Estas pruebas más exhaustivas permiten conocer la presencia de bacterias y coliformes en el agua y, por lo tanto, conocer con más exactitud la calidad del agua y su potabilidad. El laboratorio en el que se llevarán a cabo las pruebas se encuentra también en la Universidad de Makeni, UNIMAK.

En el caso de detectar que el agua contiene coliformes, se aplicará un tratamiento de cloro sobre el agua del depósito y se repetirán las mediciones de forma periódica, cambiando el estado del parque en función del resultado de las mismas.

En el siguiente diagrama de flujos se muestran las transiciones entre estados (figura 12).

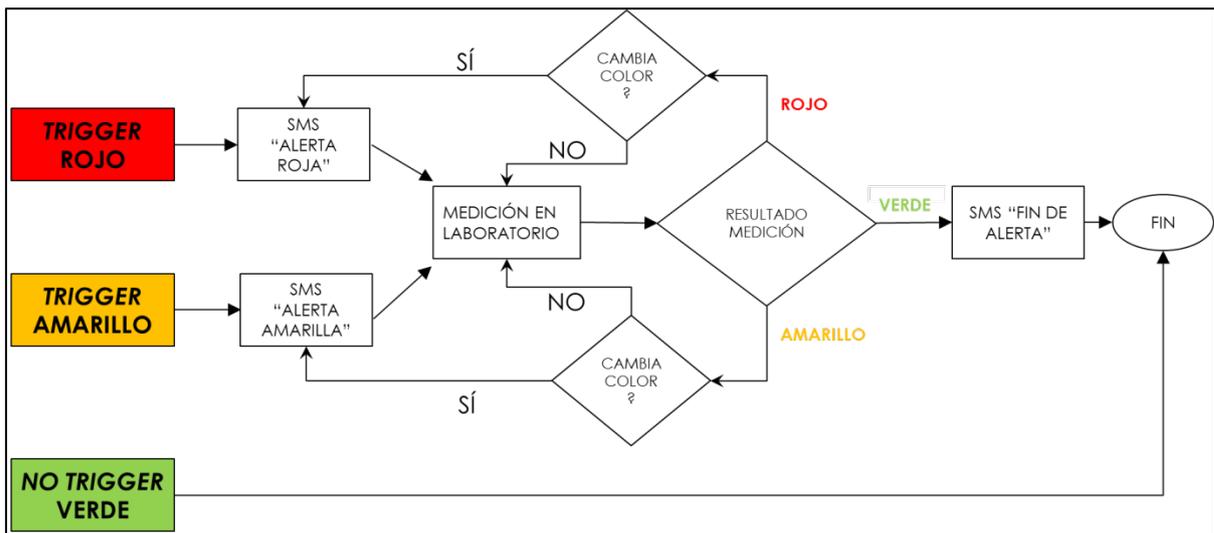


Figura 12. Flujograma de transiciones entre estados de los parques.  
Fuente: elaboración propia.

Siguiendo los niveles de riesgo ya explicados, se ha diseñado un protocolo de actuación para avisar a la población del estado de los pozos y posibles alternativas mediante envío de SMS (tabla 15).

Tabla 15.: Estado de los parques en función de los parámetros medidos de calidad de agua.  
Fuente: elaboración propia.

ABIERTO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Todos los parámetros están “aceptables”.</li> <li>- 3 parámetros “aceptables” + 1 parámetro “observación”.</li> </ul>
PRECAUCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 parámetros en “observación”.</li> </ul>
CUARENTENA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 parámetro “crítico”.</li> <li>- Más de dos parámetros en “observación”.</li> </ul>

## 8. Gestión del programa Water

### 8.1. Formación técnica

La ciudad cuenta con una universidad, *UNIMAK – University of Makeni*, que es la mayor universidad privada del país. Esta tiene un departamento específico de *Agricultura y Ciencias de la alimentación* en el que se imparten cursos de *Planificación y gestión de los recursos hídricos* e *Introducción a la ingeniería del suelo y del agua*.

Se aprovecharán las capacidades locales de los profesionales formados en *UNIMAK* para colaborar con la iniciativa *SPS*. Se les impartirá un curso de capacitación sobre el sistema específico de los parques que complemente su formación. Esta capacitación incluirá información sobre los sistemas hidráulicos y el diseño de los parques, así como información sobre el funcionamiento de *Water*.

## 8.2. Operación y Mantenimiento

Los técnicos estarán también encargados de la operación y el mantenimiento de los sistemas hidráulicos de los parques en uso.

Las labores principales de operación y mantenimiento que se llevarán a cabo en los parques son:

- Revisión mensual de todas las partes del sistema hidráulico de cada parque para prevenir fallos (depósito, grifos, tuberías, codos, etc.).
- Reparación y/o sustitución de las piezas defectuosas.
- Solicitud de nuevas piezas o equipos.

## 8.3. Sensibilización a la población sobre WATER

Esta sensibilización se limita a concienciar sobre la necesidad del cuidado de la instalación hidráulica y de los equipos con los que tienen más contacto directo los usuarios: los grifos, tuberías y el depósito. Además, la campaña de sensibilización se complementará con carteles informativos en todos los parques.

## 9. Presupuesto

Los costes totales del programa SPS suponen la suma de los costes de cada uno de los programas. En las siguientes tablas se muestran los distintos tipos de costes agregados de todo SPS.

**Tabla 16. CAPEX fijos de SPS.**  
Fuente: Elaboración propia.

INSTALACIÓN	COSTES
S-PARK	0,00 €
WATER	1.619,00 €
SOLAR	0,00 €
WATER-QIS	6.000,00 €
FORMACIÓN	10.000,00 €
<b>TOTAL</b>	<b>17.619,00 €</b>

**Tabla 17: OPEX fijos de SPS.**

Fuente: Elaboración propia.

MANTENIMIENTO	COSTES
S-PARK	0,00 €
WATER	160,32 €
SOLAR	100,00 €
WATER-QIS	345,83 €
FORMACIÓN	200,00 €
SENSIBILIZACIÓN	300,00 €
<b>TOTAL</b>	<b>1.106,15 €</b>

**Tabla 18: CAPEX variable de SPS por tipo de parque.**

Fuente: Elaboración propia.

COSTES VARIABLES SPS	BARRIAL (Losa deportiva)	BARRIAL (Centro comunitario / Mercado)	VECINAL	ZONAL
S-PARK	104.775,17 €	106.818,71 €	158.010,89 €	211.455,28 €
WATER	3.674,40 €	3.674,40 €	4.016,06 €	4.016,06 €
SOLAR	20.960,38 €	20.960,38 €	32.960,93 €	45.005,16 €
WATER-QIS	4.834,00 €	4.834,00 €	4,834.00 €	4.834,00 €
SENSIBILIZACIÓN	3.000,00 €	3.000,00 €	5.000,00 €	5.000,00 €
<b>TOTAL</b>	<b>137.243,95 €</b>	<b>139.287,49 €</b>	<b>204.821,88 €</b>	<b>270.310,50 €</b>

**Tabla 19: OPEX variable de SPS por tipo de parque.**

Fuente: Elaboración propia.

	BARRIAL (Losa deportiva)	BARRIAL (Centro comunitario / Mercado)	VECINAL	ZONAL
S-PARK	1.885,16 €	1.885,16 €	2.785,16 €	3.885,15 €
WATER	21,68 €	21,68 €	30,21 €	30,21 €
SOLAR	129,89 €	129,89 €	190,14 €	269,25 €
WATER-QIS	97,82 €	97,82 €	97,82 €	97,82 €
<b>TOTAL</b>	<b>2.134,55 €</b>	<b>2.134,55 €</b>	<b>3.103,33 €</b>	<b>4.282,43 €</b>

## 9. Limitaciones

Entre las limitaciones de *SPS*, sería necesario destacar la necesidad de aplicar encuestas previas y trabajos participativos con todos los actores involucrados para realizar una evaluación de factibilidad y aceptabilidad del proyecto, y obtener de este modo una aproximación más real de la situación actual. Para que la intervención se lleve a cabo con éxito, se requiere de una gran coordinación entre todas las partes, la implicación del gobierno y la aplicación de un plan de desarrollo urbanístico a largo plazo, al igual que un trabajo previo exhaustivo con la comunidad que asegure un efectivo proceso de escucha para garantizar su apropiación y uso. Existe también una notable limitación para conseguir algunos equipamientos, sobre todo tecnológicos, a nivel local.

Una vez llevada a cabo la intervención *SPS*, se requerirá apoyo financiero por parte del gobierno u otras instituciones para que los logros y los resultados obtenidos en esta primera fase continúen en los años siguientes. A su vez, la propuesta formulada en este trabajo no fue pensada como la solución a largo plazo sino a mediano, puesto que se está trabajando en una red hídrica que llegue directamente a cada casa de Makeni. También hay que subrayar que *SPS* únicamente está planificada para ser desarrollada en entornos urbanos, como es el de Makeni mismo.

Debido a las dimensiones de este artículo, solo se presentan dos de los cuatro programas de alimentación de *SPS*: *Water* y *Water QIS*, los programas relacionados al acceso a agua de calidad. Tan solo hacemos una breve mención al resto de potencial del prototipo que, sin embargo, está igualmente desarrollado en todos sus componentes.

## 10. Conclusiones

El objetivo principal del programa *SPS* es mejorar la calidad de vida de los habitantes de Makeni, garantizando su salud y bienestar. Los servicios básicos, y en particular el acceso a agua de calidad, representan unos requisitos imprescindibles para lograrlo y, sobre todo, son una condición inalienable de cada ser humano. El *SPS* pretende tener un impacto en las problemáticas de acceso a los servicios básicos identificadas como los más urgentes e indispensables en el contexto de Makeni.

Los programas presentados en este artículo cumplen con el ODS 6 de agua limpia y saneamiento, asegurando “agua libre de impurezas y accesible para todos” [24] puesto que todas las personas tienen derecho a disponer de forma continuada de agua suficiente, salubre, físicamente accesible, asequible y de una calidad aceptable, para uso personal y doméstico. La mejora del abastecimiento de agua influye positivamente en la salud, la seguridad alimentaria, en la educación y en la brecha de género (ODS 2, 3, 4 y 5) fomentando al mismo tiempo el crecimiento económico de un país y la reducción de la pobreza [25] (ODS 1, 8 y 10). En su totalidad, el *SPS* busca garantizar energía asequible y segura para el desarrollo de las actividades humanas después de las horas de luz natural y provee espacios públicos recreativos, los cuales según *UN Habitat* promueven la salud y el bienestar de todos los habitantes.

Finalmente, *SPS* es una solución diseñada teniendo en cuenta su potencial de escalabilidad y replicabilidad. Es un prototipo modular y reticulado que ha sido pensado para garantizar su escalabilidad desde un único parque hasta poder abarcar toda la ciudad de Makeni y su crecimiento futuro. Al tratarse de una solución en red, en la que todos los parques están interconectados a través del sistema *Water-QIS*, el sistema *SPS* ofrece una gran versatilidad y

una enorme capacidad de adaptación tanto a las posibles contingencias excepcionales como a los cambios que vaya sufriendo la ciudad a largo plazo. En cuanto a su replicabilidad, es fácilmente exportable a otros contextos con características similares. Gracias a sus diferentes componentes modulares, el prototipo puede aplicarse a lugares que sufran carencias en la provisión adecuada de servicios básicos, escasez de alumbrado o falta de espacios públicos.

## Referencias

- [1] Oxfam International: [www.oxfam.org/es/paises/siera-leona](http://www.oxfam.org/es/paises/siera-leona)
- [2] Perea Moreno, L. (2015) "Hacia un análisis cuantitativo de la Ciudad Informal"
- [3] Objetivos de Desarrollo Sostenible: [www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/](http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/)
- [4] The Government of Sierra Leone (2013), "The Agenda for Prosperity"
- [5] Makeni City Council (2016), "Revised Medium Term Development Plan 2017-2019"
- [6] Fernández García, N. y Salas Ruíz, A. (2014) "Infraestructura Verde Urbana"
- [7] Population and Housing Census (2015)
- [8] Population and Housing Census (2015)
- [9] Population and Housing Census (2015)
- [10] Population and Housing Census (2015)
- [11] Perea Moreno, L. (2015) "Hacia un análisis cuantitativo de la Ciudad Informal"
- [12] Makeni City Council (2016), "Revised Medium Term Development Plan 2017-2019"
- [13] Organización Mundial de la Salud: [www.who.int/water\\_sanitation\\_health/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/en/)
- [14] UN Habitat: [hunhabitat.org/public-spaces-for-all-2/](http://hunhabitat.org/public-spaces-for-all-2/)
- [15] Perea Moreno, L. (2015) "Hacia un análisis cuantitativo de la Ciudad Informal"
- [16] Three towns water supply and sanitation project. African Development Bank Group (2010)
- [17] Perea Moreno, L. (2015) "Hacia un análisis cuantitativo de la Ciudad Informal"
- [18] Awoko.org (2016): [awoko.org/2016/03/03/sierra-leone-news-water-minister-celebrates-in-makeni-as-salone-tops-128-countries/](http://awoko.org/2016/03/03/sierra-leone-news-water-minister-celebrates-in-makeni-as-salone-tops-128-countries/)
- [19] Asakawa, S.; Yoshida; K. y Yabe, K., (2004) "Perceptions of urban stream corridors within the greenway system of Sapporo, Japan. Landscape and Urban Planning"

[20] World Health Organization: [ww.who.int/water\\_sanitation\\_health/diseases/WSH03.02.pdf](http://ww.who.int/water_sanitation_health/diseases/WSH03.02.pdf)

[21] Grundfos: [www.product-selection.grundfos.com](http://www.product-selection.grundfos.com)

[22] Helioclim-3: [www.soda-pro.com/web-services/radiation/helioclim-3-archives-for-free](http://www.soda-pro.com/web-services/radiation/helioclim-3-archives-for-free)

[23] World Health Organization  
[www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3\\_es\\_full\\_lowres.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf)

[24] Sustainable Development Goals, UN [www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/](http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/)

[25] Organización Mundial de la Salud [www.who.int/mediacentre/factsheets/fs391/es/](http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs391/es/)