

OPS/CEPIS/PUB/02.87

Original: español

INDICADORES PARA EL GERENCIAMIENTO DEL SERVICIO DE LIMPIEZA PÚBLICA

Segunda edición revisada y ampliada

Ing. Fernando A. Paraguassú de Sá

Ing. Carmen Rosío Rojas Rodríguez



Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria
y Ciencias del Ambiente - CEPIS
División de Salud y Ambiente
Organización Panamericana de la Salud
Organización Mundial de la Salud

Auspiciado por:



Lima, 2002

© El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, OPS/CEPIS, se reserva todos los derechos. El contenido de este documento puede ser reseñado, reproducido o traducido en su totalidad o en parte, sin autorización previa, siempre que se especifique la fuente y no se use para fines comerciales.

Los autores son responsables de las opiniones expresadas en este documento.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	PROBLEMÁTICA	1
3.	OBJETIVO GENERAL	1
3.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	1
4.	DEFINICIÓN DE INDICADORES	2
5.	INFORMACIÓN BASE PARA LA OBTENCIÓN DE INDICADORES	3
5.1	INDICADORES GENERALES	3
5.2	INDICADORES OPERACIONALES	3
5.3	INDICADORES FINANCIEROS	5
5.4	INDICADORES COMERCIALES	5
5.5	INDICADORES DE CALIDAD	5
5.6	INDICADORES DE COSTO	6
5.7	INDICADORES DE SEGURIDAD	6
6.	INSTRUMENTOS DE REGISTRO Y EQUIPOS PARA LA RECOPIACIÓN Y TABULACIÓN DE LA INFORMACIÓN BASE	7
6.1	INSTRUMENTOS Y EQUIPOS PARA LA RECOPIACIÓN DE DATOS	7
6.2	INSTRUMENTOS Y EQUIPOS PARA LA TABULACION DE DATOS	8
7.	INDICADORES	9
7.1	INDICADORES GENERALES	9
7.1.1	Para todos los servicios	9
7.1.1.1	Relación generación de residuos/PBI	9
7.1.2	Servicio de barrido	9
7.1.2.1	Habitantes/barredor	9
7.1.3	Servicio de recolección	10
7.1.3.1	Habitantes/ayudantes de recolección	10
7.1.3.2	Habitantes/vehículo de recolección	10
7.1.3.3	Kilogramo/habitante/día	11
7.1.4	Servicio de transferencia	11
7.1.4.1	Densidad de los residuos (en la unidad de transferencia)	11
7.1.5	Servicio de disposición final	12
7.1.5.1	Densidad de los residuos (en el relleno sanitario)	12
7.2	INDICADORES OPERACIONALES	12
7.2.1	Servicio de barrido	12
7.2.1.1	Cobertura del barrido de calles (%)	12

7.2.1.2	Comparación de kilómetros barridos versus horas pagadas	13
7.2.1.3	Consumo de bolsas/barredor/día	13
7.2.1.4	Consumo de bolsas/kilómetro barrido	13
7.2.1.5	Consumo de escobas/kilómetro barrido	14
7.2.1.6	Km lineales barridos/barredor/día (calles)	14
7.2.1.7	m ² barridos/barredor/día (plazas)	15
7.2.2	Servicio de recolección	15
7.2.2.1	Ayudante/vehículos programados/día	15
7.2.2.2	Cobertura de recolección (%)	15
7.2.2.3	Comparación de toneladas recolectadas versus horas pagadas	16
7.2.2.4	kg/kilómetro de sector	16
7.2.2.5	kg/kilómetro total recorrido	17
7.2.2.6	Toneladas/ayudante/día	17
7.2.2.7	Toneladas/sector/día	17
7.2.2.8	Toneladas/tiempo total de recolección	18
7.2.2.9	Toneladas/vehículos programados/día	18
7.2.2.10	Tonelada/viaje	19
7.2.3	Servicio de recolección selectiva	19
7.2.3.1	Porcentaje de desvío de residuos	19
7.2.3.2	Rendimiento de la recolección selectiva mensual	20
7.2.3.3	Rendimiento efectivo de la recolección selectiva	20
7.2.4	Servicio de transferencia	20
7.2.4.1	Toneladas/tiempo total de transferencia	21
7.2.4.2	Toneladas/vehículos programados/día	21
7.2.4.3	Toneladas/viaje	21
7.2.5	Servicio de disposición final	22
7.2.5.1	Cobertura del servicio de disposición final (%)	22
7.2.5.2	Relación entre capacidad neta y volumen a ocupar en un relleno sanitario	22
7.2.5.3	Rendimiento de compost por tonelada de residuo	23
7.2.5.4	Toneladas recibidas/horas máquina	23
7.2.6	Servicio de mantenimiento	24
7.2.6.1	Disponibilidad mensual de vehículos (%)	24
7.2.6.2	Operatividad de los vehículos de recolección (%)	24
7.2.6.3	Rendimiento del combustible	24
7.2.6.4	Rendimiento de neumáticos	25
7.2.6.5	Horas trabajadas en mantenimiento correctivo/horas trabajadas en mantenimiento	25
7.2.6.6	Horas trabajadas en mantenimiento preventivo/horas trabajadas en mantenimiento	25
7.2.6.7	Órdenes de trabajo planificadas/órdenes de trabajo ejecutadas	26
7.2.6.8	Productividad del personal de mantenimiento	26
7.3	INDICADORES ECONÓMICO-FINANCIEROS	27
7.3.1	Índices de liquidez	27
7.3.1.1	Liquidez general	27
7.3.1.2	Prueba ácida o prueba de fuego	27
7.3.2	Razón de endeudamiento	27
7.3.2.1	Endeudamiento de largo plazo del activo fijo neto	27
7.3.2.2	Endeudamiento del activo total	28
7.3.2.3	Endeudamiento patrimonial	28
7.3.2.4	Endeudamiento patrimonial de largo plazo	28
7.3.3	Razón de gestión	28

7.3.3.1	Relación de costos/ingresos	28
7.3.3.2	Relación de costos/utilidad bruta	29
7.3.3.3	Rotación de cuentas por cobrar	29
7.3.4	Razón de rentabilidad	29
7.3.4.1	Rentabilidad de las ventas netas	29
7.4	INDICADORES COMERCIALES	30
7.4.1	Indicadores de facturación	30
7.4.2	Indicadores de financiamiento	30
7.4.2.1	Presupuesto del servicio de limpieza urbana-presupuesto municipal	30
7.5	INDICADORES DE CALIDAD Y DE ACEPTACION PÚBLICA	31
7.5.1	Indicadores de calidad	31
7.5.2	Indicadores de aceptación pública	33
7.5.2.1	Frecuencia de reclamos	33
7.5.2.2	Porcentaje de usuarios satisfechos	34
7.5.2.3	Reclamos por grupo de 50.000 habitantes	34
7.5.2.4	Porcentaje de acceso al servicio	34
7.5.2.5	Porcentaje de población atendida	34
7.6	INDICADORES DE COSTOS	34
7.6.1	Costo de neumáticos por km	35
7.6.2	Costo de financiamiento de un relleno sanitario	35
7.6.3	Costos de mantenimiento por toneladas recolectadas	36
7.6.4	Costo por kilómetro	36
7.6.5	Costo por hora de operación de los vehículos	36
7.6.6	Costo por kilómetro lineal o área barrida	37
7.6.7	Costo por kilómetro recorrido	37
7.6.8	Costo por persona atendida	37
7.6.9	Costo por servicio de mantenimiento	38
7.6.10	Costo por tonelada dispuesta	38
7.6.11	Costo por tonelada recolectada	38
7.6.12	Costo por tonelada transferida	39
7.7	INDICADORES DE INFRAESTRUCTURA URBANA	39
7.8	INDICADORES DE CALIDAD AMBIENTAL	39
7.8.1	Biogás	40
7.8.1.1	Generación de biogás	40
7.8.1.2	Potencial energético del biogás por tonelada dispuesta	42
7.8.2	Gases y ruidos	43
7.8.2.1	Límites máximos permisibles para las emisiones de gases	43
7.8.2.2	Límites máximos permisibles de generación de ruido	44
7.8.3	Lixiviados	44
7.8.3.1	Generación de lixiviados	44
7.8.3.2	Características físicas, químicas y biológicas de los lixiviados	47
7.9	INDICADOR DE AUSENTISMO	47
7.10	INDICADORES DE SEGURIDAD	48
7.10.1	Accidentes de tránsito	48
7.10.2	Frecuencia acumulada de accidentes	48
7.10.3	Frecuencia mensual de accidentes con descanso médico	48
7.10.4	Frecuencia mensual de accidentes sin descanso médico	48
7.10.5	Frecuencia mensual de accidentes	49
7.10.6	Índice de incidencia	49
7.10.7	Índice de severidad	49

8.	DIMENSIONAMIENTO DE LA RECOLECCIÓN DOMICILIARIA	52
8.1	Estimación de la cantidad de residuos sólidos generados	52
8.2	Características y dimensionamiento de la flota de recolección	54
8.3	Cálculo del número de viajes	55
8.4	Definición de los sectores de recolección	55
8.5	Definición de la frecuencia de recolección	56
8.6	Definición de los horarios de recolección	56
8.7	Definición de las rutas de recolección	56
9.	ESTRUCTURA ORGÁNICA DEL ENTE OPERADOR	57
10.	FLUJO DE INFORMACIÓN EN LA ESTRUCTURA ORGÁNICA DEL ENTE OPERADOR	59
11.	DISTRIBUCIÓN DE INDICADORES EN LA ESTRUCTURA ORGÁNICA DEL ENTE OPERADOR	63
12.	CONCLUSIONES	65
13.	RECOMENDACIONES	65
14.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
15.	ANEXOS	68
15.1	Glosario	68
15.2	Ejemplos de indicadores de algunos países de la Región	70

PRESENTACIÓN

En América Latina y el Caribe se genera diariamente alrededor de 360.000 toneladas de residuos sólidos municipales. La cobertura de la recolección es de 80 a 85% en las grandes ciudades y de 50 a 70% en las ciudades pequeñas y medianas. La disposición final generalmente se realiza en botaderos a cielo abierto y menos de 30% de los residuos recolectados se disponen en rellenos sanitarios y vertederos controlados. La segregación de la basura es practicada por más de 100.000 familias y 10 a 30% de los que se dedican a esta riesgosa tarea son niños. Esta problemática releva la necesidad de contar con una gestión integrada y moderna.

La información que se ofrece está basada en la experiencia profesional de sus autores, tanto en la administración pública en Río de Janeiro y Lima, como en la administración privada. En la actividad privada se destaca la gestión que se realiza en la empresa Vega Upaca S.A. – Relima, que posee un contrato de concesión del servicio de limpieza pública con la Municipalidad de Lima Metropolitana, Perú. Relima es el resultado del consorcio constituido por las empresas Vega Engenharia Ambiental de Brasil y Upaca Ecovida S.A., empresa subsidiaria de la Constructora Upaca del Perú. Actualmente Relima forma parte de la Corporación Internacional Suez de Francia.

La presente coedición del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, OPS/CEPIS, y de Vega Upaca S.A. – Relima, está dedicada a los profesionales, consultores, administradores y políticos que actúan en el campo de los residuos sólidos en la Región de América Latina.

La primera edición de 2001 tuvo gran aceptación entre las municipalidades y empresas empeñadas en mejorar la calidad de sus servicios, así como entre los profesionales responsables del manejo de los residuos sólidos y los que toman las decisiones pertinentes al sector.

Por esos motivos, la edición mencionada se agotó rápidamente y se vió la necesidad de actualizar la versión anterior con la incorporación de nuevos conceptos e indicadores.

Así, esta segunda edición, incorpora nuevos indicadores de gestión, operación, mantenimiento, financieros y comerciales. También se identifican indicadores de seguridad industrial y en un capítulo adicional se aborda la planificación de los servicios y se incluye un glosario especializado.

ABREVIATURAS UTILIZADAS

aprox.	aproximado
ayud.	ayudante/s
barred.	barredor/es
cob.	cobertura
disp.	disposición
hab.	habitante/s
kg	kilogramo/s
km	kilómetro/s
m ²	metro/s cuadrado/s
m ³	metro/s cúbico/s
nº.	número
organ.	organización
PBI	producto bruto interno
P. de T. - R.S.	planta de transferencia - relleno sanitario
Pob.	población
recolec.	recolección
R.H.	recursos humanos
RS	relleno sanitario
t	tonelada/s
trab.	trabajador
vehíc. de transfer.	vehículo/s de transferencia

1. INTRODUCCIÓN

El estudio de la gestión de los servicios de limpieza pública en América Latina es un tema que ha adquirido creciente importancia en las últimas décadas, entre otros factores, por la necesidad de alcanzar niveles de eficiencia y competitividad. En este contexto surge la necesidad de establecer parámetros basados en el nivel de cobertura, productividad y efectividad de los servicios, con el objetivo de obtener una relación favorable de costo-beneficio.

El sector privado ha mostrado un mayor avance en este campo y ha adoptado sistemas de aseguramiento de la calidad que le ha permitido un marco adecuado para la gestión efectiva y el control de la calidad de sus servicios.

2. PROBLEMÁTICA

La prestación del servicio de limpieza pública demanda una unidad o unidades técnicas que se hagan cargo de su manejo y control. En América Latina, este servicio generalmente es ejecutado por el sector público, quien encarga su manejo a personas sin debida preparación técnica, que se guían únicamente por la intuición y la experiencia. Esta deficiencia se manifiesta en la falta de control del rendimiento de equipo y personal, lo que conlleva al aumento en costos, disminución del rendimiento del personal y reducción de la vida útil de los equipos.

La situación permite concluir que la principal causa del problema es la falta de capacitación en todos los niveles jerárquicos, tanto del sector público como del privado, aunque en este último se le da mayor atención porque de lo contrario tendrían resultados financieros negativos.

3. OBJETIVO GENERAL

Determinar indicadores que permitan evaluar el desempeño del servicio de limpieza pública e identificar aquellos que por su naturaleza e importancia deben ser manejados por determinados niveles jerárquicos del ente responsable de la actividad, sea privado o público.

3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ? Identificar la información base que se requiere para la obtención de indicadores operacionales, financieros y comerciales.
- ? Identificar instrumentos y equipos que permitan obtener, recopilar y tabular la información base.
- ? Establecer la estructura orgánica del ente responsable que permita una mayor fluidez en la obtención y transmisión de la información requerida.

4. DEFINICIÓN DE INDICADORES

Los indicadores son cifras que se obtienen a través del análisis de actividades y resultan de relacionar cantidades prefijadas para obtener valores determinados. La comparación constante de los valores obtenidos se utiliza para la toma de decisiones y el mejoramiento continuo, por ello, representan una herramienta gerencial.

Los principales criterios para la elaboración y selección de indicadores son:

Características de los datos	Prioridad para su aplicación	Utilidad para el usuario
Específicos Medibles Accesibles Registrados con métodos adecuados y con frecuencia diaria o semanal Registrados y tabulados por personal capacitado	Representativos Registrados en parámetros y escalas de uso frecuente De cobertura local, nacional y regional Sensible a los cambios	Aplicable a la realidad No redundable Comprensible Interpretable Comparable Permite conocer el costo-beneficio

La definición de indicador encierra una serie de conceptos, cuyos usos y propósitos se relacionan con la estadística. Esos conceptos se detallan a continuación:

Indicador estadístico: Es el dato numérico, resultado de un proceso que cuantifica científicamente una característica de una población o muestra. El indicador relaciona uno o más datos de las variables. Ejemplos: promedios, porcentajes, tasas, índices, variaciones, etc.

Índice: Son parámetros que miden cada indicador, al que le atribuyen valores numéricos.

Razón: Permiten vincular cantidades o valores muy dispares, pueden o no expresarse en porcentaje. Ejemplo: habitantes/km².

Proporción: Indica a qué fracción del conjunto total se aplica la característica considerada. Ejemplo: cantidad de residuos generados en un sector respecto al área total de una ciudad.

Tasas: Son proporciones para cantidades o valores (se expresa por cada 1.000 habitantes). Son indicadores de uso corriente. Ejemplo: tasa de accidentes de trabajo.

5. INFORMACIÓN BASE PARA LA OBTENCIÓN DE INDICADORES

Los indicadores, como se ha mencionado, resultan de relacionar cantidades prefijadas. Estas cantidades, que en lo sucesivo se denominarán información base, se obtienen del monitoreo constante de las actividades que conforman el servicio de limpieza pública.

A continuación se lista la información base necesaria para la obtención de indicadores generales, operacionales, financieros, comerciales, de calidad y de costos.

5.1 INDICADORES GENERALES

Cantidad de vehículos de recolección = n.^o de vehículos de recolección
Cantidad de residuos recibidos en el relleno sanitario en un período de tiempo = t/día, t/semana o t/mes
Cantidad de residuos recolectados al día = t recolectadas/día
Cantidad de residuos transportados por vehículo de transferencia = t/vehíc. de transfer.
Cantidad total de barredores = n.^o de barredores
Cantidad total de ayudantes de recolección = n.^o de ayudantes de recolección
Capacidad del vehículo de transferencia = m³/vehíc. de transfer.
Población total = n.^o de habitantes
Volumen ocupado por los residuos en el relleno sanitario en un período de tiempo = m³/día o m³/semana o m³/mes.

5.2 INDICADORES OPERACIONALES

Servicio de barrido

Área total de plazas barridas al mes = m² barridos/mes
Cantidad de barredores efectivos al mes = n.^o barredores efectivos/mes
Cantidad de horas pagadas al mes = n.^o horas pagadas/mes
Consumo total de bolsas al mes = n.^o bolsas/mes
Consumo total de escobas al mes = n.^o escobas/mes
Días efectivos trabajados al mes = n.^o días trabajados/mes
Longitud de calles barridas al mes = km barridos/mes
Longitud total de calles barridas = total km barridos
Longitud total de calles del área donde se presta el servicio = total km de calles.

Servicio de recolección

Cantidad de ayudantes efectivos al mes = n.^o ayudantes/mes
Cantidad de jornadas trabajadas por los ayudantes al mes = n.^o jornadas trab./ayud./mes

Cantidad de residuos recolectados al mes = t recolectadas/mes
Cantidad de sectores = n.^o de sectores
Cantidad de vehículos programados = n.^o vehículos programados
Cantidad de viajes realizados al mes = n.^o viajes/mes
Cantidad total de horas pagadas al mes = horas pagadas/mes
Días efectivos de trabajo al mes = n.^o días trabajados/mes
Longitud recorrida en los sectores al mes = km recorridos/sectores/mes
Longitud total recorrida por los vehículos al mes = total km recorridos/vehículo/
mes
Población urbana servida = n.^o de habitantes servidos
Población urbana total = n.^o de habitantes
Tiempo de recolección al mes = horas de recolección/mes.

Servicio de recolección selectiva

Cantidad de residuos reciclables recolectados al mes = t reciclables recolectados/mes
Cantidad de residuos recolectados al mes = t recolectadas/mes
Cantidad de residuos recuperados al mes = t recuperadas/mes.

Servicio de transferencia

Cantidad de residuos transferidos al mes = t transferidas/mes
Cantidad de vehículos de transferencia = n.^o total vehículos
Cantidad de viajes realizados al mes = n.^o viajes/mes
Días efectivos de trabajo al mes = n.^o días trabajados/mes
Tiempo de transferencia al mes = horas de transferencia/mes.

Servicio de disposición final

Cantidad de residuos dispuestos en el relleno sanitario al mes = t dispuestas/mes
Cantidad de horas máquinas empleadas al mes = horas máquina empleadas/mes

Servicio de mantenimiento

Cantidad de combustible utilizado por los vehículos de recolección al mes = galones o litros/mes
Cantidad de horas-hombre efectivas de trabajo en mantenimiento correctivo = n.^o horas mantenimiento correctivo
Cantidad de horas-hombre efectivas de trabajo en mantenimiento preventivo = n.^o horas mantenimiento preventivo
Cantidad de horas-hombre efectivas de trabajo = n.^o horas efectivas trabajo
Cantidad de horas de mantenimiento por vehículo = n.^o horas mantenimiento/vehículo

Cantidad de horas laboradas por vehículo = n.º horas laboradas/vehículo
Cantidad de órdenes de trabajo ejecutadas = n.º órdenes de trabajo ejecutadas
Cantidad de órdenes de trabajo planificadas = n.º órdenes de trabajo planificadas
Cantidad de vehículos de recolección = n.º vehículos recolección
Cantidad de vehículos de recolección operativos = n.º de vehículos de recolección operativos
Longitud recorrida por los vehículos al mes = km recorridos/sectores/mes
Longitud rodada por neumático = km rodados/neumático.

5.3 INDICADORES FINANCIEROS

Activo corriente
Activo fijo neto
Activo total
Costo del servicio
Costo operativo
Cuentas comerciales por cobrar
Existencias
Gastos pagados por anticipado
Ingresos
Ingresos por servicios al crédito
Pasivo corriente
Pasivo no corriente
Pasivo total
Patrimonio
Utilidad bruta
Utilidad neta.

5.4 INDICADORES COMERCIALES

Presupuesto del servicio de limpieza urbana = Valor presupuestado/año
Presupuesto municipal = Valor presupuestado/año
Valor mensual facturado = Unidad monetaria facturada/mes
Valor mensual cobrado a clientes públicos = Unidad monetaria cobrada/clientes públicos/mes
Valor mensual cobrado a clientes privados = Unidad monetaria cobrada/clientes privados/mes.

5.5 INDICADORES DE CALIDAD

Cantidad de habitantes que no utiliza el servicio
Cantidad de días de recolección en una semana
Cantidad de días útiles en una semana

Cantidad de usuarios atendidos
Cantidad de reclamos procedentes
Cantidad mensual, trimestral o anual de reclamos
Cantidad de usuarios encuestados satisfechos
Cantidad total de usuarios.

5.6 INDICADORES DE COSTO

Cantidad de reencaches = $n.^{\circ}$ reencaches
Cantidad de residuos dispuestos al mes = t dispuestas/mes
Cantidad de residuos recolectados al mes = t recolectadas/mes
Cantidad de residuos transferidos al mes = t transferidas/mes
Cantidad de ruedas por vehículo = $n.^{\circ}$ ruedas/vehículo
Cantidad de usuarios atendidos = $n.^{\circ}$ usuarios atendidos
Costo de un neumático nuevo = Valor/neumático nuevo
Costo de un neumático reencauchado = Valor/neumático reencauchado
Costo total del servicio de barrido al mes = Costo/servicio barrido/mes
Costo total del servicio de disposición final al mes = Costo/servicio disp. final/mes
Costo total del servicio de mantenimiento al mes = Costo/servicio mantenimiento/
mes
Costo total del servicio de recolección al mes = Costo/servicio recolección/mes
Costo total del servicio de transferencia al mes = Costo/servicio transferencia/mes
Longitud o área total de calles o plazas barridas al mes = km lineales o km^2 barri-
dos/mes
Longitud total recorrida por los vehículos al mes = total km recorridos/vehículo/
mes
Vida útil de un neumático nuevo = total km recorridos/neumático nuevo
Vida útil de un neumático reencauchado = total km recorridos/neumático
reencauchado.

5.7 INDICADORES DE SEGURIDAD

Cantidad de accidentes al mes = $n.^{\circ}$ accidentes /mes
Cantidad de accidentes acumulados en el mes anterior = $n.^{\circ}$ accidentes acumula-
dos/mes anterior
Cantidad de accidentes con descanso médico al mes = $n.^{\circ}$ accidentes con des-
canso/mes
Cantidad de accidentes sin descanso médico al mes = $n.^{\circ}$ accidentes sin descan-
so/mes
Cantidad de días de descanso médico = $n.^{\circ}$ días descanso médico
Cantidad de horas trabajadas acumuladas = $n.^{\circ}$ horas trabajadas acumuladas
Cantidad de horas trabajadas al mes = $n.^{\circ}$ horas trabajadas/mes
Longitud total recorrida por los vehículos al mes = total km recorridos/vehículo/
mes

6. INSTRUMENTOS DE REGISTRO Y EQUIPOS PARA LA RECOPIACIÓN Y TABULACIÓN DE LA INFORMACIÓN BASE

Los indicadores son el resultado de relacionar cantidades prefijadas, las cuales se obtienen a través de instrumentos de registro y equipos de recopilación y tabulación. La información registrada y recopilada por esos instrumentos permite analizar los trabajos realizados por los vehículos de recolección y transferencia, lo que conlleva a tomar decisiones más adecuadas para optimizar el desempeño de los mismos.

Los instrumentos y equipos que registran y recopilan información tienen amplia difusión en el mercado, algunos como el Datacar requieren adaptar un computador a bordo, mientras que el odómetro está incorporado en el vehículo. Los instrumentos de tabulación se usan en programas de computación que se elaboran para cada ente operador, de acuerdo con sus necesidades de información.

6.1 INSTRUMENTOS Y EQUIPOS PARA LA RECOPIACIÓN DE DATOS

INSTRUMENTOS SIMPLES

Los instrumentos simples son aquellos que miden o registran información numérica base de un solo tipo. Generalmente el registro de esta información base se realiza en forma manual, por lo que se debe disponer de formatos impresos que serán llenados por el chofer del vehículo u otra persona, durante la rutina de trabajo.

Balanza de pesaje: Permite conocer el peso de los residuos que transportan los vehículos. El peso se obtiene de la diferencia entre el peso bruto y la tara del vehículo, lo que corresponde a dos pesajes sucesivos con el vehículo lleno y vacío, respectivamente. Actualmente hay sistemas de pesaje automatizados, lo que facilita el registro de mayor número de datos, impresión de comprobantes de pesaje y reportes del movimiento de los vehículos.

Horómetro: Instrumento que registra las horas que trabaja el vehículo de recolección. Permite conocer el tiempo que demora un vehículo de recolección desde el área donde se ejecuta el servicio de recolección o transferencia hasta el lugar donde se realiza la descarga de los residuos y las horas que utiliza el vehículo en la recolección, transporte y transferencia de los residuos.

Odómetro: Instrumento que registra los kilómetros recorridos por un vehículo. Registra la distancia entre el área donde se ejecuta el servicio y el lugar de descarga de los residuos y los kilómetros recorridos durante las actividades de recolección, transporte y transferencia de residuos.

Tacómetro: Instrumento que mide las revoluciones por minuto del motor, lo que le permite al chofer correlacionar esta información con la velocidad de marcha del vehículo y el momento más apropiado para efectuar los cambios. La correlación adecuada de esos tres factores garantiza el uso adecuado del motor y la optimización del consumo de combustible.

Velocímetro: Instrumento que mide la velocidad que alcanzan los vehículos de recolección y transferencia. Permite verificar que los choferes no excedan la velocidad límite estipulada.

INSTRUMENTOS COMPLEJOS

Los instrumentos complejos son aquellos que recopilan más de un tipo de información numérica base. El registro de esta información se realiza en forma automática y se obtiene de hojas, discos impresos o chips informáticos, lo que permite su rápida tabulación.

Tacógrafo: Instrumento que registra gráficamente en discos de cartón las actividades realizadas por un vehículo en un determinado período de tiempo. El más utilizado es aquel que trabaja durante siete días y cambia automáticamente los discos cada 24 horas. Cada disco registra la hora de inicio y término del viaje, velocidades alcanzadas por el vehículo, tiempos de marcha y parada, número de paradas y kilómetros recorridos.

Sistema computarizado de información operacional: Se instala en camiones, ómnibus, carros, etc. Está conformado por un computador a bordo, un colector de datos y un software para procesar datos. Registra instantáneamente (tiempo real) datos operacionales del servicio como: códigos del personal, fecha, ruta/sector, peso, tiempo empleado, kilometraje, velocidades, revoluciones, frenadas y aceleradas.

Sistema de localización vehicular: Conformada por un software (que incluye un plano digitalizado del área donde se presta servicio) y un sistema de transmisión por señal satélite. Permite ubicar al instante cualquier unidad en servicio, registra datos operacionales como: código interno, descripción y placa de la unidad, zona asignada, hora, latitud y longitud, velocidad, rumbo, etc. Además registra emergencias previamente configuradas como: alarma de alta velocidad y fuera de ruta asignada.

6.2 INSTRUMENTOS Y EQUIPOS PARA LA TABULACIÓN DE DATOS

SISTEMAS DE CONTROL OPERACIONAL

Los sistemas de control operacional son programas de computación que permiten sistematizar la información obtenida de los equipos de recopilación de datos. Sus

objetivos principales son: verificar y evaluar a través de índices, la productividad y competitividad del ente operador, emitir información estadística y de acompañamiento gerencial sobre los servicios realizados, obtener información para el control de los costos operacionales y generar información consolidada para las áreas operativas, financieras y comerciales

7. INDICADORES

7.1 INDICADORES GENERALES

7.1.1 Para todos los servicios

7.1.1.1 Relación generación de residuos/PBI

Este índice establece la relación entre la generación de residuos de un país y la evolución de su actividad productiva.

Rango aceptable:

100 a 140 t/millones de US\$ (país con inflación anual de 3,7% y una meta de crecimiento promedio de 4%).

Cantidad de residuos generados en un año (toneladas)
PBI anual I(millones de US\$)

7.1.2 Servicio de barrido

7.1.2.1 Habitantes/barredor

Este índice permite determinar si la cantidad de trabajadores del ente operador para el servicio de barrido está de acuerdo con la cantidad de calles y plazas. En este índice se considera de manera implícita la edad, contextura y rendimiento del trabajador, turno y frecuencia del servicio, densidad poblacional, población flotante, apoyo del barrido mecánico y de la educación y cooperación de la población.

Rango aceptable:

2.000 a 2.500 hab./barredor o 0,50 a 0,40 barred./1.000 hab. (rendimiento de 1,3 km/barredor/día, 2 turnos/día, frecuencia del servicio: 60% diario y 40% interdiario).

Población total (número de habitantes)
Cantidad total de barredores

7.1.3 Servicio de recolección

Índices generales

7.1.3.1 Habitantes/ayudantes de recolección

Este índice permite determinar si la cantidad de ayudantes del servicio de recolección guarda relación con la cantidad de residuos generados en el área de acción. En este índice se considera de manera implícita el tipo y capacidad del vehículo, turnos y número de viajes realizados, número de ayudantes por vehículo recolector, existencia de servicios de recolección anexos al domiciliario, tipo de almacenamiento de los residuos.

Rango aceptable:

3.000 a 4.000 hab./ayudantes de recolección o 0,30 a 0,26 ayudantes de recolección/1.000 hab. (compactadora de 14 m³, 2 turnos/día, 4,8 viajes/vehículo/día, 3 ayudantes/vehículo, recolección de residuos domiciliarios, comerciales y de mercados).

Población total (número de habitantes)
Cantidad total de ayudantes de recolección

7.1.3.2 Habitantes/vehículo de recolección

Este índice permite determinar si la cantidad de vehículos del ente operador logrará cubrir la recolección de los residuos generados en su área de acción. En este índice se considera de manera implícita el tipo y capacidad del vehículo, generación de residuos por habitante, cantidad de población flotante, turnos y número de viajes realizados, porcentaje de vehículos en reserva, cobertura y calidad del servicio.

Rango aceptable:

29.000 hab./vehículo de recolección(*) (compactadora de 14 m³, 2 turnos/día, 4,8 viajes/vehículo/día, 19% de vehículos en reserva, 95% de cobertura del servicio.

(*) incluye recolección del barrido de calles y plazas.

Población total (número de habitantes)

Cantidad de vehículos de recolección

7.1.3.3 Kilogramo/habitante/día

Este índice sirve de base para la planificación del servicio de recolección porque permite establecer sectores y rutas de recolección, así como estimar la cantidad de residuos que genera la ciudad donde se presta el servicio. Está en función del estrato socioeconómico de la población, infraestructura urbana del lugar, cobertura y calidad del servicio de recolección.

Rango aceptable:

0,35 a 0,75 kg/hab./día (estratos socioeconómicos bajo, medio bajo y medio).

Cantidad de residuos recolectados al día (kg/día)

Población total (número de habitantes)

7.1.4 Servicio de transferencia

7.1.4.1 Densidad de los residuos (en la unidad de transferencia)

La información sobre densidad de los residuos permite determinar si la cantidad de residuos que transporta la unidad está de acuerdo con su capacidad. La densidad permite determinar la sobrecarga del vehículo previa verificación del(os) tipo(s) de residuos que se transfieren.

Rango aceptable:

0,40 a 0,45 t/m³ (residuos domiciliarios descargados por gravedad desde unidades compactadoras, 50% compuesto de materia orgánica).

Toneladas transportadas por vehículo de transferencia (t)

Capacidad del vehículo de transferencia (m³)

7.1.5 Servicio de disposición final

7.1.5.1 Densidad de los residuos (en el relleno sanitario)

La densidad obtenida permite determinar el grado de compactación de los residuos. El aumento o disminución del valor obtenido incide en la vida útil del relleno y en la calidad del procesamiento.

Rango aceptable:

0,75 a 0,85 t/m³ (residuos domiciliarios, compactados horizontalmente y en talud con tractor sobre oruga).

$$\frac{\text{Cantidad de residuos recibidos en un período de tiempo (t)}}{\text{Volumen ocupado por los residuos en un período de tiempo (m}^3\text{)}}$$

7.2 INDICADORES OPERACIONALES

7.2.1 Servicio de barrido

7.2.1.1 Cobertura del barrido de calles (%)

Permite conocer el porcentaje de calles cubierto por el servicio de barrido. En este índice se considera de manera implícita la cantidad de calles pavimentadas, la adecuada planificación del servicio y posibilidades de acceso a los lugares donde se presta el servicio.

Rango aceptable:

85 a 100%.

$$\frac{\text{Longitud de calles barridas} * 100}{\text{Longitud total de calles}}$$

Índice de eficiencia

Permite evaluar el desempeño y rendimiento de los trabajadores.

7.2.1.2 Comparación de kilómetros barridos versus horas pagadas

Esta información se utiliza para conocer y proyectar los costos operativos del servicio (costos directos – mano de obra) y verificar mensualmente si la relación de kilómetros barridos está de acuerdo con la cantidad de horas pagadas para ejecutar el servicio. En este índice se considera de manera implícita el rendimiento del trabajador, el pago de un salario adecuado con beneficios sociales y la cantidad de descansos médicos y horas extras al mes.

Rango aceptable:

10,14 a 0,16 km barridos/horas pagas.

Longitud total de calles barridas al mes (km)

Cantidad de horas pagadas al mes

7.2.1.3 Consumo de bolsas/barredor/día

Esta información permite determinar la cantidad promedio de bolsas que usa diariamente un trabajador para depositar los residuos del barrido de calles. Además se utiliza para proyectar los costos operativos del servicio (costos directos - materiales). En este índice se considera de manera implícita la capacidad de la bolsa, infraestructura urbana, densidad poblacional, flujo peatonal, frecuencia del servicio y la realización de actividades políticas, sociales o religiosas.

Rango aceptable:

7 a 9 bolsas/barredor/día (bolsa de color negro de polietileno de baja densidad, de 120 litros de capacidad y 0,002" de espesor, servicio en calles pavimentadas, 2 turnos/día, frecuencia: 60% diario y 40% interdiario).

Consumo total de bolsas al mes (n.º de bolsas)

(Cantidad de barredores efectivos) * (días efectivos al mes)

7.2.1.4 Consumo de bolsas/ kilómetro barrido

Esta información permite determinar la cantidad promedio de bolsas que se utiliza por kilómetro barrido, así como proyectar la cantidad para un nuevo servicio. En este índice se considera de manera implícita la capacidad de la bolsa, infraestructura urba-

na, frecuencia del servicio, número de papeleras, densidad poblacional y población flotante.

Rango aceptable:

5 a 7 bolsas/kilómetro barrido (bolsa de color negro de polietileno de baja densidad, de 120 litros de capacidad y 0,002" de espesor, servicio en calles pavimentadas, 2 turnos/día, frecuencia: 60% diario y 40% interdiario).

Consumo total de bolsas al mes (n.º de bolsas)

Longitud total de calles barridas al mes

7.2.1.5 Consumo de escobas/kilómetro barrido

Esta información permite determinar la cantidad promedio de escobas que se utiliza por kilómetro barrido, así como proyectar los costos operativos de un nuevo servicio. En este índice se considera de manera implícita la infraestructura urbana, características de la escoba, frecuencia del servicio y número de papeleras.

Rango aceptable:

0,02 a 0,04 escobas/km barrido (servicio en pistas pavimentadas, escobillón de fibra con base de madera de 45 cm de largo, 6 cm de ancho y 11 cm de fibra visible).

Consumo total de escobas al mes (n.º de escobas)

Longitud total de calles barridas al mes (km)

7.2.1.6 km lineales barridos/barredor/día (calles)

Este índice permite conocer el rendimiento promedio diario de un trabajador en km lineales. Considera de manera implícita el tipo de servicio ejecutado (acera y cuneta), estado físico de la acera y la cuneta, edad y contextura física del trabajador, densidad poblacional, flujo peatonal, turno y frecuencia del servicio, tipo de escoba utilizado y presencia de vehículos estacionados.

Rango aceptable:

1,3 a 1,5 km lineales/barredor/día (acera + cuneta, pistas pavimentadas, barredor de 35 años, promedio de talla: 1,63 en varones y 1,53 en mujeres, peso: 5 kilos adicionales en relación con la talla en varones y 7 kilos en mujeres).

Longitud total de calles barridas al mes (km lineales)

(Cantidad de barredores efectivos) * (días efectivos al mes) =

7.2.1.7 m² barridos/barredor/día (plazas)

Permite conocer el rendimiento promedio diario de un trabajador en metros cuadrados. En este índice se considera de manera implícita la infraestructura urbana, edad y contextura física del trabajador, flujo de tránsito, condiciones climatológicas, turno y frecuencia del servicio de barrido y de áreas verdes.

Rango aceptable:

2.500 a 3.500 m²/barredor/día (pistas pavimentadas, precipitaciones pluviales limitadas a lloviznas esporádicas, barredor de 35 años, promedio de talla: 1,63 en varones y 1,53 en mujeres, peso: 5 kilos adicionales en relación con la talla para varones y 7 para mujeres).

Área total de plazas barridas al mes (m²)
(Cantidad de barredores efectivos) * (días efectivos al mes)

7.2.2 Servicio de recolección

7.2.2.1 Ayudante/vehículos programados/día

Esta información permite determinar la cantidad de ayudantes que requiere diariamente cada unidad de recolección. El aumento o disminución del valor se refleja necesariamente en el costo del servicio. En este índice se considera de manera implícita el tipo de vehículo, densidad poblacional, edad y contextura física del ayudante y la frecuencia del servicio.

Rango aceptable:

3 ayudantes/vehículo programado/día (compactadora de 14 m³, servicio con 43% de frecuencia diaria y 57% de frecuencia interdiaria).

Total de jornadas trabajadas/ayudantes/mes
(Cantidad de vehículos programados (ambos turnos)) * (días efectivos al mes)

7.2.2.2 Cobertura de recolección (%)

Permite conocer el porcentaje de la población total del distrito que cuenta con servicio de recolección. En este índice se considera de manera implícita la adecuada planificación del servicio, acceso a los lugares donde se presta el servicio y frecuencia del servicio.

Rango aceptable:
85 a 100%.

$$\frac{\text{Población urbana servida (habitantes)} * 100}{\text{Población urbana total (incluye población flotante) (habitantes)}} = \%$$

Índice de eficiencia

Permite evaluar el desempeño y rendimiento de los trabajadores, así como la utilización óptima de la flota.

7.2.2.3 Comparación de toneladas recolectadas versus horas pagadas

Esta información se utiliza para conocer y proyectar los costos operativos del servicio (costos directos – mano de obra), así como verificar mensualmente si la relación de toneladas recolectadas está de acuerdo con la cantidad de horas pagadas para ejecutar el servicio. En este índice se considera de manera implícita la estacionalidad en la generación de residuos, la realización de actividades políticas, culturales o religiosas, el pago de un salario adecuado con beneficios sociales y la cantidad de descansos médicos y horas extras al mes.

Rango aceptable:
0,30 a 0,35.

$$\frac{\text{Cantidad de residuos recolectados al mes (t)}}{\text{Cantidad de horas pagadas al mes}}$$

7.2.2.4 kg/kilómetro de sector

Esta información permite conocer la relación entre la cantidad de kilos que se recolectan y el kilometraje recorrido. El aumento o disminución del valor se refleja necesariamente en el costo del servicio. En este índice se considera de manera implícita la densidad poblacional, método de recolección (vereda o esquina), tipo de almacenamiento de los residuos, frecuencia del servicio, rutas adecuadas de recolección y número de ayudantes.

Rango aceptable:
500 a 600 kg/km de sector (densidad poblacional: 16.345 hab./km², servicio con 43% de frecuencia diaria y 57% de frecuencia interdiaria, método de vereda, 3 ayudantes).

$$\frac{\text{Cantidad de de residuos recolectadas al mes} * 1.000 \text{ (kg)}}{\text{Longitud recorrida en los sectores al mes (km)}}$$

7.2.2.5 kg/kilómetro total recorrido

Esta información permite conocer la relación entre la cantidad de toneladas que se recolectan y el kilometraje total recorrido por mes. El aumento o disminución del valor se refleja necesariamente en el costo del servicio. En este índice se considera de manera implícita la densidad poblacional, método de recolección (vereda o esquina), tipo de almacenamiento de los residuos, frecuencia del servicio, rutas adecuadas de recolección y número de ayudantes. A diferencia del indicador kg/km de sector, la mayor incidencia está representada por la distancia al lugar de descarga (planta de transferencia o relleno sanitario).

Rango aceptable:

100 a 150 kg/total km recorridos (servicio con 43% de frecuencia diaria y 57% de frecuencia interdiaria, método de vereda, 3 ayudantes, 25 km al lugar de descarga).

$$\frac{\text{Cantidad de residuos recolectadas al mes} * 1.000 \text{ (kg)}}{\text{Longitud recorrida por los vehículos al mes (km)}}$$

7.2.2.6 Toneladas/ayudante/día

Esta información permite conocer el rendimiento diario de un ayudante de recolección en relación con la cantidad de kilogramos que recolecta. En este índice se considera de manera implícita el método de recolección (vereda o esquina), tipo de almacenamiento de residuos, edad y contextura física del trabajador, tipo de vehículo, cantidad de viajes realizados.

Rango aceptable:

4,5 a 5,0 t/ayudante/día (método de vereda, compactadora de 14 m³, 2 viajes/día).

$$\frac{\text{Cantidad de residuos recolectado al mes (t)}}{(\text{Cantidad de ayudantes efectivos al mes}) * (\text{días efectivos al mes})}$$

7.2.2.7 Toneladas/sector/día

Esta información permite conocer variaciones diarias de la cantidad de residuos que se recolectan por sector. En este índice se considera de manera implícita la planificación del servicio (área del sector, número de viajes, frecuencia del servicio de recolección), capacidad del vehículo y rendimiento de los trabajadores.

Rango aceptable:

12 a 14 t/sector/día (área aprox. del sector: 0,7 km², 02 viajes por sector, compactadora de 14 m³ de capacidad).

Cantidad de residuos recolectadas al mes (t)
(Cantidad de sectores) * (días efectivos al mes)

7.2.2.8 Toneladas/tiempo total de recolección

Esta información permite conocer la relación entre la cantidad de toneladas que se recolectan y el tiempo que toma esta actividad. La disminución del valor obtenido se refleja necesariamente en el aumento del costo del servicio. En este índice se considera de manera implícita la infraestructura urbana, densidad poblacional, método de recolección (vereda o esquina), cantidad de ayudantes, tipo de almacenamiento de los residuos, características del vehículo, horarios de recolección y velocidad promedio de recolección.

Rango aceptable:

2,3 a 2,6 t/hora de recolección (pistas pavimentadas, método de vereda, 3 ayudantes, 10 km/hora velocidad promedio en la recolección).

Cantidad de residuos recolectadas al mes (t)
Tiempo total de recolección al mes (horas de recolección)

7.2.2.9 Toneladas/vehículos programados/día

Esta información permite determinar si la cantidad de vehículos programados es la necesaria y si se aprovecha al máximo su capacidad instalada. La subutilización o el uso excesivo incide en el costo del servicio, ya sea porque se usan más vehículos de lo necesario o porque se les expone a deterioros anticipados. En este índice se considera de manera implícita la capacidad de los vehículos y el número de turnos y viajes realizados.

Rango aceptable:

26 a 30 t/vehíc. programado/día (vehículo de 14 m³ de capacidad, 2 turnos/día, 2 viajes por turno).

Cantidad de residuos recolectadas al mes (t)
Cantidad de vehículos programados (diurno + nocturno)/2 * (días efectivos al mes)

7.2.2.10 Tonelada/viaje

Esta información sirve para determinar si los sectores y rutas de recolección se han establecido adecuadamente, así como para controlar la sobrecarga de los vehículos. Se establece como información base para la medición y facturación del servicio.

Rango aceptable:

6 a 7 t/viaje (compactadora de 14 m³ de capacidad, con 3 ayudantes de recolección).

Cantidad de residuos recolectadas al mes (t)

Cantidad de viajes realizados al mes

A continuación se muestra un cuadro comparativo, donde a partir del peso del chasis y del peso de la caja recolectora (en el caso de compactadoras) o del peso de la tolva (en el caso de camiones baranda o unidades volquete) se obtiene la carga útil máxima de residuos sólidos que puede transportar un vehículo en un viaje.

(PBT) Peso bruto vehicular (t)	16,50	18,00	23,00	16,00	16,00	16,50	12,30
Peso del chasis (t)	4,90	4,06	7,50	5,50	4,37	4,91	4,10
Peso caja recolectora (t)	4,20	6,10	5,15	4,50	4,76		
Peso de la tolva (t)						4,50	4,00
Carga útil resultante (t)	7,40	7,84	10,35	6,0	6,87	7,09	4,20

7.2.3 Servicio de recolección selectiva

7.2.3.1 Porcentaje de desvío de residuos

Permite determinar la cantidad de residuos que son recolectados en forma selectiva y que por lo tanto, no ingresan al relleno sanitario. En este índice se considera de manera implícita la cobertura del servicio de recolección selectiva.

Rango aceptable:

Depende del análisis de costo-beneficio, aunque no es el único indicador de viabilidad de la recolección selectiva porque no se tienen en cuenta los beneficios sociales y ambientales del reciclaje.

Cantidad de residuos reciclables recolectados al mes x 100
Cantidad de residuos reciclables recolectados al mes + cantidad de residuos recolectados

7.2.3.2 Rendimiento de la recolección selectiva mensual

Esta información permite determinar el porcentaje de residuos reciclables recolectados en relación con el total de residuos recogidos mensualmente. En este índice se considera de manera implícita la composición física de los residuos, la presencia de un sistema paralelo e informal de segregación y la cobertura del servicio de recolección selectiva.

Rango aceptable:

Depende del análisis de costo-beneficio, aunque no es el único indicador de viabilidad de la recolección selectiva porque no se tienen en cuenta los beneficios sociales y ambientales del reciclaje.

Cantidad de residuos reciclables recolectados al mes x 100
Cantidad de residuos recolectados al mes

7.2.3.3 Rendimiento efectivo de la recolección selectiva

Esta información permite determinar el porcentaje de residuos recuperados en relación con el total de residuos recogidos al mes. En este índice se considera de manera implícita la composición física de los residuos y la demanda de material segregado.

Rango aceptable:

Depende del análisis de costo-beneficio, aunque no es el único indicador de viabilidad de la recolección selectiva porque no se tienen en cuenta los beneficios sociales y ambientales del reciclaje.

Cantidad de residuos recuperado al mes x 100
Cantidad de residuos reciclable recolectado al mes

7.2.4 Servicio de transferencia

Índice de eficiencia

Permite evaluar la utilización óptima de la flota.

7.2.4.1 Toneladas/tiempo total de transferencia

Esta información permite conocer la relación entre la cantidad de toneladas que se transfieren y el tiempo que toma la actividad. La disminución del valor obtenido se refleja necesariamente en el aumento del costo del servicio. En este índice se considera de manera implícita el tipo de estación de transferencia, el vehículo que realiza la descarga, el tránsito en las vías internas, maniobrabilidad en la plataforma de descarga, tiempo de pesaje, registro del vehículo de recolección y disponibilidad de los vehículos de transferencia.

Rango aceptable:

40 a 50 t/hora (descarga por gravedad, disponibilidad permanente de vehículos de transferencia, tránsito y maniobrabilidad adecuados a la zona de descarga).

Cantidad de toneladas de residuos transferidos al mes (t)
Tiempo total de transferencia al mes (horas)

7.2.4.2 Toneladas/vehículos programados/día

Esta información permite determinar si la cantidad de vehículos programados es la necesaria. La subutilización o la sobrecarga de los vehículos incide en el costo del servicio, ya sea porque se están utilizando más vehículos de lo necesario o porque se les expone a deterioros. En este índice se considera de manera implícita la capacidad de los vehículos y el número de turnos y viajes realizados.

Rango aceptable:

100 a 108 t/vehíc. programado/día (vehículo de 60 m³ de capacidad, 2 turnos/día, 2 viajes por turno).

Cantidad de toneladas de residuos transferidos al mes (t)
(N.^o total de vehículos) * (días efectivos al mes)

7.2.4.3 Tonelada/viaje

Esta información permite establecer la cantidad promedio de residuos que transfiere una unidad por viaje, así como controlar la sobrecarga de los vehículos. Se establece como información base para la medición y facturación del servicio.

Rango aceptable:

25 a 27 t/viaje (vehículo de 60 m³ de capacidad, sin sistema de compactación).

Cantidad de toneladas de residuos transferidos al mes (t)

N.º de viajes al mes

7.2.5 Servicio de disposición final

7.2.5.1 Cobertura del servicio de disposición final (%)

Permite conocer el porcentaje de los residuos que son dispuestos técnica y sanitariamente. En este índice se considera de manera implícita la adecuada planificación, la permanente supervisión del servicio y la existencia de un lugar apropiado para disposición final de los residuos.

Rango aceptable:

85 a 100%.

Cantidad de residuos dispuestos en el relleno sanitario (t) x 100

Cantidad de residuos recolectados (t)

7.5.5.2 Relación entre capacidad neta y volumen a ocupar en un relleno

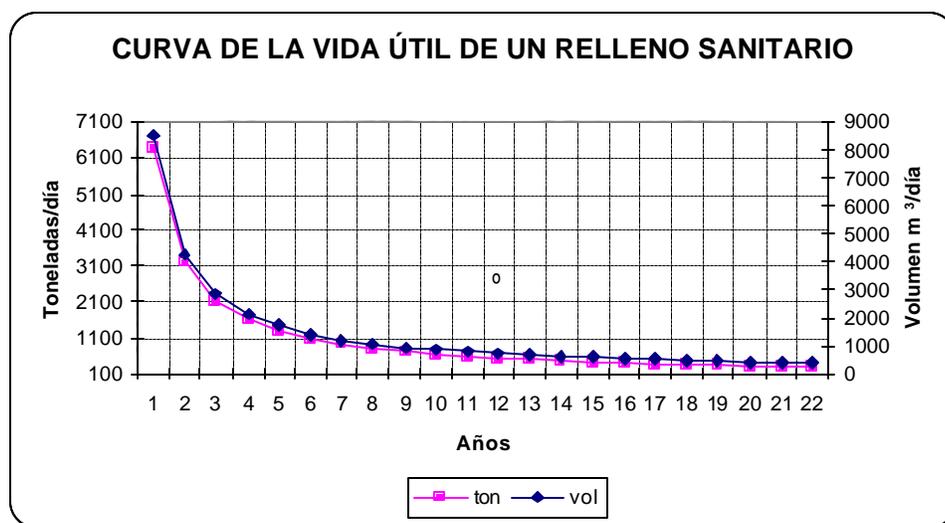
Esta información permite determinar la vida útil de un relleno sanitario en días o años. En este índice se considera de manera implícita la densidad promedio de los residuos que alcanzan los residuos dispuestos, la cantidad de residuos sólidos a disponerse diariamente y la capacidad neta proyectada que ocuparán los residuos.

Capacidad total que ocuparán los residuos (m³)

Volumen de residuos recibidos al día (m³/día)

Donde:

La capacidad neta a ocupar se obtiene dividiendo la cantidad diaria de residuos a disponer entre la densidad promedio que alcanzan los residuos en el relleno sanitario (0,75 t/m³).



Los datos del gráfico anterior se han calculado para un relleno sanitario con capacidad (volumen habilitado) de 3.063.228 m³.

7.2.5.3 Rendimiento de compost por tonelada de residuo

Permite determinar el porcentaje de compost obtenido por tonelada de materia prima empleada. En este índice se considera de manera implícita la composición de los residuos (cantidad de materia orgánica) y el tipo de fermentación: natural (aire libre) o acelerada (digestores).

Rango aceptable:
30 a 35% (en 3 meses).

$$\frac{\text{Cantidad de compost obtenido (t)} \times 100}{\text{Cantidad de residuos utilizados como materia prima (t)}}$$

7.2.5.4 Toneladas recibidas/horas máquina

Esta información establece la relación entre la cantidad de horas máquina y las toneladas recibidas mensualmente. El aumento o disminución del valor incide en el costo del servicio.

Rango aceptable:
40 a 50 t/horas máquina (altura promedio de capa de residuos: 3,5 metros, altura promedio de la cobertura diaria: 0,4 m).

$$\frac{\text{Cantidad de residuos recibidos al mes en el relleno sanitario (t)}}{\text{Cantidad de horas máquinas total empleadas al mes (h/maq.)}}$$

7.2.6 Servicio de mantenimiento

Índices de eficiencia

7.2.6.1 Disponibilidad mensual de vehículos (%)

Esta información permite conocer el porcentaje total de horas utilizadas para el mantenimiento del vehículo de recolección. En este índice se considera de manera implícita el tiempo de trabajo y rendimiento de los vehículos, frecuencia de mantenimiento, tiempo para efectuar cambios de turno, lavado de los vehículos y refrigerio del personal.

Rango aceptable:
Superior a 0,85.

(Horas laboradas/vehículo – horas de mantenimiento/vehículo)
Horas laboradas/vehículo

7.2.6.2 Operatividad de los vehículos de recolección (%)

Esta información permite determinar el porcentaje total de vehículos que se encuentran en operación. En este índice se considera de manera implícita la capacidad de proporcionar adecuados y oportunos servicios de mantenimiento preventivo y correctivo, de contar con personal capacitado y recursos económicos para cubrir los gastos de dichos servicios y el año de fabricación de los vehículos de recolección.

Rango aceptable:
85 a 100%.

Cantidad de vehículos de recolección operativos *100
Cantidad de vehículos de recolección

7.2.6.3 Rendimiento del combustible

Establece la relación entre el kilometraje recorrido por un vehículo y el consumo de combustible al mes. El aumento o la disminución del valor obtenido incide en el costo del servicio. En este índice se considera de manera implícita el desempeño del chofer, las condiciones mecánicas del vehículo (regulación de la bomba de inyección) y las condiciones de las vías (pendiente, pistas sin asfaltar).

Rango aceptable:

2 a 3 km/litro.

Longitud recorrida por los vehículos mes (km)

Cantidad de combustible utilizado por los vehículos de recolección al mes

7.2.6.4 Rendimiento de neumáticos

Esta información se utiliza para conocer y proyectar los costos operativos del servicio (costos directos – materiales) y para verificar el rendimiento de cada uno de los neumáticos de los vehículos de recolección. En este índice se considera de manera implícita el desempeño del chofer, condiciones climáticas, condiciones de las vías (pendiente, pistas sin asfaltar), calidad del neumático y adecuada supervisión (presión y rotación).

Rango aceptable:

40.000 a 50.000 km (llanta radial, incluye la primera vida más reencauche).

Longitud rodada por neumático (km/neumático).

Índices de gestión

7.2.6.5 Horas trabajadas en mantenimiento correctivo/horas trabajadas en mantenimiento

En este índice se considera de manera implícita la renovación oportuna de equipos y la aplicación de técnicas de planeamiento y control.

Rango aceptable:

menor de 30%.

Horas-hombre efectivas de mantenimiento correctivo x 100

Horas-hombre efectivas de trabajo

7.2.6.6 Horas trabajadas en mantenimiento preventivo/horas trabajadas en mantenimiento

En este índice se considera de manera implícita la renovación oportuna de equipos y la aplicación de técnicas de planeamiento y control.

Rango aceptable:
Mayor de 70%.

Horas-hombre efectivas de mantenimiento preventivo x 100
Cantidad de horas-hombre efectivas de trabajo

Índice de planificación

7.2.6.7 Órdenes de trabajo planificadas/órdenes de trabajo ejecutadas

Permite determinar el porcentaje de las actividades ejecutadas han sido planificadas.

Rango aceptable:
95%.

Cantidad de órdenes de trabajo planificadas x 100
Cantidad de órdenes de trabajo ejecutadas

Índice de productividad

7.2.6.8 Productividad del personal de mantenimiento

Permite determinar cómo se desempeña el personal del área de mantenimiento en relación con las normas de trabajo. En este índice se considera de manera implícita el nivel de supervisión y de capacitación del personal.

Rango aceptable:
70 a 80%.

Utilización x método x rendimiento

Donde:

Utilización: Es la cantidad de tiempo que los recursos se ocupan productivamente (horas- hombre efectivas de trabajo).

Método: Es la manera cómo se utilizan los recursos.

Rendimiento: Es el nivel de habilidad y esfuerzo utilizado durante la ocupación productiva (horas de reparación por actividad).

7.3 INDICADORES FINANCIEROS

7.3.1 Índices de liquidez

Miden la capacidad del ente operador (público y privado) para cubrir sus obligaciones corrientes.

7.3.1.1 Liquidez general

Mide la capacidad del ente operador para cubrir sus obligaciones de corto plazo con sus activos corrientes, es decir, aquellos que se pueden convertir en efectivo en el plazo de un año.

Rango aceptable:
Superior a 1,0.

Activo corriente
Pasivo corriente

7.3.1.2 Prueba ácida o prueba de fuego

Constituye un índice más exigente para medir la liquidez del ente operador porque a los activos corrientes se les resta los menos líquidos, como los inventarios y los gastos pagados por anticipado; luego, la diferencia se divide entre los pasivos corrientes.

Rango aceptable:
Superior a 0,5.

Activo corriente – Existencias – Gastos pagados por anticipado
Pasivo corriente

7.3.2 Razón de endeudamiento

Indica la capacidad de endeudamiento del ente operador (público y privado) y el respaldo para afrontar sus obligaciones. Resulta de especial interés para los acreedores actuales y potenciales, quienes al evaluar el grado de endeudamiento pueden determinar la probabilidad de que los créditos que conceden sean convenientemente reembolsados.

7.3.2.1 Endeudamiento de largo plazo del activo fijo neto

Rango aceptable:
Inferior a 1,0.

Pasivo no corriente
Activo fijo neto

7.3.2.2 Endeudamiento del activo total

Este indicador muestra la relación de los activos totales financiados externamente.

Rango aceptable:
Inferior a 0,8.

Pasivo total * 100
Activo total

7.3.2.3 Endeudamiento patrimonial

Este indicador compara el tamaño de la deuda total del ente operador en relación con su patrimonio.

Rango aceptable:
Inferior a 0,5.

Pasivo total
Patrimonio

7.3.2.4 Endeudamiento patrimonial de largo plazo

Este indicador refleja la proporción de compromisos de largo plazo del ente operador cubiertos con recursos propios.

Rango aceptable:
Inferior a 0,5.

Pasivos no corrientes
Patrimonio

7.3.3 Razón de gestión

Evalúa la eficiencia del ente operador en el manejo de los activos, existencias, políticas de crédito y de cobranzas y la administración de fondos, asignaciones y recursos.

7.3.3.1 Relación de costos-ingresos

Expresa la relación de ingresos totales del ente operador absorbidos por el costo operativo.

Rango aceptable:

Inferior a 0,7.

Costos operativos

Ingresos

7.3.3.2 Relación de costos-utilidad bruta

Permite conocer la proporción del margen de utilidad bruta reducida por los costos operativos. No se considera al operador público porque sus ingresos no incluyen utilidad.

Rango aceptable:

Inferior a 2 (operador privado).

Costos operativos

Utilidad bruta

7.3.3.3 Rotación de cuentas por cobrar

Muestra el número de veces que la empresa convierte sus cuentas por cobrar en efectivo al año. Si se requiere expresar en días, se divide los 365 días por el número de veces obtenido.

Rango aceptable:

Superior a 1,0.

Ingresos netos al crédito (por servicios a crédito – costo del servicio)

Cuentas por cobrar (a los clientes)

7.3.4 Razón de rentabilidad

Mide el desempeño del operador privado respecto a la obtención de beneficios sobre lo invertido, es decir, la tasa de retorno sobre la inversión expresada como capital social, patrimonios y activos. No se considera al operador público porque sus ingresos no incluyen utilidad.

7.3.4.1 Rentabilidad de las ventas netas

Las ventas netas son consideradas como la primera fuente de rentabilidad de una organización. Si las ventas o los ingresos por los servicios no producen ganancias a la empresa, su desarrollo y subsistencia se ven amenazados.

Rango aceptable:
Superior a 10%.

Utilidad neta * 100
Ingresos

7.4 ÍNDICES COMERCIALES

7.4.1 Indicadores de facturación

Estos indicadores permiten determinar la eficiencia de la cobranza del servicio. En el caso de operadores públicos, una alta morosidad en la recaudación los obligaría a subvencionar el servicio y a los operadores privados a incurrir en gastos financieros.

Rango aceptable:
1 a 1,25.

Valor mensual facturado
Valor mensual cobrado a clientes públicos/privados

7.4.2 Indicadores de financiamiento

7.4.2.1 Presupuesto del servicio de limpieza urbana-presupuesto municipal

Permite conocer el porcentaje que representa el presupuesto asignado al servicio de limpieza urbana en relación con el presupuesto municipal. En este índice se considera de manera implícita la calidad y cobertura del servicio, el índice de morosidad y la prioridad que se le da al servicio.

Rango aceptable:
10 a 15%.

Presupuesto del servicio de limpieza urbana x 100
Presupuesto municipal

Inversiones de capital versus total del presupuesto del servicio de aseo %
Generación de ingresos (tarifas o tasas) versus costo total del servicio %

7.5 INDICADORES DE CALIDAD Y DE ACEPTACIÓN PÚBLICA

7.5.1 Indicadores de calidad

Calidad del servicio

La calidad del servicio refleja el grado de satisfacción que experimenta el vecino o la población por la efectividad del servicio que recibió (desde el primer contacto hasta el tratamiento de sus quejas o sugerencias).

La evaluación de la calidad del servicio de limpieza pública puede realizarse a través de los siguientes parámetros:

? Características (especificaciones técnicas)

Están en función de las leyes nacionales, cuyo objetivo es establecer disposiciones que rijan aspectos técnicos y administrativos a fin de asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos, sanitaria y ambientalmente adecuada. Las especificaciones técnicas abarcan:

Barrido

- Equipos
- Características del personal, indumentaria e implementos de protección.

Recolección

- Equipos (unidades de recolección: años de antigüedad, características físicas y técnicas, frecuencia de revisiones técnicas y de evaluaciones de gases y ruidos, medidas de seguridad, etc.)
- Materiales y herramientas
- Características del personal, indumentaria e implementos de protección.

Transferencia de residuos

- Características técnicas de la instalación (ubicación, área mínima, controles de contaminación, diseño de las instalaciones, etc.)
- Equipos (unidades de transferencia: años de antigüedad, características físicas y técnicas, frecuencia de revisiones técnicas y de evaluaciones de gases y ruidos, medidas de seguridad, etc.)
- Materiales y herramientas
- Características del personal, indumentaria e implementos de protección.

	<p>Disposición final</p> <ul style="list-style-type: none"> - Método de disposición final - Altura de las capas (espesor de los residuos compactados, espesor de la cobertura diaria, espesor de la cobertura final) - Distancia y características técnicas de los drenes para gases y lixiviados - Frecuencia de cobertura - Inclinación de taludes - Compactación de residuos (densidad). - Características del personal, indumentaria e implementos de protección.
?	<p>Cantidad o magnitud</p> <p>Se relaciona con el número de habitantes y las variaciones dependen de las exigencias de los países. Comprende:</p> <p>Habitantes/ayudantes de recolección (7.1.3.1) Habitantes/barredor (7.1.2.1) Habitantes/vehículo de recolección (7.1.3.2) Kilogramo/habitante/día (7.1.3.3).</p>
?	<p>Cobertura</p> <p>Tiene una singular importancia porque representa el funcionamiento general de la gestión y manejo de un sistema de residuos sólidos. Se expresa como el porcentaje de población atendida. Comprende:</p> <p>Cobertura del barrido de calles (%) (7.2.1.1) Cobertura de recolección (%) (7.2.2.2) Cobertura de disposición final (%) (7.2.5.1).</p>
?	<p>Costo</p> <p>Este parámetro es importante sobre todo cuando la capacidad para financiar la implementación y mantenimiento del sistema es limitada. Además, hay que considerar que los beneficiarios del servicio se resisten a pagar por un servicio deficiente y esto genera problemas financieros. Comprende:</p> <p>Costo de neumáticos por km (7.6.1) Costo de financiamiento de un relleno sanitario (7.6.2) Costos de mantenimiento por toneladas recolectadas (7.6.3) Costo por kilómetro (7.6.4) Costo por hora de operación de vehículos (7.6.5)</p>

Costo por kilómetro lineal o área barrida (7.6.6)
Costo por kilómetro recorrido (7.6.7)
Costo por persona atendida (7.6.8)
Costo por servicio de mantenimiento (7.6.9)
Costo por tonelada dispuesta (7.6.10)
Costo por tonelada recolectada (7.6.11)
Costo por tonelada transferida (7.6.12).

? Continuidad (frecuencia y sostenibilidad)

En este parámetro se tienen en cuenta dos aspectos: la frecuencia y la sostenibilidad del servicio. La sostenibilidad se refiere a la continuidad del servicio sin variación de sus características en el tiempo.

La frecuencia puede ser diaria, interdiaria o dos veces por semana:

- Diaria (excepto domingo): Ideal para el usuario, principalmente en lo que se refiere a la salud pública. El usuario no precisa guardar los residuos generados por más de un día.
- Interdiaria o tres veces a la semana: Ideal para el sistema, considerando la relación costo-beneficio.
- Dos veces por semana: El mínimo admisible desde el punto de vista sanitario, sobre todo para países tropicales.

? Frecuencia del servicio

Cantidad de días de recolección en una semana

Cantidad de días útiles en una semana

7.5.2 Indicadores de aceptación pública

Representa el número de reclamos procedentes por los servicios que se brindan de acuerdo con una frecuencia determinada y el porcentaje de personas satisfechas por el servicio que reciben. Los indicadores de aceptación de los servicios prestados por parte del público se miden a través de encuestas en determinados periodos de tiempo y en zonas donde se presta el servicio.

7.5.2.1 Frecuencia de reclamos

Cantidad mensual, trimestral o anual de reclamos

Cantidad total de usuarios

7.5.2.2 Porcentaje de usuarios satisfechos

Cantidad de usuarios encuestados satisfechos x 100
Cantidad total de usuarios

7.5.2.3 Reclamos por grupo de 50.000 habitantes

Cantidad de reclamos procedentes x 50,000 habitantes
Cantidad de usuarios atendidos

Índices de accesibilidad

Expresa la cantidad de usuarios que utilizan el servicio o no lo usan a pesar de la existencia del servicio debido a impedimentos de acceso o negligencia.

7.5.2.4 Porcentaje de acceso al servicio

Cantidad de habitantes que no utiliza el servicio x 100
Cantidad total de usuarios

7.5.2.5 Porcentaje de población atendida

Cantidad de usuarios atendidos x 100
Cantidad total de usuarios

7.6 INDICADORES DE COSTO

Los indicadores de costo son elementos básicos de la gestión gerencial, ya que permiten controlar los costos que genera cada servicio, proyectar metas y controlar los indicadores de eficiencia. Se obtienen siempre y cuando el ente operador disponga de mecanismos para determinar sus costos de acuerdo con la naturaleza y el tipo de servicios que maneja. Cuando el ente operador ejecuta más de un servicio es conveniente establecer centros de costos para cada uno de ellos.

Cada centro de costos está compuesto por:

- ? Costos directos: Aquellos que pueden identificarse directamente con un proceso o servicio.
- ? Costos indirectos: Aquellos que no pueden atribuirse directamente a un proceso o servicio. Se convierten en costos que deben cargarse a un proceso, lo que implica el uso de una base o índice que refleje cómo se utiliza el costo indirecto en el proceso o servicio.

Costos directos	Costos indirectos
Mano de obra, horas extras, beneficios sociales y beneficios extras del personal que ejecuta el servicio y de mantenimiento Materiales y uniformes Combustibles y lubricantes directos Impuestos y seguros Depreciación y leasing directos Alquiler externo directo Piezas y accesorios directos Servicios de mantenimiento directo	Mano de obra, horas extras, beneficios sociales y beneficios extras del personal de trafico y administración Depreciación y leasing indirecto Combustibles y lubricantes indirectos Depreciación y leasing directo Alquiler externo indirecto Piezas y accesorios indirectos Servicios de mantenimiento directo Gastos administrativos

Además de estos gastos, el operador privado incluye los siguiente costos: gastos financieros, reajuste de la exposición a la inflación, provisión de deudores dudosos, impuesto a la renta, participación de utilidades y la rentabilidad.

Índices de costo

7.6.1 Costo de neumáticos por km

$$N \left(\frac{CN + R (CR)}{VN + R (VR)} \right)$$

Donde:

N: Cantidad de ruedas por vehículo

R: Cantidad de reencauches

VN: Vida útil de un neumático nuevo (km)

VR: Vida útil de un neumático reencauchado (km)

CN: Costo de un neumático nuevo

CR: Costo de un neumático reencauchado.

7.6.2 Costo del financiamiento de un relleno sanitario

Permite conocer la incidencia de la inversión inicial del relleno sanitario en el presupuesto municipal. En este índice se considera implícita la calidad y cobertura del servicio, el índice de morosidad, la prioridad que se le da al servicio y las consideraciones para la elaboración del expediente técnico del relleno sanitario.

Costos aproximados para la elaboración del expediente técnico de un relleno sanitario (inversión inicial):

Rellenos manuales – US\$ 10.000 a 15.000
Rellenos mecanizados – US\$ 25.000 a 35.000

En ambos casos no se consideran los estudios de selección del lugar.

Inversión inicial para el relleno sanitario

Presupuesto municipal

7.6.3 Costos de mantenimiento por toneladas recolectadas

Este indicador considera de manera implícita el respeto a los intervalos de mantenimiento preventivo definido por el fabricante, el empleo de personal capacitado y el acceso oportuno a los recursos.

Rango aceptable:

US\$ 3,0 a 5,0 tonelada recolectada.

Costo total de servicio de mantenimiento

Cantidad de residuos recolectados al mes

7.6.4 Costo por kilómetro

En este índice se considera de manera implícita la frecuencia del servicio, el empleo de rutas adecuadas de recolección, el número de ayudantes y la distancia al lugar de descarga (planta de transferencia o relleno sanitario).

Rango aceptable:

US\$ 2,5 a 3,5 km recorridos.

Costo total del servicio de recolección al mes

Longitud total recorrido por los vehículos al mes

7.6.5 Costo por hora de operación de los vehículos

Esta información permite determinar el gasto (en repuestos y servicios, combustibles, neumáticos y lubricantes) por hora de operación de la flota.

Se obtiene de la siguiente forma:

- El número de insumos consumido por cada vehículo de la flota se divide por el número de horas de operación.
- El resultado obtenido (consumo/hora) se multiplica por el precio de cada insumo.
- Luego se suman los costos horarios (resultado anterior) de todos los vehículos.

- Cuando la cantidad de insumos consumidos y el precio de cada uno de ellos se asigna y registra diariamente a cada unidad de la flota, el monto mensual obtenido se divide entre las horas recorridas al mes por dicha unidad.

En el caso de piezas de reposición de camiones, los valores totales gastados se dividen por el número total de horas operadas.

7.6.6 Costo por kilómetro lineal o área barrida

Este indicador considera de manera implícita la eficiencia del servicio, el pago de salarios oportunos y adecuados con beneficios laborales y la provisión de herramientas, materiales e implementos de protección apropiados para el servicio.

Rango aceptable:

US\$ 15 a 20 por kilómetro barrido.

$$\frac{\text{Costo total del servicio de barrido al mes}}{\text{Longitud o área total de calles o plazas barridas al mes}}$$

7.6.7 Costo por kilómetro recorrido

Esta información permite determinar el costo (en repuestos y servicios, combustibles, neumáticos y lubricantes) por el kilometraje total recorrido por la flota.

Se obtiene de la siguiente forma:

- El número de insumos consumido por cada vehículo de la flota se divide por el número de kilómetros recorridos.
- El resultado obtenido (cantidad/km) se multiplica por el precio de cada insumo.
- Luego se suman los costos kilómetros (resultado anterior) de todos los vehículos.
- Cuando la cantidad de insumos consumidos y el precio de cada uno de ellos se asigna y registra diariamente a cada unidad de la flota, el monto mensual obtenido se divide entre el kilómetro recorrido al mes por dicha unidad. En el caso de piezas de reposición de camiones, los valores totales gastados se dividen por el número total de kilómetros recorridos.

7.6.8 Costo por persona atendida

Este indicador considera de manera implícita la densidad poblacional y el acceso al servicio por parte de la población flotante.

Rango aceptable:

US\$ 0,45 a 0,65 por persona atendida.

Costo total del servicio de recolección al mes

Cantidad de usuarios atendidos

7.6.9 Costo por servicio de mantenimiento

Este indicador considera de manera implícita el respeto a los intervalos de mantenimiento preventivo definido por el fabricante, el empleo de personal capacitado y el acceso oportuno a los recursos.

Rango aceptable:

8 a 12%.

Costo total del servicio de mantenimiento x 100

Costo total del servicio de recolección

7.6.10 Costo por tonelada dispuesta

Este indicador considera de manera implícita las especificaciones técnicas del trabajo (método empleado, altura de la celda, espesor de cobertura diaria y final, grado de compactación de los residuos, control y drenaje de gases y lixiviados), disponibilidad de maquinaria pesada, infraestructura y proyectos paisajistas, además de supervisión constante.

Rango aceptable:

US\$ 4 a 10 por tonelada dispuesta.

Costo total del servicio de disposición final al mes

Cantidad de residuos dispuestos al mes

7.6.11 Costo por tonelada recolectada

Este indicador considera de manera implícita la eficiencia del servicio, el pago de salarios oportunos y adecuados con beneficios laborales, la provisión de herramientas, materiales e implementos de protección de calidad y apropiados para el servicio, las características del vehículo utilizado, el mantenimiento preventivo y correctivo y la distancia que recorre el vehículo desde el área de recolección hasta el lugar de transferencia o disposición final.

Rango aceptable:

US\$ 25- 40 tonelada recolectada

Costo total del servicio de recolección al mes
Cantidad de residuos recolectados al mes

7.6.12 Costo por tonelada transferida

Este indicador considera de manera implícita el tipo de estación de transferencia, las características y capacidad de los vehículos, su mantenimiento preventivo y correctivo, la distancia que recorre el vehículo desde la planta de transferencia hasta el lugar de disposición final, la cantidad de personal que se emplea y la existencia de mecanismos de control para la minimización de impactos.

Rango aceptable:
US\$ 8 a 12 tonelada transferida.

Costo total del servicio de transferencia al mes
Cantidad de residuos transferidos al mes

7.7 INDICADORES DE INFRAESTRUCTURA URBANA

Número de residencias en una ciudad: Población dividida por 5

Número de casas comerciales: 10% del número de residencias

Densidad de la población: 5.000 hab./km²

Área de la ciudad en hectáreas: Población dividida por 50

Se ha elaborado un formato en programa Excel que, simultáneamente a la incorporación de la información base, ejecuta operaciones matemáticas que permiten obtener los indicadores descritos.

7.8 INDICADORES DE CALIDAD AMBIENTAL

Los indicadores de calidad ambiental permiten evaluar el estado y la evolución de los elementos bióticos y abióticos del ambiente que pueden verse afectados por las diferentes etapas de una actividad.

Para realizar evaluaciones objetivas se han establecido estándares de calidad del aire, del agua, del suelo, etc., cuyos rangos (límites máximos permisibles) varían en función del país, las características de la actividad y las condiciones del ambiente receptor.

7.8.1 Biogás

7.8.1.1 Generación de biogás

Esta información permite determinar la cantidad de biogás que se produce en un relleno sanitario, lo que ayuda a revisar diversas alternativas de diseño de los sistemas de drenaje, almacenamiento y tratamiento para reducir los riesgos al ambiente y a la salud. Existen diversos métodos para estimar la cantidad de biogás que se generan en un relleno sanitario. Los más utilizados los siguientes:

- Modelo Bioprod FAIRTEC (1)

$$V(t) = Tr \times Pr \times \text{carga} \times (0,014T + 0,28) \times ke^{-kt}$$

Donde:

V(t): Volumen de residuos depositados en el año (m³)

Tr: Rendimiento teórico (1868 m³/t)

Pr: Peso de residuos depositados en un año (t)

Carga: Proporción de carbono orgánico en los residuos (kg/t)

T: temperatura de los residuos (?C)

T: Año dado para el cálculo

k: Constante cinética o constante de biodegradación, el cual depende del tipo de residuos.

- Modelo Bioprod FAIRTEC (2)

$$Q(n) = V \text{ total} / 8760 \times \text{Recuperación.}$$

Donde:

Q(n): Caudal de biogás horario captado en un año (m³/hora)

V total: Volumen de metano producido en un año (m³/año), el cual es la suma de la producción de metano en un año para todos los residuos enterrados)

8760: número de horas por año

Recup: Porcentaje de recuperación por los sistemas de desgasificación (%).

- Modelo recomendado por la EPA

$$Q = Lo \times R (\exp(-kc) - \exp(-kt))$$

Donde:

Q: Tasa de generación de metano con el tiempo $m^3/año$

Lo: Capacidad potencial de los residuos para generar metano m^3/mg .

R: Tasa de aceptación promedio de residuos durante la vida activa del relleno $mg/año$

k: Tasa de generación de metano; se supone constante $l/año$

c: Tiempo desde la clausura del relleno, año

t: Tiempo desde el inicio de colocación de los residuos en el relleno, año.

Producción de biogás en rellenos sanitarios				
Autor	Lugar	Índices de producción		
		Nm^3/t residuos	Tiempo (años)	Composición de los residuos
Ieda Gomes	Relleno en São Paulo	248 ⁽¹⁾	20	
W. Zulauf	Relleno en São Paulo	370 a 400 ⁽¹⁾	20	35 a 50% de materia orgánica
L.M.Q Lima ⁽¹⁾	Relleno en Campinas	50 a 70 ⁽¹⁾	8	
COMLURB – Rio de Janeiro ⁽²⁾	Relleno en Río de Janeiro	180 ⁽¹⁾	20	
Francisco Gálvez	Rellenos en Chile (Pozo de la Feria y Cerros de Renca, Santiago)	102 (aprox.) ⁽²⁾	10	<ul style="list-style-type: none"> - Fermentación rápida (restos de comidas) = 56% - Fermentación lenta (papel, madera) = 31,5% - Inerte (metales, vidrios y plástico) = 12,5%
Julio Monreal	Rellenos en Chile	80	10	
INTEC	Relleno en Chile (Cerros Renca)	30 ⁽³⁾	1	
Autores diversos	Laboratorio Utilizando lisímetros	30 a 40 0,75 a 34		Residuos con 20% de materia orgánica Residuos húmedos
Autores diversos	Datos teóricos	260 a 450		

* Una vez cubiertos los residuos, luego de 70 días se obtienen 50 a 70 Nm^3 de gas por tonelada de basura. La exploración del gas esta prevista para ocho años consecutivos.

** Capacidad de captación: 50% gas producido – eficiencia en la captación: 85%.

⁽¹⁾ Tratamiento de lixo. Luiz Mário Queiroz Lima.

⁽²⁾ Calculo de la producción de biogás en rellenos sanitarios. Francisco Gálvez, Guillermo Fernández, Víctor Cordero. Trabajos presentados al 5º Congreso Chileno de Ingeniería Sanitaria y Ambiental Temuco, AIDIS, Sección Chilena, 1983.

⁽³⁾ Recuperación y utilización de gases de rellenos sanitarios – Santiago. INTEC, 1982.

7.8.1.2 Potencial energético del biogás por tonelada dispuesta

Autor	Cantidad de biogás m ³	Equivalencia kWh / MJ	Observaciones
-	1	7 kWh ⁽¹⁾	Electricidad producida por la recuperación de gas en rellenos administrados por la empresa SITA, Europa
Poitel Dominique	1	4,5 kWh o 16,2 MJ ⁽²⁾	50% de metano
Poitel Dominique	150 a 300	680 a 1360 kWh o 6,3 a 12,6 2 GJ ⁽²⁾	50% de metano

⁽¹⁾ Environmental, Quality and Safety Report, 2001 – Revista anual SITA-SUEZ.

⁽²⁾ 1? Curso de Treinamiento Técnico de Aterros, Salvador 2002.

Energía eléctrica producida por tonelada incinerada

Toneladas	Kwh producidos	Observaciones
1	275 ⁽¹⁾	Electricidad producida en la planta incineradora de Sant Adrià de Besós, Barcelona
1	224	Electricidad producida en plantas incineradoras administradas por la empresa SITA, Europa

⁽¹⁾ Residuos sólidos urbanos – Luis Ramón Otero de Peral.

⁽²⁾ Environmental, Quality and Safety Report, 2001 – Revista anual SITA-SUEZ.

7.8.2 Gases y ruidos

7.8.2.1 Límites máximos permisibles para las emisiones de gases

Límites máximos permisibles de emisiones contaminantes para vehículos con motores diesel					
País	Año de fabricación	Peso bruto total (t)	Coefficiente de absorción de luz	% de opacidad	Observaciones
México	Antes de 1990	> a 2,72	1,99 k (m-1)	57,61	-
México	Después de 1990	> a 2,72	1,27 k (m-1)	42,25	-
Chile	Antiguos	> a 3,86	2,80 k (m-1)	-	Aspiración natural
Chile	Antiguos	> a 3,86	2,80 k (m-1)	-	Con turbo con limitador
Chile	Antiguos	> a 3,86	4,20 k (m-1)	-	Con turbo sin limitador
Chile	Después de 1994	-	1,60 k (m-1)	-	En aceleración libre
Perú ¹	Antes de 1995	-	3,40 k (m-1)	77,00	Livianos, medianos y pesados
Perú ¹	Después de 1996	-	2,80 k (m-1)	70,00	Livianos, medianos y pesados
Perú ²	Antes de 1995	-	3,00 k (m-1)	72,00	Livianos, medianos y pesados
Perú ²	Después de 1996	-	2,50 k (m-1)	65,00	Livianos, medianos y pesados
Perú ²	Después de 2001	-	2,10 k (m-1)	60,00	Livianos, medianos y pesados
Perú ³	Después de 06/2001	< a 3,00	1,60 k (m-1)	-	Sin turbo
Perú ³	Después de 06/2001	< a 3,00	2,10 k (m-1)	-	Con turbo
Perú ³	Después de 06/2001	> o = 3,00	2,10 k (m-1)	-	Con o sin turbo

1 Propuesta inmediata.

2 Reajuste a los 18 meses de publicación de la norma.

3 Vehículos usados importados que se incorporan al parque automotor.

La norma del Perú se publicó en El Peruano, el 31 de octubre de 2001.

7.8.2.2 Límites máximos permisibles de generación de ruido

Límites máximos permisibles para emisiones de ruido de vehículos y exposición			
Descripción	País	Código de Norma	Decibeles - A
Ordenanza Municipal del 03/07/86	Lima, Perú	015	85
Vehículos en movimiento y parados	Brasil	NBR-8433	84
Exposición permisible al ruido	Brasil	NR-15	85

Resultado de mediciones realizadas a unidades compactadoras de 14 m³, según métodos de ensayo de las normas técnicas brasileñas NBR 8433 (1984) – Ruido emitidos por vehículos automotores en aceleración y NBR 9714 (1987) – Ruidos emitidos por vehículos automotores parados.

Con el compactador desconectado

Valor promedio en vehículo en movimiento (50 km/hora) 81,4 db (rango de variación: 80 a 82 db).

Valor promedio en vehículo parado en aceleración (1950 rpm) 74 db (rango de variación: 69 a 77,5 db).

Con el compactador en funcionamiento

Valor promedio con vehículo parado en aceleración (1.500 rpm) 79 db (rango de variación: 76,2 a 84,2 db).

Junto al chofer (datos con cabina abierta y cerrada)

Valor promedio en la cabina (promedio de datos en marcha lenta, camión en aceleración y compactación en aceleración) 72,1 db (rango de variación: 66,6-75 db).

Datos adicionales:

Nivel de presión sonora	Tiempo máximo de exposición
85 db A	8,00 horas
87 db A	6,06 horas
90 db A	4,00 horas

7.8.3 Lixiviados

7.8.3.1 Generación de lixiviados

Esta información permite determinar la cantidad de lixiviado que se produce en un relleno sanitario, lo que ayuda a revisar diversas alternativas de diseño de los sistemas de drenaje, almacenamiento y tratamiento para reducir los riesgos al ambiente y a la salud. En este índice se considera de manera implícita los factores climáticos (precipitación, temperatura), especificaciones

del proyecto (número, tipo y espesor de las capas, tipo de compactación) y las características de los residuos dispuestos.

Existen diversos métodos para estimar la cantidad de lixiviados que se generan en un relleno sanitario. Los más utilizados son los siguientes:

- Programa Hydrologic Evaluation of Landfill Performance - HELP

Modelo cuasi bidimensional desarrollado por la Armada de los Estados Unidos para la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA). Estima los valores de los diversos componentes del balance hídrico de un relleno. El modelo HELP requiere los siguientes datos de entrada:

- ? Climatológicos: precipitación diaria, temperatura media mensual, radiación solar media mensual, índice de área de hoja, profundidad de la zona de evaporación del suelo, día de inicio y fin de la estación de crecimiento.
- ? Características del suelo: porosidad, capacidad de campo, punto de marchitamiento y conductividad hidráulica.
- ? Especificaciones del proyecto: número y espesor de las capas, características del suelo, compactación, contenido inicial de humedad del suelo, tipo de cobertura vegetal.

- Método suizo

$$Q = \frac{1}{t} \times P \times A \times K$$

Donde:

Q (l/s) = Caudal medio anual de lixiviados

t (s) = Tiempo equivalente a un año

P (mm/año) = Precipitación anual media

A (m²) = Área superficial del relleno (m²)

K= Coeficiente de infiltración que depende del grado de compactación de la residuos

Valores de K

Tipo de suelo	Peso/volumen (t/m ³)	K
Rellenos ligeramente compactados	0,40 a 0,70	0,25 a 0,50
Rellenos fuertemente compactados	0,70 a 0,90	0,15 a 0,25

- Método de balance de agua (estimado después de la cubierta final)

$$L_v = P - ET - R - AS$$

Donde:

L_v = Volumen de lixiviados

P = Volumen de precipitación

ET = Volumen perdido por evapotranspiración

R = Volumen de escorrentía

AS = Volumen de humedad absorción por el suelo y los residuos

Nota: El estimado de la evapotranspiración se puede realizar con las ecuaciones de Blaney-Morin, Thornithwaite, Penman o Blaney-Cridle.

Producción de lixiviados en rellenos sanitarios				
Relleno sanitario	Precipitación pluvial	Toneladas dispuestas	Cantidad generada	Método utilizado - observaciones
El Zapallal, Lima, Perú	38,5 mm/año	1000 t/día 2 m ³ /día	8 m ³ /día	Método HELP – Debido a la falta de datos disponibles se utilizaron las ciudad de San Diego, Estados Unidos, por sus características similares a la ciudad de Lima. Método suizo
Lo Errazurriz, Santiago, Chile	315 mm/año	3000 t/día	86 m ³ /día	No establecido (clausurado en 1995)
Ensenada, Argentina	700 t/día	20 m ³ /día		No establecido
Alemania	750 mm/año	s/d	5 m ³ /ha/día	No establecido – Compactación con compactadora
Alemania	750 mm/año	s/d	9 m ³ /ha/día	No establecido – Compactación con oruga
Salvador, Bahia, Brasil	2.229 mm/año	2.350 t/día	380 m ³ /día	Total real tratado. Con modelo matemáticos se obtuvo: Modelo SITA: 252 m ³ /día Balance hídrico: 235 m ³ /día Método HELP: 322 m ³ /día
Itaberaba, São Paulo, Brasil	1.048 mm/año	350 t/día	22 m ³ /día	Total real tratado. Con modelo matemático se obtuvo: Modelo SITA: 32 m ³ /día Balance hídrico: 15 m ³ /día Método HELP: 29 m ³ /día

7.8.3.2 Características físicas, químicas y biológicas de los lixiviados

Análisis físicos, químicos y biológicos de lixiviados en rellenos sanitarios					
Parámetro (unidad)	Rango típicos (rango de valores)	R. Sanitario Lo Errazuriz (Chile)	R. Sanitario de Buenos Aires (Argentina)	R. Sanitario El Zapallal (Perú)	Normas del Servicio de Salud Pública de los Estados Unidos
DBO ₅ (mg/l)	1,5 a 60.000	150 a 49.000	16.036 a 68.500	1.200 a 43.500	
DQO (mg/l)		3.287 a 75.000	13.400 a 78.260	19.866 a 63.322	
COT (mg/l)	800 a 90.000	1.210 a 27.600	4.320 a 41.100	-	
pH (pH)	3,50 a 8,50	5,8 a 7,5	-	7,2 a 8,8	
Temperatura (°C)	-	16 a 43	5,2 a 8,05-	-	
N. total (mg/l)	1,50 a 150	530 a 2.290	-	-	
Coli fecal (mg/l)	100 a 10E6	-	-	2,3*10 ⁴ -	
Cloruros (mg/l)	5 a 4.500	-	-	10.097 a 19.184	250
Fenol (mg/l)	0.17 a 6,60	-	3,4 a 28	-	
S. totales (mg/l)	6 a 4.000	12.410 a 77.590	13.120 a 61.110	29.858 a 65.002	
S. sedimentables (ml/100ml*h)	-	< 0,1 a 9	-	No determinable a causa del color	
Cadmio (mg/l)	ND - 1,16	ND - 0,2	0,11 a 0,82	0,06	0,01
Plomo (mg/l)		0,2 a 8,2	0,11 a 40,84	0,11	0,05
Cromo (mg/l)	ND - 1,16	0,2 a 1,8	0,14 a 2,2	0,34	0,05
Cobre (mg/l)	-	19 a 83,4	0,96 a 13,54	< 0,1	
Fierro (mg/l)	-	17,6 a 713,6	28,04 a 127,3	-	0,3
Manganeso (mg/l)	-	0,8 a 35,8	15,4 a 96,3	-	0,05
Níquel (mg/l)	ND - 1,70	-	-	-	
Zinc (mg/l)	-	3,2 a 20,2	0,96 a 13,54	0,01	5
Toxicidad (EQ/ m ³)	-	6,5 a 68,8	-	-	
Turbiedad (UNT)	-	360 a 11.000	-	-	

ND: No detectado
 - : Parámetro no medido

7.9 INDICADOR DE AUSENTISMO

Rango aceptable:
 3 a 4%.

Días de ausencia * 100 = %
 Días laborables

Días de ausencia: días de faltas (permisos, faltas justificadas, faltas injustificadas y suspensiones) + días de enfermedad + días de accidentes + días de subsidio (de enfermedad, accidentes y maternidad).

Días laborables: (Total de horas laboradas * N.º de días del mes).

7.10 INDICADORES DE SEGURIDAD

Los indicadores de seguridad se emplean para medir daños o lesiones.

Las razones para su uso son las siguientes:

- Miden la ocurrencia de lesiones en determinadas zonas, áreas o instalaciones.
- Determinan si la ocurrencia disminuye o aumenta.
- Compara la ocurrencia bajo una unidad patrón funcional.
- Sirven para cualquier programa de prevención de accidentes como guía de corrección.

7.10.1 Accidentes de tránsito

Este índice corresponde solamente a los accidentes ocurridos por negligencia del ente operador. Se considera toda la flota utilizada en la actividad, por lo que incluye unidades de supervisión, apoyo, alquilados y operados por terceros.

$$\frac{\text{Cantidad de accidentes al mes}}{\text{Longitud total recorrida por los vehículos al mes/10.000 km}}$$

7.10.2 Frecuencia acumulada de accidentes

$$(\text{Cantidad de accidentes al mes} + \text{Cantidad de accidentes acumulados al mes anterior}) \times 1.000.000 / \text{Cantidad de horas trabajadas acumuladas}$$

7.10.3 Frecuencia mensual de accidentes con descanso médico

Mide el número de accidentes con descanso médico por millón de horas hombre trabajadas. Este tipo de accidente provoca lesión incapacitante, por lo que el trabajador es apartado de sus funciones por los días que el médico considere conveniente.

$$\frac{\text{Cantidad de accidentes con descanso médico al mes} \times 1.000.000}{\text{Cantidad de horas trabajadas al mes}}$$

7.10.4 Frecuencia mensual de accidentes sin descanso médico

Mide el número de accidentes sin descanso médico por millón de horas hombre trabajadas. Este tipo de accidente no provoca lesión incapacitante, por lo que el médico determina el retorno del trabajador a sus funciones.

Cantidad de accidentes sin descanso médico al mes x 1.000.000
Cantidad de horas trabajadas al mes

7.10.5 Frecuencia mensual de accidentes

Mide el número de accidentes con y sin descanso médico por millón de horas hombre trabajadas.

(Cantidad de accidentes con descanso médico al mes + Cantidad de accidentes sin descanso médico al mes) x 1.000.000/ Cantidad de horas trabajadas al mes

7.10.6 Índice de incidencia

Similar al índice de frecuencia, solo que varía en la escala de comparación. Es usado en centros con poco trabajadores o muy pequeños.

Cantidad de accidentes con descanso médico x 200.000
Cantidad de horas trabajadas

7.10.7 Índice de severidad

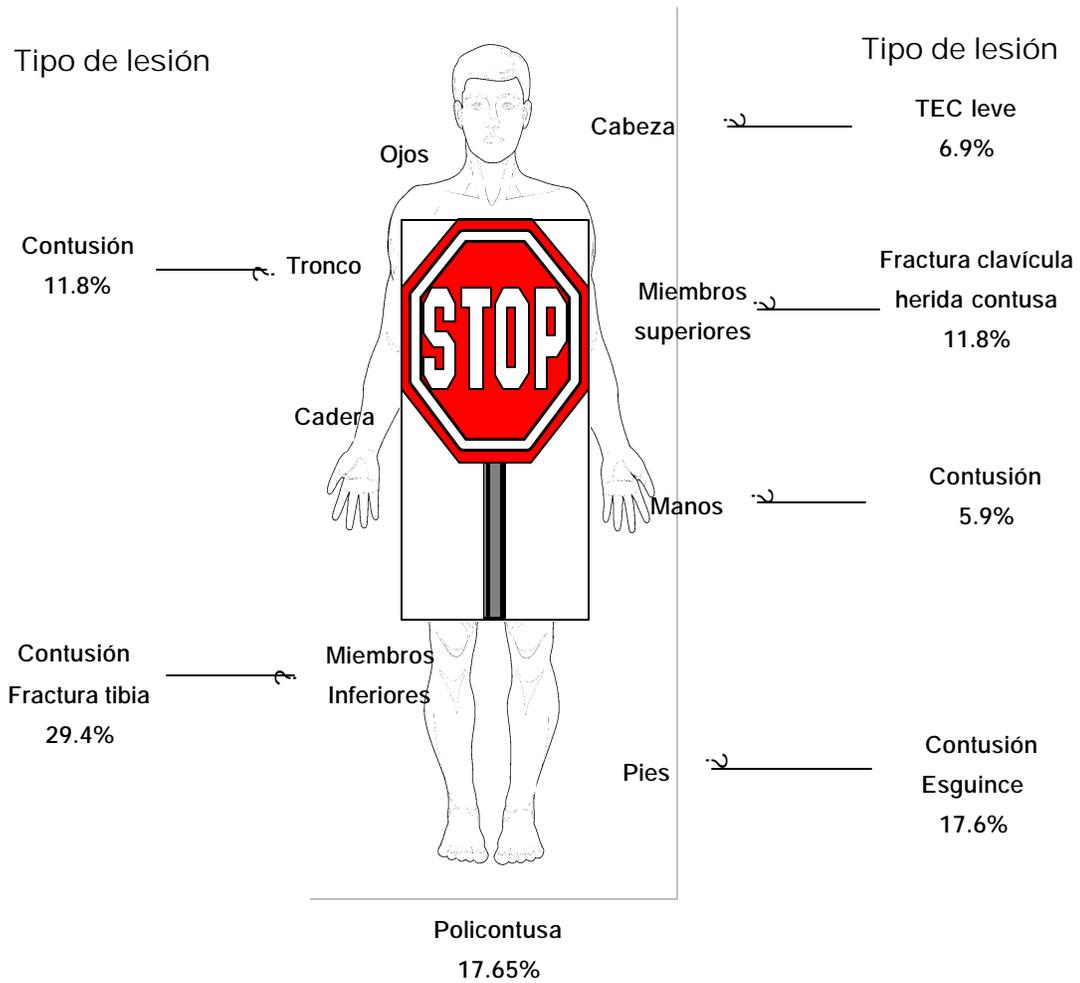
Es la tasa de gravedad de los accidentes de trabajo medido mensualmente.

Cantidad de días de descansos médicos x 1.000
Cantidad de horas trabajadas al mes

Las figuras 1 y 2 relacionan los accidentes de trabajo en los servicios de barrido y recolección con las partes del cuerpo humano, los que permiten evaluar la incidencia de las lesiones en determinadas zonas del cuerpo, evaluar la efectividad de los implementos de protección utilizados (guantes, mascarillas, crucetas, etc.) y establecer las necesidades de cambio, conservación o modificación de dichos implementos.

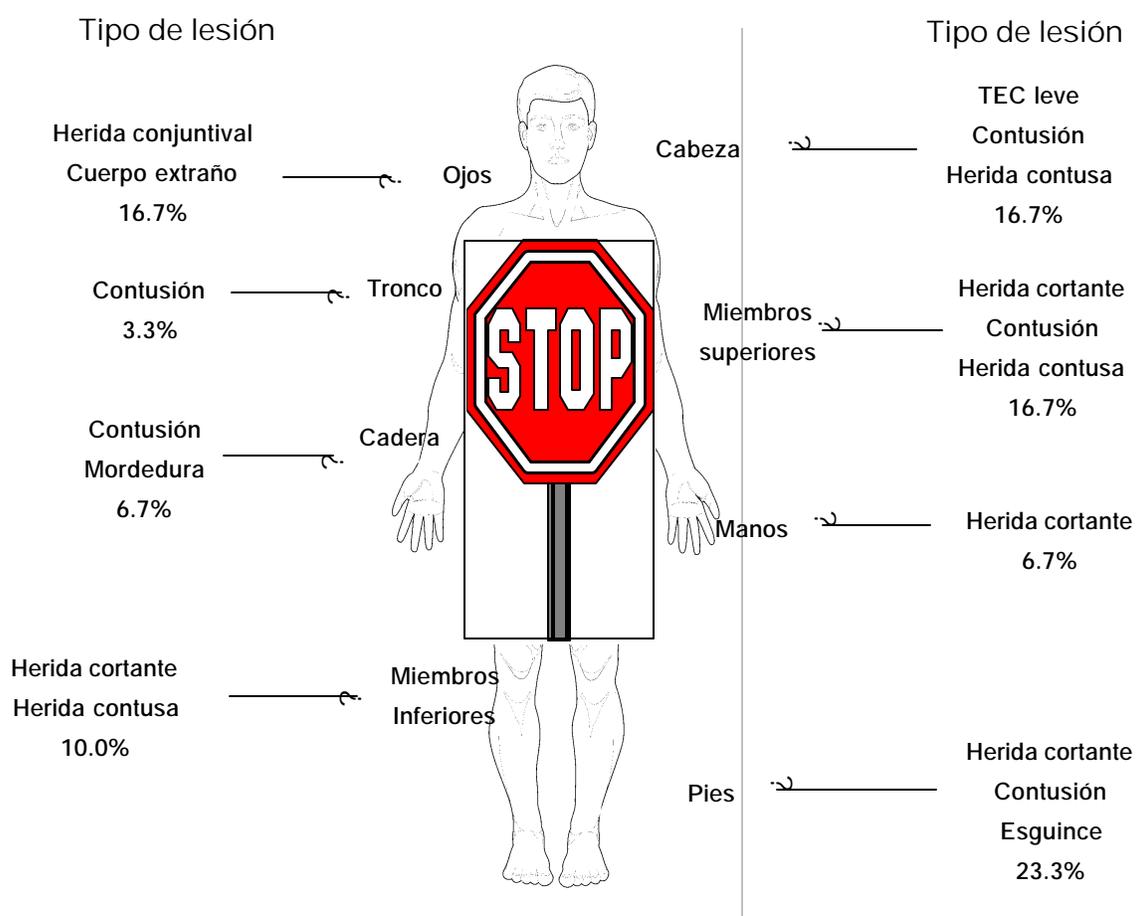
ACCIDENTES DE TRABAJO SEGÚN EL LUGAR Y LA NATURALEZA DE LAS LESIONES

SERVICIO DE BARRIDO



Fuente del gráfico: Cía Municipal de Limpieza Urbana Comlurb, Río de Janeiro, Servicio de Higiene y Medicina del Trabajo, 1976
 Fuente de la información: Vega Upaca S.A. - Relima, Departamento de Seguridad, 2002

ACCIDENTES DE TRABAJO SEGÚN EL LUGAR Y LA NATURALEZA DE LAS LESIONES
SERVICIO DE RECOLECCIÓN



Fuente del gráfico: Cía Municipal de Limpieza Urbana Comlurb, Río de Janeiro, Servicio de Higiene y Medicina del Trabajo, 1976
Fuente de la información: Vega Upaca S.A. - Relima, Departamento de Seguridad, 2002

8. Dimensionamiento de la recolección domiciliaria

El dimensionamiento de un servicio de recolección se relaciona con los recursos que se van a requerir (tipos de vehículos y equipos que serán utilizados, cantidad de vehículos necesarios, cantidad de personal) y las características del servicio (frecuencia, horario, rutas, itinerarios, puntos de disposición final, etc.).

La tarea de dimensionar y programar un servicio es necesaria cuando se planea ampliaciones en áreas no atendidas o cuando se identifica la necesidad de reformular un servicio existente.

La programación de los servicios de recolección domiciliaria abarcan las siguientes etapas:

- ? Estimación de la cantidad de residuos sólidos generados
- ? Definición de la frecuencia de recolección
- ? Definición de los horarios de recolección domiciliaria
- ? Características y dimensionamiento de la flota
- ? Cálculo del número de viajes
- ? Definición de las rutas de recolección.

8.1 Estimación de la cantidad de residuos sólidos generados

La cantidad de residuos generados se puede estimar de las siguientes maneras:

- Monitoreo total del servicio existente: La cantidad de residuos sólidos generados se obtiene pesando la cantidad total de residuos recolectados diariamente, en el lugar de transferencia o disposición final. Considerando las variaciones y volúmenes generados día a día, este procedimiento debe ser repetido más de un día para obtener datos representativos. En el caso de que la frecuencia de recolección no sea diaria, la cantidad de residuos debe ser dividida por el número de días entre días de servicio.

- Monitoreo parcial del servicio existente: La cantidad de residuos generados se obtiene identificando rutas representativas del servicio en términos de generación de residuos, geografía, nivel económico y densidad poblacional. En este caso es necesario estimar el número de habitantes atendidos en cada ruta seleccionada.

- Estimaciones en gabinete: De no poder realizar trabajos de campo, se puede recurrir a la producción per cápita o producción promedio por habitante por día (ppc) establecida o estimada para el país (ver: Servicio de recolección: índices generales) o se puede determinar con la siguiente fórmula:

Fórmula 1: Generación de residuos sólidos considerando la cobertura

$$Ppc = Qs / (Pob. \times 7 \times Cob.)$$

Donde:

Qs: Cantidad de residuos sólidos recolectados en una semana.

Se obtiene multiplicando el volumen de residuos recolectados en las unidades de recolección en una semana por la densidad que alcanzan los residuos en el vehículo recolector. Para hallar el volumen se ubican los vehículos utilizados y se multiplica por el número de viajes realizados por cada uno de ellos. En lo que respecta a la densidad alcanzada por los residuos, en caso de no haber realizado un muestreo previo, se puede considerar 300 kg/m³ para unidades sin compactación y 450 kg/m³ para unidades con compactación.

Pob: Población actual (habitantes)

Cob: Cobertura del servicio de recolección de residuos (%)

Fórmula 2: Generación per cápita futura

$$[[Pob \times ((1+T_{cp})^n)] \times [P_{pc} \times ((1+T_{ppc})^n)] \times Cob] \text{ (kg/día)}$$

Donde:

T_{cp}: Tasa de crecimiento poblacional(%)

T_{ppc}: Tasa de incremento de la producción per cápita de residuos (%)

n: Intervalo de tiempo considerado en años.

Fórmula 3 y 4: Cantidad diaria de residuos sólidos utilizando la generación per cápita

$$c.1. Q_d = P_{pc} \times P_{ob}$$

Donde:

Q_d: Cantidad diaria de residuos sólidos (toneladas)

P_{pc}: Producción per cápita (kg/hab./día)

P_{ob}: Población actual (habitantes)

$$c.2. Q_d = (ds/dt) \times A \times D_p \times P_{pc}$$

Donde:

ds: Días de la semana (7)

dt: Días de trabajo (en algunos casos 6 porque no se considera el domingo)

A: Área del lugar donde se realizará el servicio (hectáreas)

D_p: Densidad poblacional (habitantes/hectárea)

P_{pc}: Producción per cápita (kg/hab./día).

8.2 Características y dimensionamiento de la flota de recolección

La decisión de escoger un vehículo adecuado para ejecutar un determinado tipo de trabajo debe estar dirigido a la máxima rentabilidad operacional, lo que se logra al maximizar el grado de utilización del vehículo y minimizar la ociosidad de carga, ya sea en volumen o peso.

El peso bruto total admisible (PBTA) de un vehículo es la suma del peso del chasis más el peso de la carrocería y la carga útil del vehículo. El peso del chasis del vehículo incluye el combustible, aceite, agua, peso del conductor y otras dotaciones que tiene el vehículo, lo cual siempre es indicado por el fabricante en sus folletos técnicos. Mientras que la carrocería, observando también las indicaciones del fabricante y las especificaciones legales, se define de acuerdo con el tipo de carga a ser transportado y la capacidad de carga del vehículo.

La carrocería está directamente ligada a la mayor durabilidad del chasis, teniendo en cuenta que un equipamiento inadecuado en peso o en forma obliga que otros componentes sean solicitados de manera inadecuada, lo que provoca mayor consumo o desgaste. Hay que tener en cuenta también que cada incremento de peso muerto perjudica la capacidad de carga útil del vehículo.

Cálculo de la flota necesaria: Corresponde al número de vehículos que requieren operar simultáneamente, es decir, en un mismo día y horario. Para realizar este cálculo se puede proceder de dos maneras:

- Mediante la elaboración de una tabla por turno u horario de trabajo, donde se indica la flota necesaria que se requiere por día de semana.

Ejemplo:

Flota necesaria de vehículos								
Sector	Frecuencia de recolección	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
1	Diaria	5	5	5	5	5	5	-
2	Lunes, miércoles, viernes	4		4		4		-
3	Martes, jueves, sábado	3		3		3	-	
	Total	9	8	9	8	9	8	-

La flota total corresponde al mayor valor dentro de la flota necesaria en cada horario o turno de trabajo, en este caso nueve vehículos. Además de incorporar la flota adicional que se requiere para otro tipo de servicios, como recolección de residuos de barrido, es necesario un adicional de 10% de flota de reserva para reparaciones y mantenimiento y 5% para emergencias.

Un indicador de que el dimensionamiento de la flota no es el adecuado y que por lo tanto debe ser revisado es la gran diferencia entre la flota total correspondiente a cada día de semana para cada turno.

- Si se tiene mayores datos, se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$N = 1/T \times (L/V + Q/C \times t)$$

Donde:

N: Número de vehículos utilizados

C: Carga media estimada de las capacidades de carga

T: Tiempo fijado para efectuar la recolección completa (horas)

L: Longitud del eje de las calles (kilómetros)

V: Velocidad promedio de la recolección (km/hora)

Qd: Cantidad diaria de residuos a recoger (toneladas)

t: Tiempo de ida y vuelta a la descarga (horas).

8.3 Cálculo del número de viajes

El número de viajes de un servicio de recolección esta íntimamente relacionado con la capacidad de carga de cada vehículo y con la cantidad total de residuos a recolectar en un período de tiempo.

Se puede estimar con la siguiente fórmula:

$$V = \frac{\text{Carga total}}{\text{Capacidad de carga de vehículo}}$$

En caso de que la división resulte en número fraccionado, hay que efectuar el redondeo con el número superior; de esa manera se evita sobrecargar los vehículos y se proporciona mayor margen de seguridad para recolectar todos los residuos generados.

La velocidad operacional es otro factor importante, pero depende de las condiciones de las vías y de las características técnicas del vehículo. Es necesario recordar que debe existir un control constante de cada viaje para que el tiempo que una unidad toma en ejecutarlo sea constante.

8.4 Definición de los sectores de recolección

Los sectores de recolección de una ciudad se subdividen en regiones homogéneas, de manera que cada sector asigne a cada equipo de recolección una cantidad apropiada de trabajo para que utilice toda su capacidad. Los sectores también pueden dividirse en subsectores.

$$S = Qd / Crv / V$$

Donde:

S: Número de sectores

Qd: Cantidad diaria de residuos a recoger (toneladas)

Crv: Capacidad de recolección por viaje (toneladas)

Vs: Cantidad de viajes en cada subsector por día.

8.5 Definición de la frecuencia de recolección

La frecuencia de recolección define el tiempo recorrido entre la realización de dos servicios en una misma zona o lugar. La frecuencia de recolección puede ser diaria, interdiaria o dos veces a la semana, en la mayoría de los casos con descanso los domingos.

En general, la restricción económica es un factor determinante de la frecuencia de recolección, ya que a mayor frecuencia, mayor será el costo total del servicio. La cantidad de residuos generados también puede influenciar la definición de la frecuencia de recolección.

8.6 Definición de los horarios de recolección

La recolección puede ser realizada tanto en período diurno como nocturno, la decisión de hacerlo en un determinado período depende de diversos factores, como el tráfico, mejor aprovechamiento de los recursos disponibles, mayor productividad de la mano de obra, etc.

8.7 Definición de las rutas de recolección

La ruta de recolección es el trayecto que debe recorrer un vehículo de recolección dentro de un mismo sector, en un mismo período, transportando el máximo de residuos.

Las rutas deberán tener las siguientes características:

- Deben evitar duplicaciones, repeticiones y movimientos innecesarios.
- Deben contemplar las disposiciones de tránsito.
- Deben minimizar el número de vueltas izquierdas y redondas, para evitar pérdidas de tiempo, reducir el peligro de accidentes y minimizar la obstaculización del tráfico.
- Las rutas con mucho tráfico deben realizarse en el turno nocturno o cuando disminuye considerable la actividad.
- Las rutas deben iniciarse en puntos más cercanos al garage y conforme avanza el recorrido deben ir acercándose al lugar de transferencia o disposición final. Las zonas de mayor pendiente deben recorrerse primero, cuesta abajo y realizando la recolección de ambos lados de la vía, con el fin de aumentar la

seguridad del trabajo, acelerar la recolección, minimizar el desgaste de equipos y reducir el consumo de combustible y aceite.

- Cuando la recolección se va a realizar por ambos lados de una vía, se recomienda hacer las rutas con recorridos largos y rectos antes de dar vueltas a la derecha.
- Cuando la recolección se va a realizar solo por un lado de la vía, es necesario hacer las rutas con muchas vueltas en el sentido de las agujas del reloj, alrededor de las manzanas a cubrir.

9. ESTRUCTURA ORGÁNICA DEL ENTE OPERADOR

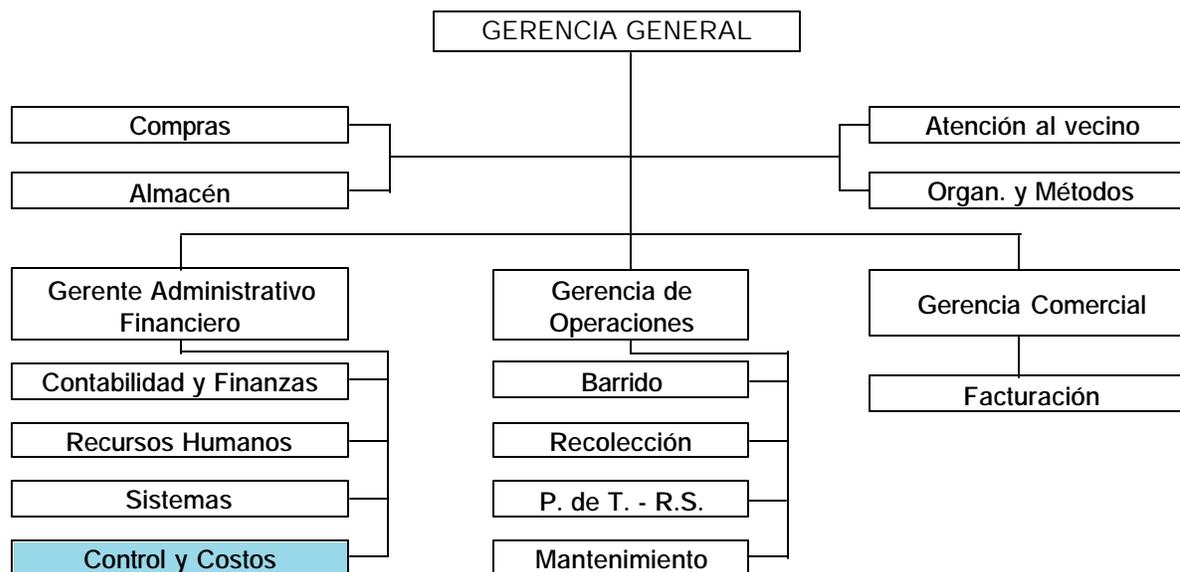
La estructura orgánica del ente operador muestra la jerarquía de las diversas gerencias, direcciones, departamentos y jefaturas

En el gráfico 1 se recomienda el tipo de estructura que debe tener el operador de régimen privado y el público (municipal). En la estructura municipal, la unidad de limpieza pública se encuentra directamente subordinada a un nivel jerárquico con poder de decisión. Ello da al servicio mayor agilidad, eficiencia y autonomía, lo que le permitirá mejor control de sus actividades.

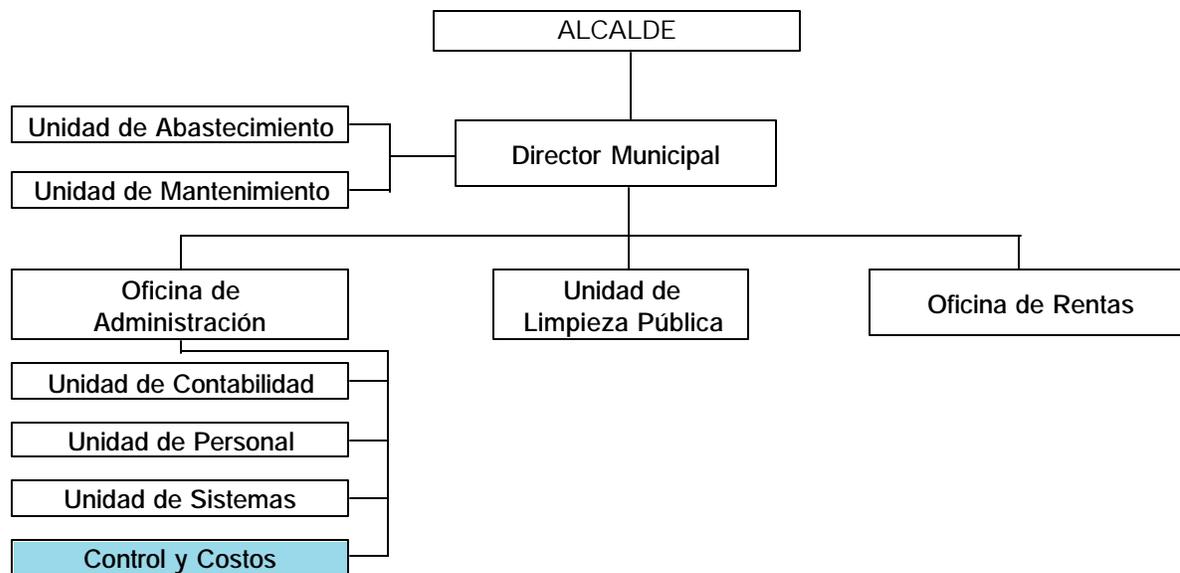
Cabe mencionar que en toda estructura orgánica, sea privada o pública, debe existir una unidad de control y costos que reciba la información producida por las unidades operativas y administrativas. La unidad de control y costos tabula y agrupa esa información, la que posteriormente será analizada y evaluada por las respectivas gerencias.

GRÁFICO N.º 1

ESTRUCTURA ORGÁNICA DEL ENTE OPERADOR PRIVADO
O EMPRESA PÚBLICA DE RÉGIMEN PRIVADO



ESTRUCTURA ORGÁNICA DEL ENTE OPERADOR PÚBLICO (MUNICIPAL)

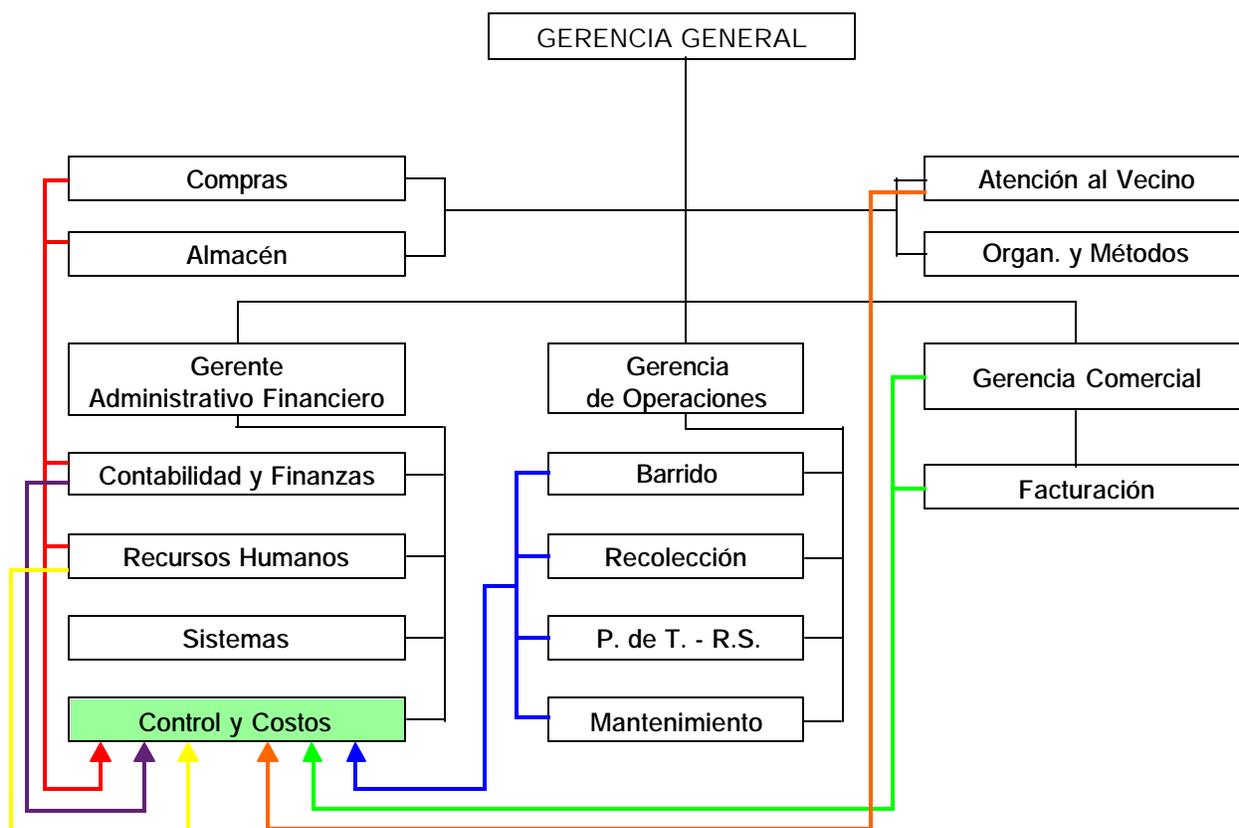


10. FLUJO DE INFORMACIÓN EN LA ESTRUCTURA ORGÁNICA DEL ENTE OPERADOR

Los gráficos 2, 3, 4 y 5 recomiendan flujos de entrada de información operativa, financiera, comercial, económica y de calidad hacia la unidad de control y costos, su posterior salida, previa tabulación y agrupación hacia las áreas donde serán analizadas.

GRÁFICO N.º 2

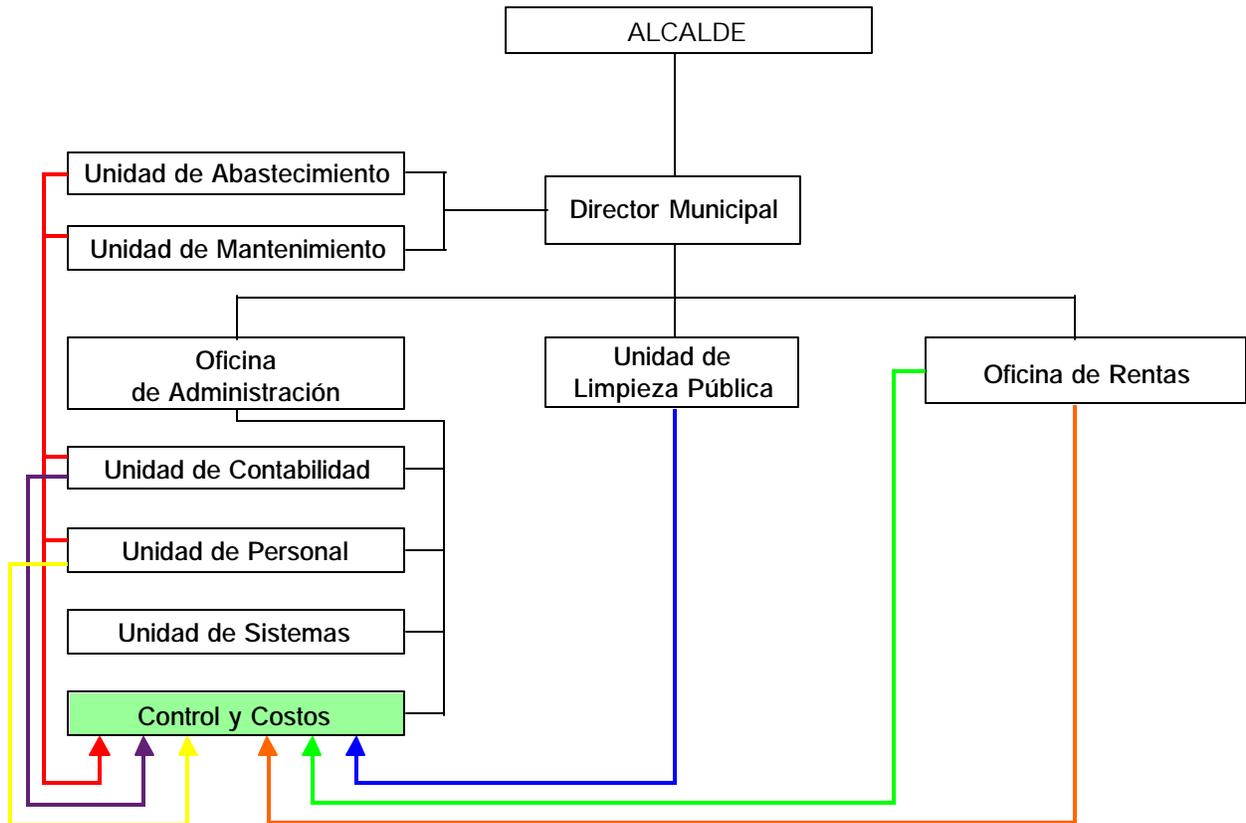
FLUJO DE ENTRADA



- Flujo de información de indicadores de costos
- Flujo de información de indicadores financieros
- Flujo de información de indicadores de accidentes de trabajo
- Flujo de información de indicadores operacionales
- Flujo de información de indicadores comerciales
- Flujo de información de indicadores de calidad

GRÁFICO N.º 3

FLUJO DE INFORMACIÓN EN LA ESTRUCTURA ORGÁNICA DEL ENTE OPERADOR PÚBLICO (MUNICIPAL)

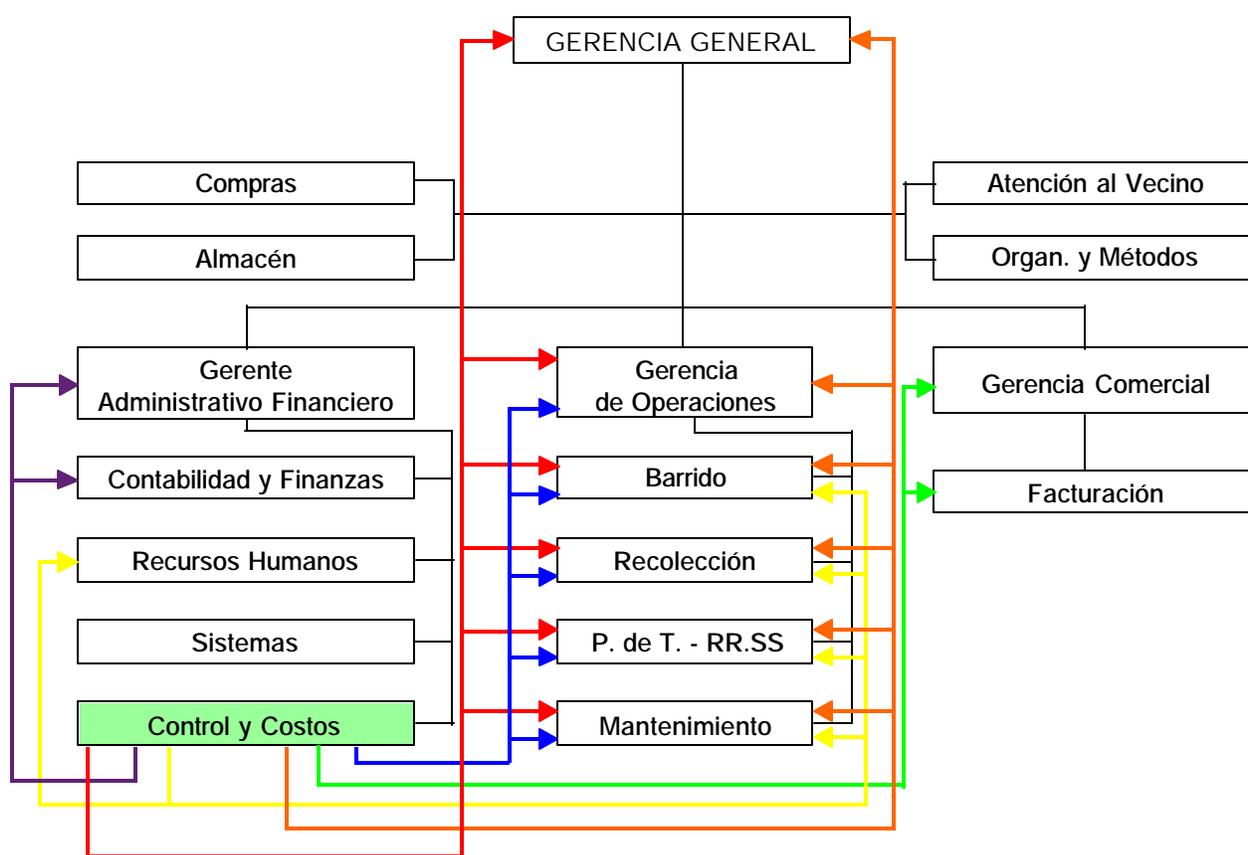


- Flujo de información de indicadores de costos
- Flujo de información de indicadores financieros
- Flujo de información de indicadores de accidentes de trabajo
- Flujo de información de indicadores operacionales
- Flujo de información de indicadores comerciales
- Flujo de información de indicadores de calidad

GRÁFICO N.º 4

FLUJO DE SALIDA

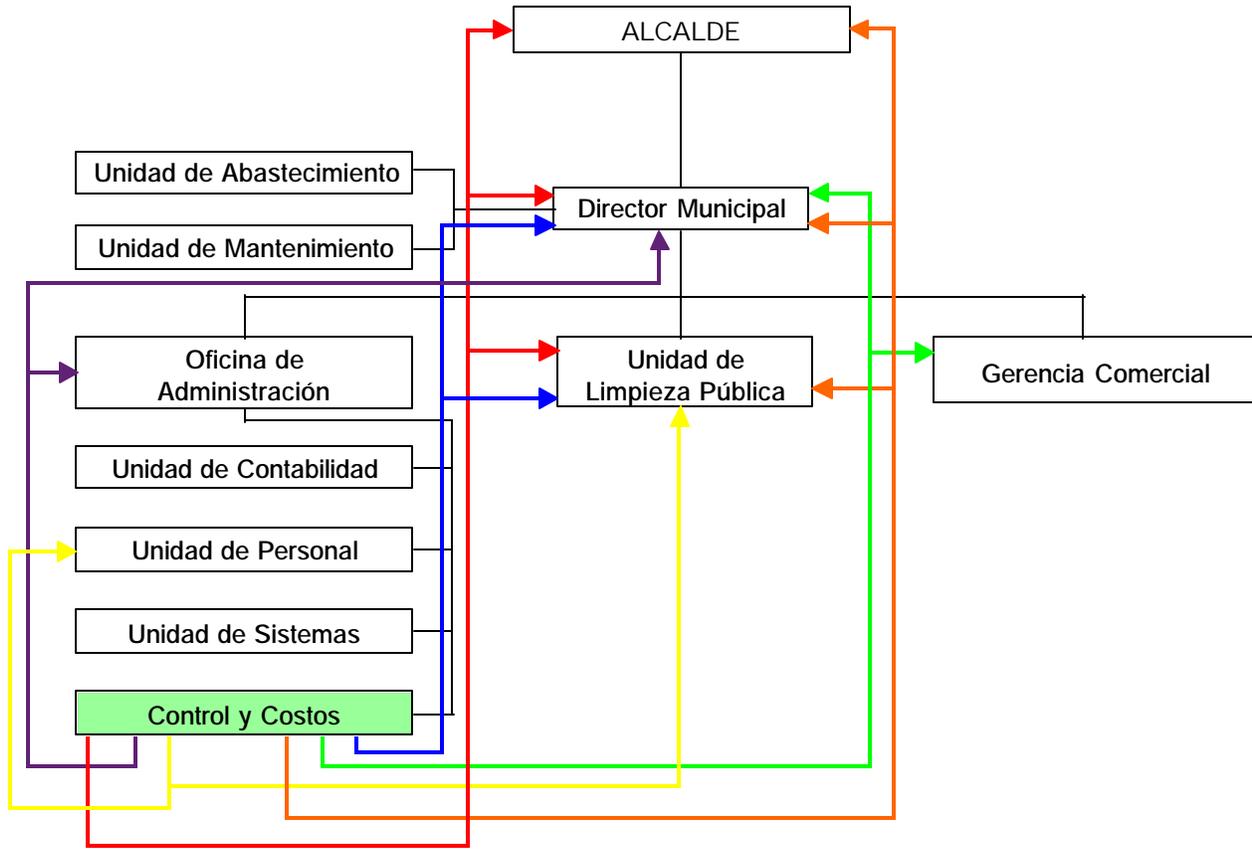
FLUJO DE INFORMACIÓN EN LA ESTRUCTURA ORGÁNICA DEL ENTE OPERADOR PRIVADO O EMPRESA PÚBLICA DE RÉGIMEN PRIVADO



- Flujo de información de indicadores de costos
- Flujo de información de indicadores financieros
- Flujo de información de indicadores de accidentes de trabajo
- Flujo de información de indicadores operacionales
- Flujo de información de indicadores comerciales
- Flujo de información de indicadores de calidad

GRÁFICO N.º 5

FLUJO DE INFORMACIÓN EN LA ESTRUCTURA ORGÁNICA DEL ENTE OPERADOR PÚBLICO (MUNICIPAL)



- Flujo de información de indicadores de costos
- Flujo de información de indicadores financieros
- Flujo de información de indicadores de accidentes de trabajo
- Flujo de información de indicadores operacionales
- Flujo de información de indicadores comerciales
- Flujo de información de indicadores de calidad

11. DISTRIBUCIÓN DE INDICADORES EN LA ESTRUCTURA ORGÁNICA DEL ENTE OPERADOR

Los gráficos 6 y 7 proponen la distribución de indicadores en la estructura orgánica de los entes privados o públicos. En la del operador privado se muestran tres niveles: gerencia general, gerencia operativa, financiera y comercial y las jefaturas de finanzas, barrido, recolección, transferencia, rellenos sanitarios, mantenimiento y facturación. En la estructura orgánica del ente público también se muestran tres instancias: alcalde, dirección municipal y las jefaturas de finanzas, limpieza pública y rentas.

GRÁFICO N.º 6

DISTRIBUCIÓN DE INDICADORES EN LA ESTRUCTURA ORGÁNICA DEL ENTE OPERADOR PRIVADO O EMPRESA PÚBLICA DE RÉGIMEN PRIVADO

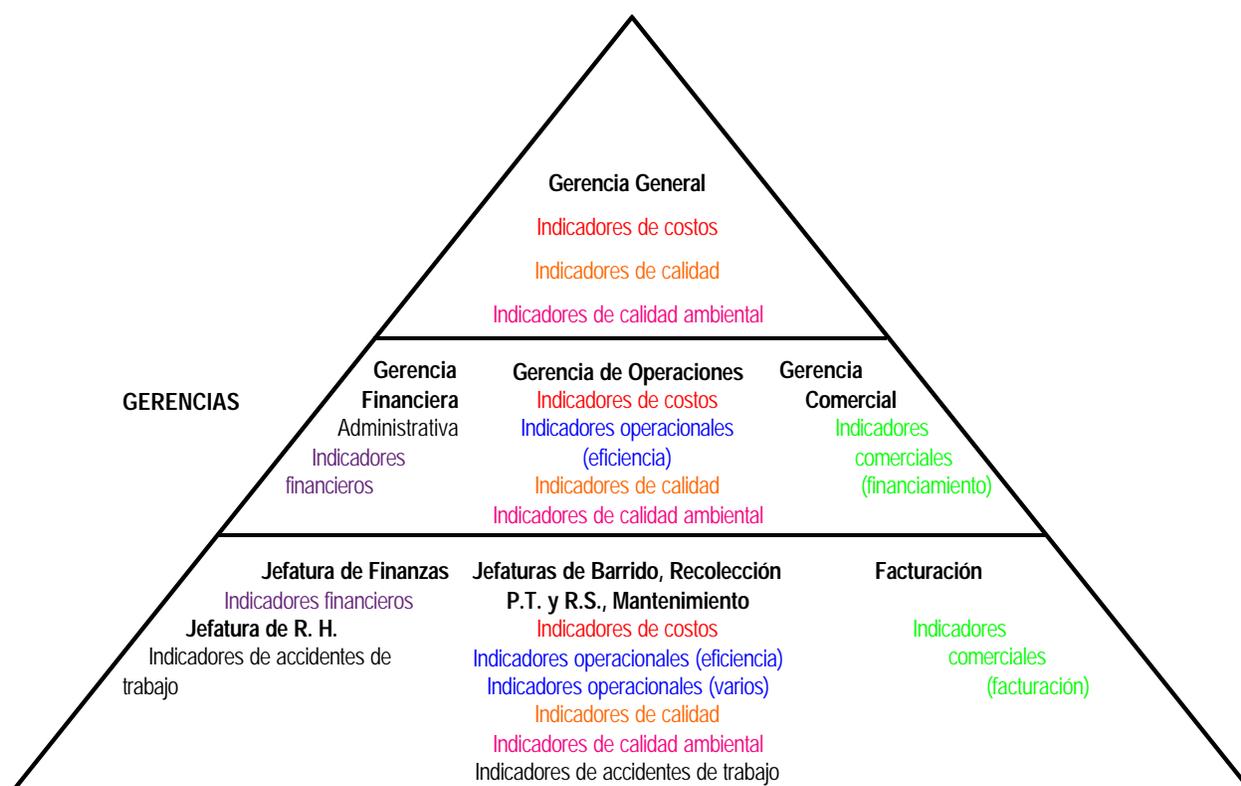
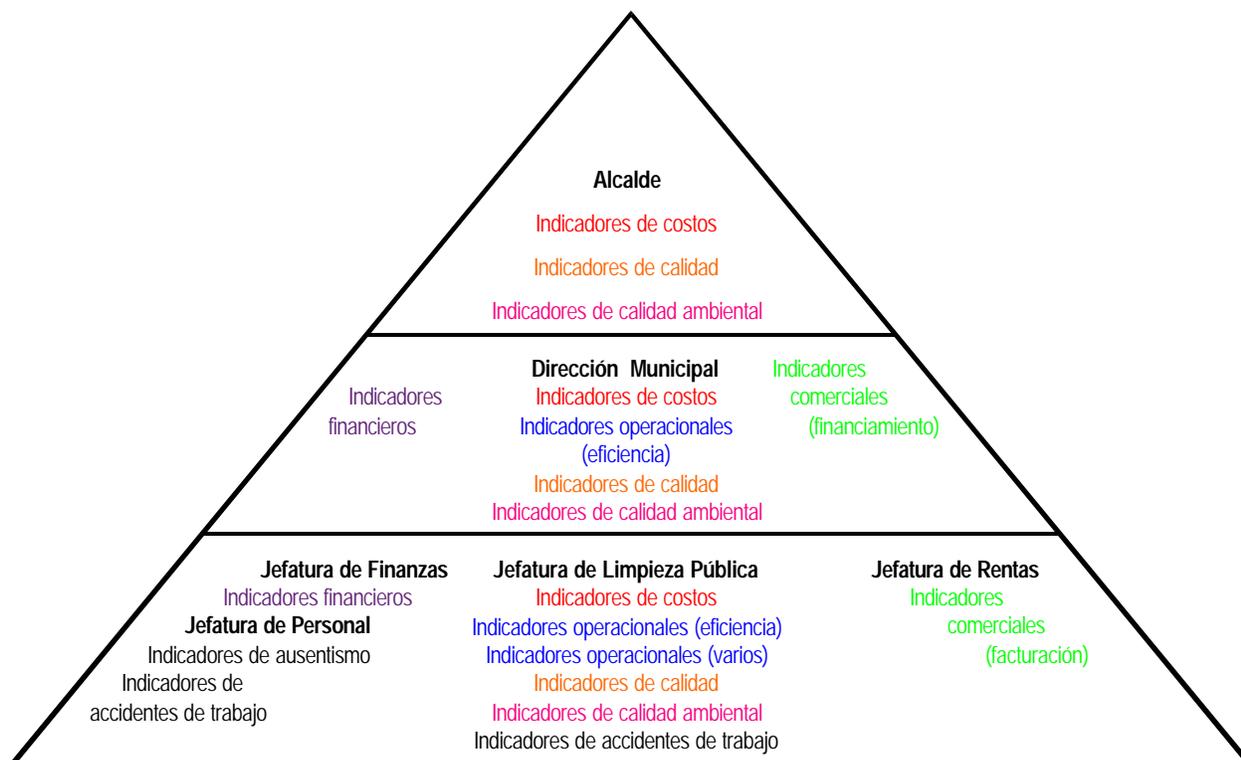


GRÁFICO N.º 7

DISTRIBUCIÓN DE INDICADORES EN LA ESTRUCTURA ORGÁNICA DEL ENTE OPERADOR PÚBLICO (MUNICIPAL)



12. CONCLUSIONES

- 12.1 La necesidad de alcanzar niveles de eficiencia y competitividad en la gestión de los servicios de limpieza pública ha llevado al establecimiento de parámetros para medir la efectividad y calidad de los servicios. La medición busca obtener una relación favorable de costo-beneficio y se centra en el nivel de cobertura, productividad y efectividad de las actividades que conforman el servicio.
- 12.2 El servicio de limpieza puede ser ejecutado por el sector privado o público, pero es en este último donde se identifican mayores problemas, como la interferencia política y la falta de capacitación técnica que imposibilita la visión integral del manejo de los residuos sólidos. Ello conlleva al aumento de costos del servicio y a la disminución de la productividad y de la vida útil de los equipos.
- 12.3 Los indicadores se utilizan como estándares para la toma de decisiones y el mejoramiento continuo. De acuerdo con su naturaleza e importancia deben ser manejados por determinados niveles jerárquicos del ente responsable de la actividad, sea privado o público. Cada nivel jerárquico los utilizará para la identificación de prioridades en los servicios bajo su administración.
- 12.4 Los indicadores generales, operacionales, financieros, comerciales y de calidad pueden ser utilizados para evaluar el servicio de limpieza pública en cualquier país de la Región, siempre y cuando se cuente con información base obtenida a través del monitoreo constante.
- 12.5 Los indicadores de costos se constituyen en elementos básicos de la gestión gerencial porque permiten controlar los gastos que genera cada servicio. Ello hace indispensable que todo ente operador, privado o público, cuente con un sistema de costos compatible con la naturaleza y el tipo de servicios que provee.
- 12.6 La adecuada estructura orgánica del ente operador permite que los servicios sean más ágiles, eficientes, y autónomos. Es necesario contar con una unidad de control y costos que reciba información base para su procesamiento, tabulación y agrupación.

13. RECOMENDACIONES

- 13.1 Para enfrentar el problema de la limpieza pública, se debe reconocer la necesidad de una concepción integral del sistema. La administración municipal debe dar prioridad a la limpieza pública, por tratarse de un servicio básico relacionado directamente con la salud de la población, al igual que los de agua y desagüe.
- 13.2 Es necesario promover un sistema de gestión basado en el control de los servicios, pues a través de dicho control se logra la optimización de los recursos y el aumento del rendimiento.

-
- 13.3 Se recomienda la aplicación de indicadores, ya que estos permiten hacer el seguimiento y la evaluación sistematizada de los procesos involucrados en la prestación de los servicios.
 - 13.4 La tendencia actual se orienta hacia la mayor participación del sector privado en el manejo de los residuos sólidos. Dicha participación requiere reglas claras y una supervisión eficiente, objetiva y transparente que garantice la adecuada prestación de los servicios.
 - 13.5 La concesión es una de las alternativas más viables para transferir al sector privado la prestación de servicios de limpieza pública. A través de la concesión se establecen contratos de períodos largos que garantizan rentabilidad y retorno de la inversión a la empresa privada.

14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 14.1 Acurio, Guido; Rossin, Antonio; Teixeira, Paulo; Zepeda, Francisco. *Diagnóstico de la situación del manejo de los residuos sólidos municipales en América Latina y El Caribe*. Washington, DC Organización Panamericana de la Salud, 1998.
- 14.2 Backer y Jacobsen. *Contabilidad de costos: un enfoque administrativo y gerencial* México DF Editorial Mc Graw Hill. 1980.
- 14.3 Bram, Miguel Angel; Villaroel, Orialis. *Análisis químico de líquidos percolados producidos en los rellenos sanitarios de La Feria y Cerros de Renca*. Boletín del Instituto de Salud Pública de Chile. Vol. 26 (1-2). 1985 – 1986.
- 14.4 Canoura, José María; *Relleno Sanitario. Generación y tratamiento de líquidos lixiviados. Trabajo técnico*
- 14.5 Cañizares, Patricio; Chérrez, Sandra; Guerrero, Wilma; Landin, Carlos; Merchan, Magali; Rodríguez, Rosa. *Manejo de los desechos sólidos en el Ecuador*. Quito: Fundación Natura; 1993.
- 14.6 Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. *Resultado de análisis de lixiviados generados en el relleno sanitario El Zapallal*. Lima: CEPIS; 1994
- 14.7 El Comercio; Apoyo Comunicaciones. *Anuario 2000*. Lima
- 14.8 Chile. Leyes, decretos, etc. *Decreto Supremo N.º 55/94 Normas de emisión de vehículos de carga*. Santiago: Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, Departamento de Fiscalización de la Subsecretaría de transporte; 1994.

- 14.9 Colegio de Ingenieros del Perú. Capítulo de Ingeniería Mecánica Eléctrica. *Indicadores de gestión en mantenimiento productivo total*. Lima; 2000.
- 14.10 Hernández, Ricardo; Olavarría, Leopoldo; Sánchez, Rebeca; Villalba, Luisa. *Indicadores de desempeño de gestión de sistemas de aseo urbano domiciliario*. ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. XXVII Congreso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Porto Alegre, Brasil, 2000.
- 14.11 Instituto Brasileiro de Administração Municipal. *Manual de Limpeza pública*. Rio de Janeiro; 1973.
- 14.12 Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Compromisso Empresarial para Reciclagem. *Lixo municipal, manual de gerenciamento integrado*. São Paulo; 2000.
- 14.13 Ehrig, Hans Jurgen. *Cantidad y contenido de lixiviados de rellenos de desechos domésticos*. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
- 14.14 México. Leyes, decretos, etc. *Norma Oficial Mexicana NOM-045-ECOL-1996 para el control de la contaminación atmosférica (vehículos)* Santiago; 1997.
- 14.15 Municipalidad de Lima Metropolitana. *Ordenanza Municipal N.º 015 Prevención de ruidos nocivos y molestos*. Dirección Municipal de Servicios a la Ciudad. 1986.
- 14.16 Organización Panamericana de la Salud, Ministerio de salud. Análisis sectorial de residuos del Perú. Lima; 1998.
- 14.17 Paraguassú de Sá, Fernando A. *Controle gerencial na privatização dos serviços de coleta de lixo*. Revista Bio, ABES; 1997.
- 14.18 Sakurai, Kunitoshi. *Macro indicadores para gerencia del servicio de aseo urbano*. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente; 1983. Programa Regional OPS/HEP/CEPIS de mejoramiento de los Servicios de Aseo Urbano.
- 14.19 Schroeder, Paul R Hydrologic evaluation of landfill performance (HELP) model. Primer Curso Taller sobre Rellenos Sanitarios. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. 1996.
- 14.20 SITA. Vega Engenharia Ambiental S.A, *1ª Treinamiento técnico de aterros*. Bahia; 2002.
- 14.21 Universidad de Lima. Centro Integral de Educación Continua. *Contabilidad y finanzas para no especialistas*. Lima; 2000

14.22 Vega Engenharia Ambiental S.A. Procedimiento operacional ISO: *Análise crítica pela administração*. Brasil;2002.

15. ANEXOS

15.1 Glosario

Activo corriente: Denominado también activo circulante, este rubro comprende todas las partidas en efectivo, tanto en caja como en banco, como aquellas que se pueden convertir en efectivo en el transcurso del año.

Activo no corriente: Se denomina así a las partidas que se presume o calcula que sobrepasarán el año para su conversión en efectivo.

Activo total: Está compuesto por los elementos patrimoniales que pueden ser valorados o los recursos con los que la empresa puede funcionar.

Biogás: Conjunto de gases compuestos mayormente por el gas metano, que se genera al interior de la masa de residuos por la descomposición de la materia orgánica.

Botadero: Acumulación inapropiada de residuos en vías y espacios públicos, así como en áreas urbanas, rurales o baldías que generan riesgos sanitarios o ambientales. Carecen de autorización sanitaria.

Disposición final: Procesos u operaciones para tratar o disponer en un lugar los residuos sólidos como última etapa de su manejo en forma permanente, sanitaria y ambientalmente segura.

Gestión de residuos sólidos: Toda actividad técnica administrativa de planificación, coordinación, concertación, diseño, aplicación y evaluación de políticas, estrategias, planes y programas de acción de manejo apropiado de los residuos sólidos en el ámbito nacional, regional o local.

Lixiviado: Es el líquido que contienen los residuos, especialmente la materia orgánica, que se acumula en la masa de los residuos dispuestos y que tiende a aflorar por las partes más bajas del relleno sanitario.

Manejo de residuos sólidos: Toda actividad técnica de residuos que involucre manipuleo, acondicionamiento, transporte, transferencia, tratamiento y disposición final o cualquier otro procedimiento técnico operativo utilizado desde la generación hasta la disposición final.

Monitoreo: Conjunto de actividades necesarias para conocer y evaluar la calidad o característica de un determinado elemento del ambiente.

Parámetros: Magnitud medible que permite presentar la calidad o característica de un determinado elemento del ambiente.

Pasivo corriente: Llamado también pasivo circulante; en este rubro se consideran todas las partidas y las obligaciones de la empresa que cancelan en el transcurso del año.

Pasivo no corriente: Son las obligaciones que la empresa debe cancelar en un plazo mayor de un año.

Rellenos sanitario: Instalación destinada a la disposición sanitaria y ambientalmente segura de los residuos sólidos en la superficie o bajo tierra; su construcción sigue los principios y métodos de la ingeniería sanitaria y ambiental.

Residuo sólido: Conjunto heterogéneo de los desechos sólidos y semisólidos provenientes de las actividades urbanas en general (desechos domésticos, comerciales, industriales, de barrido de calles, de establecimientos hospitalarios, de mercados y otros).

Segregación: Acción de agrupar determinados componentes o elementos físicos de los residuos sólidos para ser manejados en forma especial.

Tabulación: Cálculo que permite expresar valores, magnitudes, conceptos, etc., por medio de tablas.

Vida útil: Tiempo estimado en que las características o condiciones de un producto o actividad se mantendrán en similares condiciones.

Vertedero controlado: Lugar donde se efectúa la disposición final de los residuos sólidos, con un manejo técnico y sanitario limitado que consta de la simple cobertura con tierra al final de la jornada.

15.2 Ejemplo de indicadores en algunos países de la Región

Servicio de barrido		
Ciudad	% de cobertura	Rendimiento: km/día
Rosario, Argentina	100	2,4
Villa Mercedes, Argentina	100	0,5
Villa Mercedes, Argentina	100	0,5
Pérez, Argentina	100	2,4
La Paz, Bolivia	100	0,5 a 2
São Paulo, Brasil	60	2
Cali, Colombia	97	2,81
Alajuela, Costa Rica	10	3,0
Monterrey, México	-	-
San P. De Garza, México	100	2,0
Asunción, Paraguay	60	-
Lima, Perú	70	-
Chiclayo, Perú	70	1,1
Monterrey, Uruguay	70	1,5
Rango: América Latina	-	1 a 2
Ciudad	N.º barredores/1.000 hab.	Residuos recolec./barred.
Bogotá (sistema privado)	0,17	-
Cali (sistema público)	0,14	-
La Paz	0,6	-
Lima	0,7	0,8 t/barredor
Quito	0,8	0,8 t/barredor
México	1,1	1,1 t/barredor
São Paulo	0,6	2,2 t/barredor
Rango: América Latina	0,2 – 0,8	2 a 5 t/jornada (8 horas)

Indicadores para el gerenciamento del servicio de limpieza pública

Servicio de recolección			
Ciudad	% de cobertura - recolección		% de cobertura - relleno sanitario
Bolivia	68		50
Brasil	71		28
Cuba	95		90
Perú	84		5
México	70		17
Ciudad	Rendimiento – recol.		Frecuencia (N.º d/semana)
Bogotá	-		6/7, 3/7, 2/7
México	4,0 t/ayudante		6/7
Montevideo	-		6/7, 3/7
Rio de Janeiro	3,3 t/ayudante		3/7
São Paulo	3,5 t/ayudante		3/7
Ciudad Guyana, Estado de Bolívar - Venezuela			
Indicador	Capacidad/ Unidad (t)	Sector	
		Comercial	No comercial
t/viaje	10,5	8,8	9,6
	8,5	7,2	-
	2,5	-	4,5
t/jornada	10,5	9,7-7,4	-
	8,5	7,3-6,8	-
	2,5	-	-
kg recolectados/km recorridos	10,5	714,4	340,4
	8,5	784,3	-
		520,7	-
kg recolectado/km total en ruta	10,5	218,3	221,0
	8,5	242,8	-
		187,0	-
N.º paradas en ruta		320-625	225
Velocidad en actividades de recolección (km/hora)		2,75-4,11	5,6
Velocidad en traslado		27,6-36,6	33,6
Ayudantes/1.000 habitantes		0,23	