

Análisis energético urbano usando metodologías de gestión integral de energía: un caso de estudio en la ciudad de Pasto.

Urban Energy Diagnosis Using Overall Management Methodologies: A Case Study in Pasto City.

Diego J. Gómez - Ceballos^{a*}, Richard G. Morán - Perafán^a.

Recibido: agosto 30 de 2014
Recibido con revisión: abril 20 de 2015
Aceptado: mayo 14 de 2015

^{a*}Universidad Antonio Nariño,
Facultad de Ingeniería Mecánica,
Grupo de investigación:
Research in Energy and Materials REM
San Juan de Pasto, Colombia
Cra 22 B # 5 Sur A-15
Tel.: +(57) 2 7228570 / 7228574
diego.gomez@uan.edu.co
ricmoran_1@hotmail.com

Energética 45, junio (2015), pp.23-31

ISSN 0120-9833 (impreso)
ISSN 2357 - 612X (en línea)
www.revistas.unal.edu.co/energetica
© Derechos Patrimoniales
Universidad Nacional de Colombia



RESUMEN

La investigación de carácter exploratorio llevada a cabo en la ciudad de San Juan de Pasto, pone a disposición de las prácticas tradicionales de la planificación urbana, nuevas herramientas cuantitativas y cualitativas de planeamiento de energía y conceptos de Energética Urbana, con el fin de ampliar la visión del desarrollo de la ciudad capital del Departamento de Nariño, en el suroccidente de Colombia, haciendo posible que la gestión de nuevos modelos urbanos como las soluciones a los problemas más importantes de la ciudad, puedan incorporar la variable energía, satisfaciendo las exigencias que imponen los novedosos escenarios energéticos futuros.

Para ello, se han implementado metodologías de tratamiento integral de energía ampliamente conocidas, como son el balance y diagnóstico energéticos, usadas corrientemente en otros ambientes, permitiendo caracterizar el valor energético de la ciudad, conformar la estructura de su balance energético, consolidar cuantitativamente las principales variables del mismo y plantear un diagnóstico energético inicial.

PALABRAS CLAVE

Balance Energético; Ciudad; Competitividad; Diagnóstico Energético; Energía; Sostenibilidad.

ABSTRACT

The exploratory research conducted in San Juan de Pasto, offers traditional practices of urban planning, new quantitative and qualitative energy planning tools and concepts of Energy Urbana, in order to expand the vision of development San Juan de Pasto city, capital of Nariño State, in south western Colombian, enabling the management of new urban models and the solutions to the most important problems of the city, to incorporate the energy variable, satisfying requirements imposed by novel energy scenarios of future decades.

To this end, widely known comprehensive energy treatment methodologies have been implemented, such as balance and energy diagnosis, currently used in other environments, enabling calculation of the energy value of the city, form the structure of its energy balance, consolidate quantitatively major of the same variables and propose an initial energy assessment.

KEYWORDS

Energy balance; City; Competitiveness; Energy diagnosis; Energy; Sustainability.

1. INTRODUCCIÓN

El innegable protagonismo de la relación energía-ciudad como factor determinante del desarrollo de las urbes [Kalra P. & Shekhar R., 2006] origina serias inquietudes por parte de autoridades, académicos e investigadores, y no es difícil detectar varios argumentos que las soportan. Por un lado, pocos cuestionan que los escenarios energéticos que confluyen hacia el agotamiento del petróleo, y por tanto, el fin de la energía de bajos costos, modulan muchas de las variables urbanas, desde su diseño y expansión, hasta las costumbres de uso de la energía por parte de sus habitantes. Las previsiones demográficas apuntan por otro lado, que en los futuros años 50 de este siglo, el 89% de la población de Latinoamérica vivirá en las ciudades, [United Nations, 2007], continuando así con el paulatino despoblamiento de las áreas rurales, y suscitando en consecuencia mayores presiones sobre la gestión eficiente de las fuentes de energía de la ciudad. Se infiere por tanto, que la competitividad y sostenibilidad urbanas, son cada vez más dependientes de la gestión del insumo energía [United Nations, 2007], y exigen una visión que supere lo sectorial, por lo global. Estas declaraciones son las principales causas que motivan un mayor interés por los estudios de la relación energía-ciudad fundamentadas en metodologías más complejas e integrales, que en definitiva, ponderen en su verdadera magnitud el valor energético de las urbes.

Algunas singularidades acompañan el vínculo ciudad-energía: la elevada concentración de consumos, la presencia de dispares tecnologías en cada una de las etapas de la cadena de energía, la confluencia de todo tipo de flujos y transformaciones tanto de energías primarias como secundarias, la gran diversidad y sofisticación de las aplicaciones energéticas, el uso de infraestructuras complejas y centralizadas, la gestión de la energía desvinculada de visiones sistémicas, y por supuesto, la evidente presencia de problemas ambientales. No menos importantes son las influencias que el desempeño del sistema de energía urbano recibe, y de manera determinante, de las políticas energéticas nacionales, de su localización geográfica, de la calidad tecnológica de las infraestructuras, no solo energéticas, sino viales, urbanas y arquitectónicas, de la propensión social a adoptar corrientes de innovación, de las políticas de expansión urbana, de la madurez de la gestión pública y privada, del grado de conocimiento de la problemática energética local, de las costumbres de uso de la energía de los ciudadanos y sus estilos de vida, entre otras. En síntesis, la realidad energética “ciudadana” es una realidad compleja, derivada de un sistema energético igualmente intrincado, compuesto no solo de recursos e infraestructuras sino de una serie de actores con funciones e intereses diversos y contrapuestos, sean estos usuarios o clientes, empresas generadoras o distribuidoras, investigadores, entidades reguladoras,

organizaciones medioambientales, proveedores de tecnologías, etc. Todos con vínculos muy estrechos con variables económicas, políticas, sociales, tecnológicas y medioambientales.

Por su parte, el mundo académico no está de espaldas a la importancia de esta relación y ha gestado nuevas disciplinas de conocimiento, como la que hoy se identifica como “Energética Urbana” o “Urbanismo Energético”, [Páez, 2009], que intenta poner en su verdadera dimensión el papel de la energía en las ciudades y su relación con los retos y compromisos con la sostenibilidad y el desarrollo futuro de las mismas. Postula que lo urbano no puede desligarse de lo energético dado que la energía tiene una influencia definitiva en el desempeño de los sistemas urbanos vitales como el transporte y la movilidad, los sistemas productivos, el medio ambiente, la calidad de vida y confort de los ciudadanos, y adquiere a futuro, una especial relevancia en las políticas de expansión urbana y el urbanismo, dando origen a “la necesidad de integrar la planificación energética y la planificación urbana, potenciando el transporte público colectivo y peatonal, la reestructuración polinuclear de las actividades dentro de la ciudad y la integración del urbanismo espacial y climático”. Además, declara “la importancia de fortalecer el papel de los municipios en la resolución de los problemas energéticos, especialmente en la formulación y puesta en práctica de programas dirigidos al ahorro y uso racionalizado de la energía” y “la necesidad de que se presenten cambios en los estilos de vida”, para lo cual “la percepción social del tema de la energía es fundamental en el campo de la información y de la concientización ciudadana” [Páez, 2009].

En este sentido, poseer caracterizaciones y valoraciones cuantitativas de los flujos energéticos de la ciudad, y establecer relaciones de la variable energía con aspectos económicos, sociales o ambientales, es dar soporte a las pretensiones de la Energética Urbana de mejorar la competitividad y sostenibilidad de las ciudades de cara a los retos permanentes de los escenarios energéticos del futuro, nada amables, dadas las discontinuidades previsibles y sus múltiples impactos. En los núcleos urbanos colombianos, y es el caso de San Juan de Pasto, el planeamiento energético es dominado por la visión parcial y fragmentada de las empresas públicas y privadas, que operando en forma independiente, se encargan de dotar a la urbe de las diversas fuentes energéticas, dentro de la concepción de la prestación de los servicios públicos. Por tanto, las ciudades carecen de una perspectiva energética global tal como la propone la presente investigación, y se desconoce, por ende, su valor en relación con el planeamiento urbano.

Por fortuna, las visiones integrales de la energía poseen herramientas metodológicas bien consolidadas que pueden considerarse como metodologías genéricas. El balance energético, definido como una contabilidad de todos los flujos energéticos, y el diagnóstico energético, orientado a establecer la relación de la energía con variables de tipo económico, social, político, ambiental, tecnológico etc., son las más conocidas y desarrolladas y tienen aplicación práctica y rutinaria, pero a un nivel de mayor agregación al de la ciudad: a nivel de país. Por lo tanto, es habitual encontrar la elaboración de balances y diagnósticos energéticos en

diferentes estadios territoriales llámense nacionales, regionales o mundiales, siendo conocidos los esfuerzos que desde hace varias décadas realiza la Unidad de Planeamiento Minero Energético, UPME [UPME, 2010] en Colombia, organización que se encarga del planeamiento de energía del país; o los estudios sobre la misma materia que realiza la Organización Latinoamericana de Energía, OLADE [OLADE, 2004], que aplica estas metodologías, pero a nivel de la región; o las estadísticas que procesa la Agencia Internacional de la Energía, IEA [IEA, 2005], que estructura balances energéticos a nivel mundial.

La ciudad de San Juan de Pasto, objeto de aplicación del presente estudio, se encuentra localizada al sur-occidente de Colombia, en el sur-oriente del departamento de Nariño, del cual es su capital. Cuenta a 2011 con una población aproximada de 416.842 habitantes, de los cuales, el 82,5% habita en el área urbana [Concejo Municipal de Pasto, 2012] poniendo de manifiesto que se trata de un municipio eminentemente urbano. La densidad poblacional es de 352,9 habitantes/km². La ciudad tiene su enclave en la cordillera de Los Andes, en las faldas del Volcán Galeras, a una altitud de 2.527 msnm, una superficie de 1.181 km² y una temperatura media de 13,3 °C [Concejo Municipal de Pasto, 2012]. De acuerdo a estimaciones del Centro de Estudios Regionales, CEDRE, de la Universidad de Nariño, citadas en el Plan de Desarrollo [Concejo Municipal de Pasto, 2012] la ciudad respondía en 2010 por el 53,83% del PIB departamental y concentraba la cuarta parte de la población del departamento. En términos energéticos, San Juan de Pasto es un centro importante de distribución de energía, y desde su infraestructura de transformación de electricidad se exporta este energético al país del Ecuador. La importancia local como consumidor de energía es evidente, si se calcula que demanda el 42% de los recursos energéticos requeridos por el departamento. A una hora y media de la ciudad y por carretera, se accede a la frontera con el país del Ecuador.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El desarrollo de las primeras etapas de este estudio llevó a la conclusión que son desconocidas, o no están documentadas, las aplicaciones de las metodologías clásicas de tratamiento integral de energía en centros urbanos no solo en Colombia, sino en varios países latinoamericanos, otorgando a este estudio el carácter de exploratorio. Hasta donde se ha investigado, los estudios de energía en las ciudades generalmente se dirigen a formas particulares de utilización de energía, tales como el transporte, el uso doméstico de la electricidad, o la eficiencia en el uso de algún energético o sector de consumo [Ministerio de Minas y Energía, 2008], o de sostenibilidad [European Commission, 2007; Kennedy et al., 2005]. Como se mencionó, el estudio implementó herramientas de planeamiento energético que son consideradas genéricas, como son el balance de energía [OLADE, 2004] y el diagnóstico energético, las cuales fueron adaptadas a las características particulares de los flujos energéticos de la ciudad [Proyecto Empire, 2009].

Un balance de energía es una estructura de conteo para compilar y recolectar datos de la energía que entra, que sale, y que se usa dentro de un lugar específico como una empresa, una comunidad, una provincia, o un país durante un periodo de tiempo definido. El balance expresa todas las formas de energía en una unidad común de conteo y muestra las relaciones entre las entradas y las salidas de energía y sus transformaciones en los diferentes sectores pertenecientes a un lugar [United Nations, 1982]. La figura 1 presenta un diagrama en el que se pueden distinguir los cuatro elementos fundamentales del balance [Fundación Bariloche, 2009]: la energía primaria (EP), la cual se encuentra en la naturaleza sin ninguna transformación, la energía secundaria (ES), que es toda forma de energía que ha

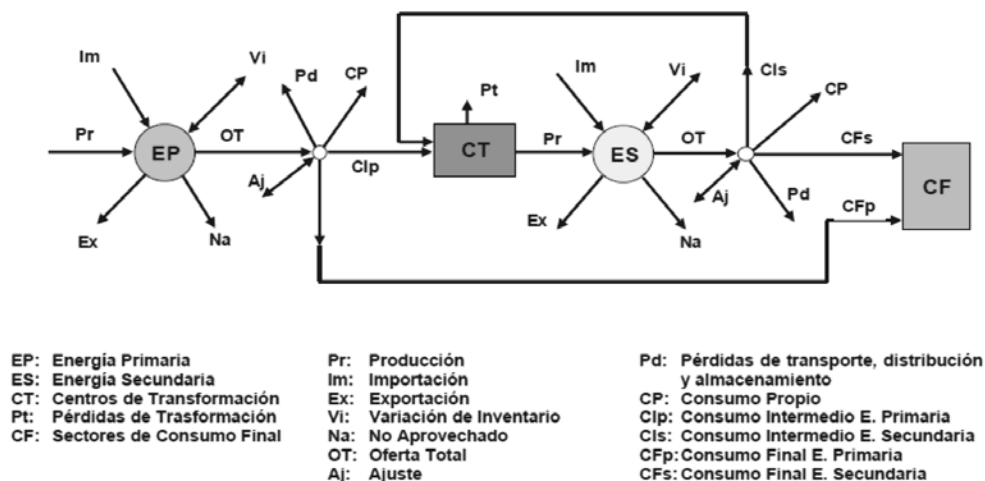


Figura 1. Esquema general de los flujos de energía presentes en un balance energético.

Fuente: Fundación Bariloche, 2009.

sufrido alguna transformación para ser útil, los centros de transformación (CT), que son los lugares donde se transforma energía primaria, y los sectores de consumo final (CF), que representan los usuarios de la energía, entre los que se distingue los usuarios de transporte, domésticos, industriales, comerciales, el sector agrícola y el sector de la construcción, principalmente. En este mismo esquema, se puede visualizar cuales flujos entran o salen: si la dirección de las flechas va hacia el sistema, es un flujo de entrada, y si sale del sistema, un flujo de salida.

En un balance de energía todos los flujos son contados y su construcción se fundamenta en la primera ley de la termodinámica, la cual establece que la cantidad de energía dentro de cualquier sistema cerrado es fija, y no puede ser incrementada o disminuida, a menos que haya un intercambio neto de entrada o salida con sus alrededores. Aplicando la primera ley de termodinámica al sistema de la figura 1, se pueden extraer algunas relaciones básicas. Para la energía primaria, por ejemplo, se tiene que la energía total que entra debe ser igual a la que sale, que en términos de ecuación quedaría así:

$$Im + Pr \pm VI = Ex + Na + OT \quad (1)$$

Que despejando para la energía ofertada total, OT, será:

$$OT = Im + Pr \pm VI - Ex - Na \quad (2)$$

El mismo procedimiento puede ser llevado a cabo para los centros de transformación, la energía secundaria y los centros de consumo final. Los datos característicos de los flujos de energía presentes en un sistema, son consignados en una matriz (figura 2), que es representativa del balance energético del lugar y el periodo específico en estudio.

Fuentes Primarias	Fuentes Secundarias	Total
Balance de Energía Primaria		
Centros de Transformación		Pérdidas
	Balance de Energía Secundaria	
Consumo Final por Sectores		Total

Figura 2. Matriz general de un balance energético.

Fuente: Fundación Bariloche, 2009.

Para efectos de la aplicación de esta metodología al caso urbano de San Juan de Pasto, fue necesario interpretar y adecuar algunas partes de la estructura de los balances energéticos generalmente propuestos y utilizados para analizar la realidad energética de un país, y así representar adecuadamente las realidades urbanas. En este orden de ideas, se observó que no era pertinente hablar de “exportaciones” o “importaciones” de energía, dado que en la realidad, las ciudades no llevan a cabo esas operaciones comerciales. Por tanto, se ha propuesto determinar en el balance los flujos de energía que “entran” y “salen” de una ciudad, situación que describe de mejor forma el movimiento de las corrientes de energía, ya sea incidiendo o llegando a la ciudad desde fuera de la misma, o aquellos flujos que por distintas razones (distribución, comercialización, etc.), salen de la ciudad hacia otros territorios.

Especial interés tuvo el tratamiento de la producción de energía. Se consideró como producción en el balance de la ciudad, la cantidad de energía producida por la totalidad de plantas generadoras, de cualquier tipo, situadas en el territorio de la ciudad (área urbana o rural). En el caso de San Juan de Pasto, existen dos pequeñas centrales hidroeléctricas cuya producción se destina a la urbe [Centrales Eléctricas de Nariño, 2012]. Estas consideraciones alrededor de la producción de energía en la ciudad, puede orientar particulares formas de análisis de temas relacionados con la estructura, la confiabilidad, la sostenibilidad ambiental, etc.

En el caso del consumo de energía, la matriz del balance se ha dividido para presentar en forma relevante tres tipos de consumo: transporte, consumo doméstico y consumo no doméstico. En transporte, se incluye los recursos consumidos en la movilidad rodada automotriz tanto de carácter pública como privada, considerando esta última, como aquella que utilizan las personas en forma particular. Esta consideración, lleva a identificar el tipo de transporte familiar como parte del consumo doméstico, cuestión que puede originar diferentes análisis en otras investigaciones.

El balance obtenido se presenta a nivel de energía final y se llevan a cabo estudios complementarios que permite avanzar a un conocimiento más desagregado, a nivel de energía útil. En cuanto a unidades de energía, se ha escogido el Barril Equivalente de Petróleo, BEP, como unidad de comparación, dado que permite que las cifras presentadas puedan ser captadas y comprendidas con facilidad, y relacionadas sin dificultad, con cifras de otros estudios, como por ejemplo, a nivel de la oferta o consumo del país. De esta forma, las unidades que generalmente acompañan los diferentes energéticos, (kw-h para la electricidad, kg. para el GLP, galones para combustibles líquidos, etc.), se han convertido a BEP, utilizando las tablas de conversión que la Organización Latinoamericana de Energía, OLADE, tiene para esos propósitos [OLADE, 2004].

Por su parte, el diagnóstico energético es una herramienta de análisis que se apoya en los datos consignados en un balance de energía para proponer relaciones de la energía producida, ofertada o consumida en un país, ciudad o sector, con variables económicas, sociales, tecnológicas, ambientales o urbanas, generando indicadores y caracterizaciones de consumo, de eficiencia, de

emisiones, etc. El diagnóstico permite mejorar el desempeño de un sistema energético y comparar el funcionamiento del sistema en estudio con otros de similares características, así como observar su evolución a través del tiempo.

Una de las etapas más interesantes de la metodología tiene relación con la recolección de información y proceso de datos. Por un lado, captar los datos necesarios para constituir el balance de energía por cada fuente, ha solicitado recurrir a informes de diferente naturaleza de las empresas comercializadoras locales, a fuentes gubernamentales de la ciudad y el departamento y a documentaciones de carácter nacional, incluidas bases de datos de entidades reguladoras de la prestación de los servicios públicos. Actividades de muestreo estadístico han acompañado el estudio a fin de configurar el estado de variables no documentadas, especialmente en el sector de biomasa y de los combustibles líquidos y gaseosos. Por otro lado, ha sido necesario cotejar los documentos de planificación de la ciudad, con los lineamientos del Urbanismo Energético a fin de encontrar los elementos de conexión entre ambos. En este aspecto, se llevaron a cabo acciones de investigación documental sobre los planes de desarrollo [Consejo Municipal de Pasto, 2008; 2012] de los últimos periodos, los planes de movilidad [Alcaldía Municipal de Pasto, 2009] y en medio ambiente [Alcaldía Municipal de Pasto, 2011], y el Plan de Ordenamiento Territorial [Consejo Municipal de Pasto, 2013].

3. RESULTADOS

La figura 3 presenta la estructura de oferta de la energía de la ciudad tomando en consideración si las fuentes son primarias o secundarias, siendo las primarias, marginales.

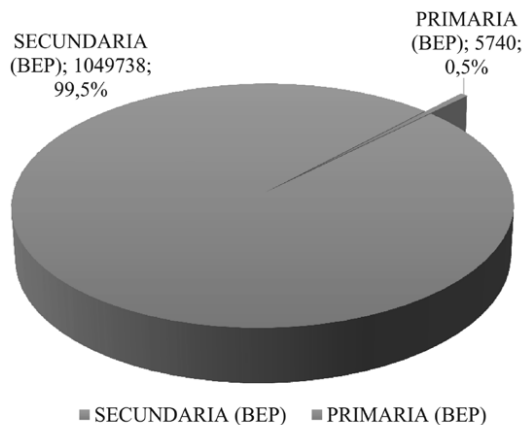


Figura 3. Estructura de la oferta de energía primaria y secundaria. **Fuente:** Elaboración propia.

La tabla 1 compara algunos datos relevantes de consumo de la ciudad en 2011, con los de Colombia del año 2009, (debido a que no están disponibles información de años posteriores) donde se observa que la estructura energética urbana de San Juan de Pasto, difiere sensiblemente de los patrones nacionales, hecho que releva

los resultados de los estudios locales.

Segmento de Consumo	Colombia	San Juan de Pasto
Transporte	33,5%	52,07%
Residencial	19,40%	24,88%
Industrial, comercial y otros	34,4 %	7,76%

Tabla 1. Comparación de participaciones del consumo de la ciudad y el país.

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 2 presenta la matriz correspondiente al balance de energía de la ciudad de San Juan de Pasto para el año 2011, en el cual los flujos de energía son expresados en BEP.

La figura 4 esquematiza la estructura de consumo energético de la ciudad, excluidas la pérdidas, desde el punto de vista de las principales fuentes secundarias. Se observa el predominio de los combustibles líquidos en un 66,59% y una estructura dominada por las fuentes derivadas del petróleo en un 84,57%. Las pérdidas ascienden a 34.330 BEP.

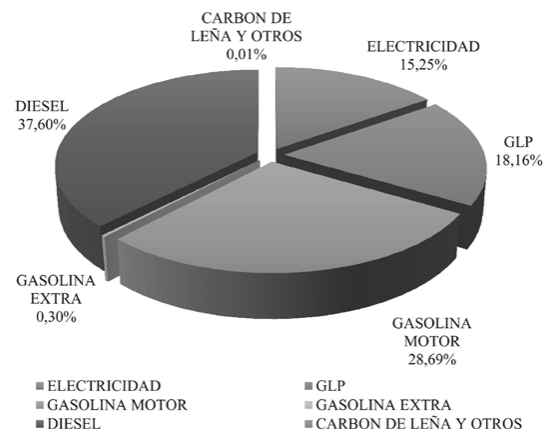


Figura 4. Estructura de consumos de energía por fuente secundaria.

Fuente: Elaboración propia.

La energía derivada de los combustibles líquidos empleados en la movilidad rodada automotriz es la principal aportante en la composición de la estructura de consumo. La figura 5 resume la participación de los mismos, siendo el combustible Diesel, el de mayor significación.

ACTIVIDADES	ENERGÍA PRIMARIA						ENERGÍA SECUNDARIA						TOTAL
	HE BEP	CM BEP	PT BEP	GN BEP	LE BEP	ENC BEP	EE BEP	GLP BEP	GM BEP	ACPM BEP	GE BEP	CL BEP	
FLUJOS DE ENTRADA													
Producción	6.904	-	-	-	216	-	-	-	-	-	-	-	7.121
Energía de entrada	-	-	-	-	-	-	575.642	276.213	275.057	364.175	2.956	-	1.494.042
Energía de salida	-	-	-	-	-	-	391.039	98.283	-	-	-	-	489.322
Variación de inventario	-	-	-	-	-	-	-	-	(5.953)	(4.285)	-	-	(10.238)
Energía no aprovechada	1.380	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.380
Oferta a la ciudad	5.524	-	-	-	216	-	184.602	177.930	281.010	368.460	2.956	35.847	1.056.545
FLUJOS A TRANSFORMACIÓN													
Refinería	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Centrales hidroeléctricas	5.524	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.524
Centrales térmicas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subestaciones Eléctricas	-	-	-	-	-	-	184.602	-	-	-	-	-	184.602
Autoprodutores	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Centros de comercialización de gas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Carboneras	-	-	-	-	216	-	-	-	-	-	-	-	216
Coquería/Altos hornos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Destilería	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Otros centros	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Transformación total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Consumo propio	6	-	-	-	-	-	185	-	-	-	-	-	190
Pérdidas	55	-	-	-	160	-	738	-	-	-	-	-	954
Ajuste	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Flujo para distribución y consumo	5.463	-	-	-	56	-	183.679	177.930	281.010	368.460	2.956	35.887	1.055.441
CONSUMO FINAL													
TOTAL TRANSPORTE	-	-	-	-	-	-	-	-	281.008	368.459	-	35.847	685.314
Subtotal transporte público	-	-	-	-	-	-	-	-	125.023	93.907	-	-	218.930
Transporte público de pasajeros	-	-	-	-	-	-	-	-	121.104	50.599	-	-	171.703
* Buses	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50.599	-	-	50.599
*Taxis	-	-	-	-	-	-	-	-	82.069	-	-	-	82.069
*Mototaxis	-	-	-	-	-	-	-	-	35.051	-	-	-	35.051
*Intermunicipal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.984	35.974	-	39.958
Transporte público de carga	-	-	-	-	-	-	-	-	3.919	7.334	-	-	11.253
*Piagios	-	-	-	-	-	-	-	-	3.919	-	-	-	3.919
*Camion sencillo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.188	-	-	5.188
*Doble troque	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
*Tractomula	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.146	-	-	2.146
Subtotal Transporte privado	-	-	-	-	-	-	-	-	155.985	274.552	2.956	-	433.493
*Vehículos privados	-	-	-	-	-	-	-	-	97.385	274.552	2.956	-	374.893
*Motos	-	-	-	-	-	-	-	-	58.600	-	-	-	58.600
DOMESTICO	5.463	-	-	-	-	-	83.842	164.398	-	-	-	56	253.758
NO DOMESTICO	-	-	-	-	-	-	65.620	13.532	-	-	-	-	79.152
*Comercial	-	-	-	-	-	-	35.551	10.011	-	-	-	-	45.562
*Industrial	-	-	-	-	-	-	7.936	3.521	-	-	-	-	11.457
*Oficial	-	-	-	-	-	-	9.508	1	-	-	-	-	9.509
*Alumbrado público	-	-	-	-	-	-	8.174	-	-	-	-	-	8.174
*Otros	-	-	-	-	-	-	4.451	-	-	-	-	-	4.451
CONSUMO TOTAL ENERGETICO	5.463	-	-	-	-	-	149.461	177.930	281.008	368.459	2.956	56	985.334
CONSUMO TOTAL NO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35.847	35.847
PERDIDAS DE DISTRIBUCIÓN	-	-	-	-	-	-	34.218	-	112	-	-	-	34.330
CONSUMO TOTAL+ PERDIDAS	5.463	-	-	-	-	-	183.679	177.930	281.120	368.459	2.956	56	1.055.511

HE: Hidroelectricidad. CM: Carbón mineral. PT: Petróleo. GN: Gas natural. LE: Leña. ENC: Energías no convencionales. EE: Energía Eléctrica. GLP: Gas licuado de petróleo. GM: Gasolina motor. ACPM: Aceite combustible para motores. GE: Gasolina extra CL: Carbón de leña. NE: No energéticos.

Tabla 2. Balance Energético de San Juan de Pasto. Año. 2011. BEP.

Fuente: Elaboración propia.

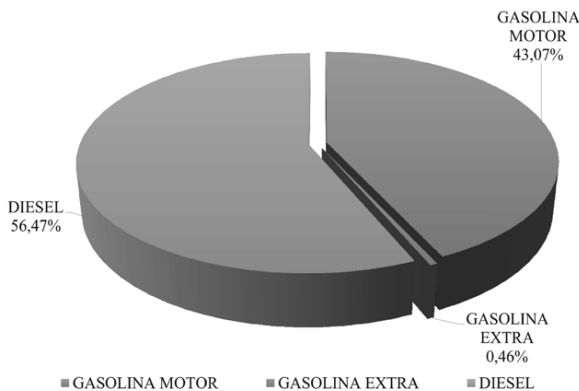


Figura 5. Participación en el consumo de energía para transporte de los combustibles líquidos.

Fuente: Elaboración propia.

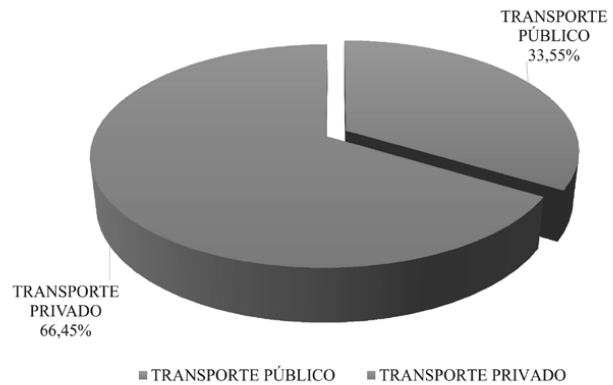


Figura 6. Reparto del consumo de energía en transporte privado y público.

Fuente: Elaboración propia.

La figura 6 reparte el consumo energético de los combustibles líquidos entre el parque público y privado de la ciudad, donde se pone de presente al transporte privado, como destino principal.

La figura 7 pone en relieve la importancia del consumo de energía en transporte por encima de la demanda de energía doméstica y no doméstica (industrial, comercial, oficial y otros)

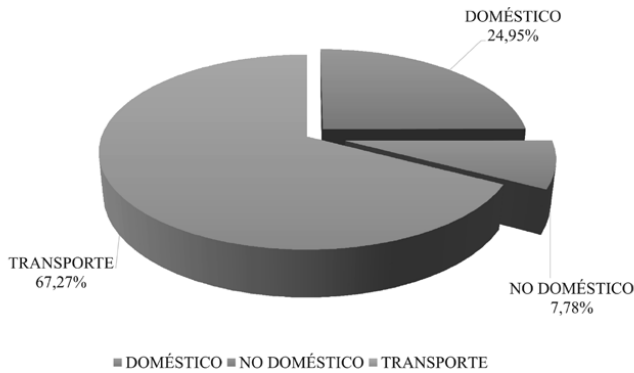


Figura 7. Estructura de consumo de energía, doméstico, no doméstico y transporte.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, como muestra del diagnóstico se presentan algunos indicadores que relacionan diferentes variables no energéticas con los resultados del estudio (Tabla 3).

Consumo per cápita. BEP/Hab	Intensidad energética. BEP/PIB (Millones de Pesos)	Consumo anual de Energía derivada del petróleo por habitante. BEP/Habitante	Consumo anual de energía de otras fuentes distintas de derivados del petróleo por habitante. BEP/Habitante
2,44	0,1546	1,96	0,49

Tabla 3. Algunos indicadores energéticos de la ciudad.

Fuente: Elaboración propia.

Así mismo, el estudio permitió caracterizar el sector de transporte de acuerdo al parque automotor de la ciudad. En cuanto al número de vehículos se observa que el parque privado, el cual incluye 57.438 motos, supera en siete veces el número de unidades del sector público. La tabla 4 ilustra esta situación y el reparto de consumos de energía de cada sector.

Tipo	Unidades (miles)	Consumo Energético (BEP)	Participación
Privado	39,6	369,1	57,1%
Público	14,0	218,9	33,9%
Motos privadas	57,4	58,6	9,0%
Total	111,1	646,8	100%

Tabla 4. Consumo energético de transporte público, privado y motos.

Fuente: Elaboración propia.

Como se había expresado anteriormente, el consumo energético privado derivado de combustibles líquidos supera el 64 % (privado y motos) y es casi el doble, del consumo del parque del transporte

público. [Urbina & Botina, 2011]. Existe 1 moto por cada 7 habitantes.

El diagnóstico puede enriquecerse con el cálculo y análisis correspondiente de diversos indicadores que relacionan la energía con otras variables, tal como se presentan a continuación.

Densidad Energética Territorial: 893,7 BEP/ km²

Consumo per cápita en transporte público: 1,13 BEP.

Consumo per cápita en transporte privado: 0,52 BEP.

Consumo doméstico medio per cápita: 0,60 BEP.

Consumo energético medio por hogar: 2,87 BEP.

Aporte al presupuesto municipal derivado de impuestos a combustibles líquidos: 13%.

Finalmente, y en una primera aproximación, los cálculos energéticos elaborados habilitan el cálculo de las emisiones de CO₂ producto del consumo de combustibles derivados del petróleo durante el año 2011. Estas ascienden a 191.947,32 toneladas de CO₂, lo que corresponde a 0,46 toneladas/habitante, bastante más bajo que el promedio nacional de 1,56 ton/habitante reportado por el Banco Mundial para el año 2009.

Por ser una aplicación inédita de las metodologías energéticas expuestas, no es posible la comparación de estos resultados con otros centros urbanos colombianos.

4. DISCUSIÓN

Las tareas y contenidos de la planeación convencional de la ciudad, están desligados de los postulados del urbanismo energético, si bien es cierto que la formulación de los planes que orientan el desarrollo de la ciudad no incluyen el potencial de intervención de la variable energía para lograr nuevos modelos de ciudad que sean fruto de consideraciones energéticas, en temas como el transporte en todas su modalidades, la arquitectura, la planeación urbana (el bioclimatismo, densidad urbana y ordenamiento territorial, etc.), el uso de fuentes de energía locales no convencionales, la eficiencia energética y las infraestructuras [Páez, 2009]. La explicación en buena medida, radica en que no existen estudios energéticos urbanos con carácter de integralidad.

La ausencia de investigaciones energético-urbanos con visión de globalidad podría explicarse desde dos ópticas: por un lado, las autoridades municipales han asumido un rol pasivo frente al conocimiento de esta temática, si se tiene en cuenta que las actuaciones más visibles en el sistema de energía se ubican con preferencia en el lado de la oferta, y más puntualmente, en las preocupaciones sobre el suministro oportuno y de calidad. Por otro lado, las empresas públicas o privadas que distribuyen los diversos energéticos consumidos en la urbe, orientan

todas sus capacidades institucionales a gestionar la cadena de valor del energético que administran. Cada empresa suministradora tiene una mirada importante, pero parcial, de una realidad energética, sin lugar a dudas, más compleja. Una consecuencia deducible de esta situación, es que la gestión de energía de la ciudad desde un punto de vista integral, carece de soporte institucional.

La presente investigación, novedosa en la aplicación de las metodologías de tratamiento integral de energía en una ciudad, se constituye en un esfuerzo inicial, pero importante, en la formación de capacidades institucionales en empresas y autoridades municipales para observar el sistema energético desde un enfoque de globalidad de fuentes, de flujos, de actores y de variables, más allá de lo energético y de lo técnico, enfoque que adecuadamente introducido en el marco convencional del planeamiento urbano, puede generar visiones novedosas del desarrollo de la urbe.

A continuación se resumen las principales resultados del estudio. La energía que entra a la ciudad se cuantifica en 1.494.042 Barriles Equivalentes de Petróleo, BEP, y es un centro importante de distribución de energía si se tiene en cuenta que el 32,75% de ese valor se envía a otros territorios, incluidos 32.695 BEP al país del Ecuador, en forma de electricidad. Los flujos son predominantemente externos y compuestos de energías secundarias, siendo la hidroelectricidad generada en dos pequeñas centrales y algo de biomasa, las únicas que aportan energía primaria al balance energético, apenas el 0,54% de la energía de entrada. Cabe anotar, que una de las fuentes primarias de energía de frecuente consumo en una ciudad, el gas natural, es inexistente en San Juan de Pasto.

Por otro lado, la matriz energética está dominada en su oferta y consumo por energías no limpias, derivadas del petróleo ya sea gasolinas, diesel y GLP. En efecto, los tres representan el 84,7% de la oferta total. Esta situación debe tener una importante repercusión en los problemas ambientales actuales y futuros de la ciudad. La energía consumida en combustibles líquidos para el transporte público y privado, es ampliamente superior al consumo de energía doméstica y no doméstica (67% frente al 33%). Adicionalmente, la energía que gasta el transporte privado es el doble que el público. Estas conclusiones permiten afirmar que, desde el punto de vista energético, el sector del transporte es el más importante, lo cual es congruente con el desempeño económico de la ciudad (sector industrial débil frente a otros sectores económicos como son el de servicios y el comercio). La investigación concluye que la energía derivada de innovaciones tecnológicas no convencionales o alternativas, son anecdóticas y no se encuentra plan alguno para su estudio e impulso.

Las únicas pérdidas de energía cuantificada, se reportan desde la fuente de electricidad. A nivel de la distribución y consumo se calcula una cantidad perdida, por diferentes razones técnicas y administrativas, del orden de 34.218 BEP.

Uno de los aportes más interesantes del estudio, consiste en presentar nuevos elementos de debate y de análisis de la competitividad, la productividad y la sostenibilidad urbanas. Si para los gobiernos la competitividad se logra creando ambientes favorables para la actividad económica y empresarial, y para las empresas no es otra cosa que la definición de estrategias que le permitan mantenerse exitosamente en el mercado, la energía es un campo inevitable de análisis para lograrla. La localización de las fuentes de energía que alimentan la urbe, la disponibilidad y confiabilidad del suministro, la estructura energética y el tipo de fuentes, la calidad de las infraestructuras energéticas, los precios de la energía, la gestión energética de los grandes y medianos consumidores locales, el ambiente de innovación empresarial, los problemas ambientales consecuencia del uso, y los hábitos de sus ciudadanos, son suficientes factores de peso para mirar con nuevos ojos las variables que inciden en la competitividad de una ciudad, y para extender el tema energético urbano hacia horizontes insospechados. Es evidente que la ciudad de San Juan de Pasto presenta debilidades competitivas, luego de los primeros análisis hechos en esta investigación.

Adicionalmente, el estudio orienta reflexiones más centradas sobre el tema de la sostenibilidad urbana si se tiene en cuenta que uno de sus resultados es la caracterización de los flujos de energía que componen el balance energético de la ciudad. Hoy por hoy, todas las observaciones llevan a concluir que la sostenibilidad en las ciudades depende en gran medida de sus consumos de energía [IEA, 2000]. En el caso de la ciudad de San Juan de Pasto, casi el 85% de ese consumo está constituido por fuentes secundarias derivados del petróleo, situación preocupante desde el punto de vista de la sostenibilidad ambiental. Así mismo, se puede afirmar que la insignificante oferta y consumo de energía derivada de fuentes alternativas, la insuficiente incorporación de tecnologías energéticas y otras no energéticas que alienten la eficiencia en los sistemas productivos, constructivos, de infraestructuras, de sistemas de movilidad y de gestión del medio ambiente, y una canasta energética sin gas natural para usos domésticos y movilidad rodada, son aspectos nada positivos para la sostenibilidad.

La investigación presenta suficientes elementos metodológicos para que sea replicado en otras ciudades y conocer así las particularidades urbano-energéticas de cada una, realidades que por ahora están veladas por los análisis de energía más agregados, a nivel de país. Así mismo, este primer estudio da pie al inicio de nuevas exploraciones energéticas en la ciudad. Las más evidentes se relacionan con estudios retrospectivos que permitan elaborar tendencias de los flujos energéticos en las últimas décadas. Por otro lado, los estudios de Planeamiento Energético Local facultarán cuantificar las solicitudes energéticas futuras, el desarrollo de las infraestructuras y la configuración de los problemas asociados a la oferta y el consumo. También se sugiere el impulso de originales estudios de Energética Urbana con el fin de incorporar la variable

energía en los planes de Desarrollo, de Movilidad, de Medio Ambiente y de Ordenamiento Territorial.

A manera de propuestas, es incuestionable que el sector de transporte por moto, vehículo de movilidad que se ha convertido en una solución importante, debe ser sujeto de planeación urbana y no de discriminación. Así mismo, el uso de la bicicleta debe pasar de ser considerado una forma de ejercicio físico a un auténtico medio de transporte, como sucede ya en muchas ciudades. Si de pérdidas de energía y de eficiencia energética se trata, el sector del transporte, que consume un altísimo porcentaje del consumo total de energía de la ciudad, debería ser foco prioritario de atención en estas materias, además de que es un sector dinámico que concentra un gran número de variables relacionadas con la energía, que van desde las costumbres de uso de sus habitantes, el diseño de las rutas y las modalidades del servicio, pasando por aspectos tecnológicos del parque automotor o el mejoramiento de infraestructuras viarias o la relocalización de servicios de semaforización.

Finalmente, el estudio ha tenido limitaciones en su realización. La inexistencia de referencias anteriores ha dilatado su tiempo de ejecución y ha impedido tener una visión retrospectiva con la cual se pudiese construir una “historia de la energía” de la ciudad y de su balance energético. Por otro lado, las empresas privadas guardan con celo su información y en algunos casos ha sido necesario acudir a estudios de oferta y demanda, propios de esta investigación, para conseguir los datos. Así mismo, los actores locales desconocen tanto la temática del estudio como los impactos que sobre la gestión urbana puede ofrecer una investigación de esta naturaleza.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Universidad Antonio Nariño por la financiación de la investigación y a las entidades públicas, privadas y gremiales del orden internacional, nacional, regional y local que aportaron su información y orientaciones para llevarla a buen término.

REFERENCIAS

- Alcaldía Municipal de Pasto, 2009. *Plan de movilidad en el Municipio de Pasto*. Decreto No. 0734. San Juan de Pasto, Colombia.
- Alcaldía Municipal de Pasto, 2011. *Plan Decenal de Educación Ambiental en el Municipio de Pasto*. San Juan de Pasto, Colombia.
- Centrales Eléctricas de Nariño S.A. E.S.P., 2012. *Informe de Gestión*. San Juan de Pasto, Colombia.
- Concejo Municipal de Pasto, 2000. *Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Pasto*. Acuerdo 007. San Juan de Pasto, Colombia.
- Concejo Municipal de Pasto, 2008. *Plan de desarrollo, Queremos más-Podemos más*. Acuerdo 007. San Juan de Pasto, Colombia.
- Concejo Municipal de Pasto, 2012. *Plan de desarrollo, Transformación productiva*. Acuerdo 008. San Juan de Pasto, Colombia.

- European Commission, 2007. *Sustainable Urban Transport Plan*. Luxemburg.
- Fundación Bariloche, 2009. *Balances Energéticos. S.C. de Bariloche*. Rio Negro, Argentina.
- IEA-International Energy Agency, 2000. *Energy Conservation in Buildings and Community Systems. Advance Local Energy Planning. A Guidebook*. United Kingdom.
- IEA-International Energy Agency, 2005. *Energy Statistics Manual. Eurostat, I*. Luxemburg.
- Kalra, P. & Shekhar, R., 2006. *Urban energy management*. Kampur, 2006, pp 190-193.
- Kennedy, Miller, Shalabe, Maclean & Coleman 2005. The Four Pillars of sustainable urban transportations. *Transport Reviews*, vol 5, No 4, pp. 393-414.
- Ministerio de Minas y Energía, 2008. *Sistema de Gestión Integral de la Energía. Guía para la implementación*. Bogotá, Colombia.
- OLADE-Organización Latinoamericana de Energía, 2004. *Metodología para la elaboración de los balances de energía*. Quito, Ecuador.
- Páez García, Armando, 2009. *Sostenibilidad urbana y transición energética: Un desafío institucional*. Tesis de doctorado en arquitectura. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Distrito Federal, México. [consultado el 10 de septiembre de 2012]. Disponible en: <http://habitat.aq.upm.es/suyte/>
- Proyecto EMPIRE, 2009. *Eficiencia energética en proyectos de reestructuración urbana*. Unión Europea.
- UPME-Unidad de Planeación Minero Energética, 2010. *Boletín Estadístico de Minas y Energía 1990 – 2010*. Bogotá Colombia.
- United Nations. Department of International Economic and Social Affairs, 1982. *Concepts and methods in energy statistics, with special reference to energy accounts and balances*.
- United Nations. Habitat. ICLEI, 2007. *Sustainable urban energy planning. A handbook for cities and towns in developing countries*. Sec 1:7 pp. 9.
- Urbina, C. & Botina, F., 2011. *Diagnóstico Energético del Sector Transporte Público en San Juan de Pasto*. Tesis de pregrado. Universidad Antonio Nariño, San Juan de Pasto, Colombia.