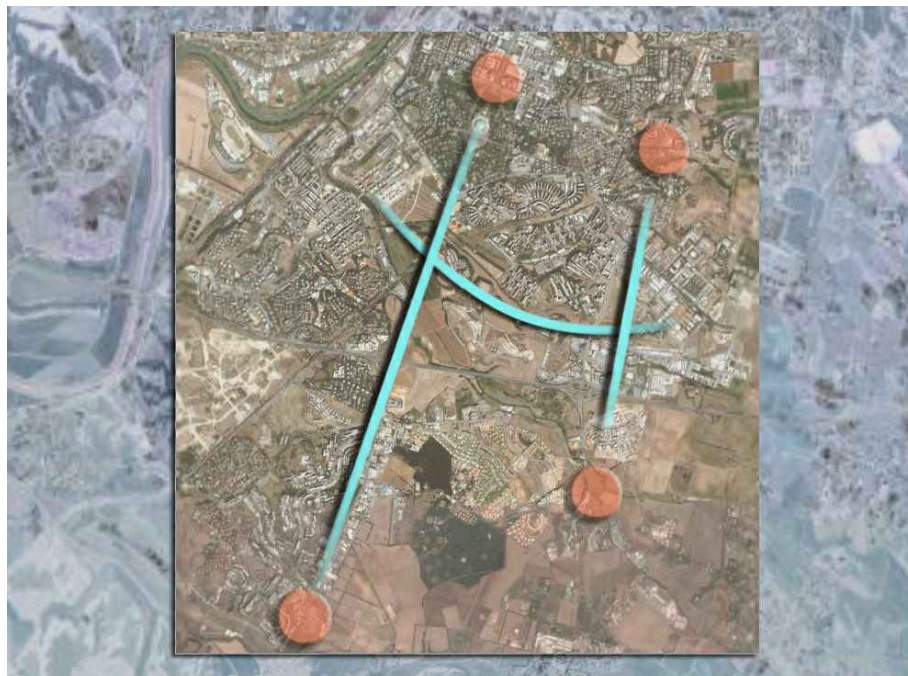


### SISTEMA DI TRASPORTO PUBBLICO A CAPACITA' INTERMEDIA A SERVIZIO DEI CORRIDOI EUR-TOR DE' CENCI ED EUR LAURENTINA-TOR PAGNOTTA-TRIGORIA



DIRETTORE DEI LAVORI ing. D. Di Pietro	DIRETTORE TECNICO ing. C. Pasquali	RESPONSABILE DI PROGETTO ing. M. Enchelli	RESPONSABILE AREA IMPIANTI E MATERIALE ROTABILE ing. L. Casilli

### **CORRIDOIO EUR-TOR DE' CENCI - VARIANTE DI TRACCIATO** **Conferenza di Servizi (14.07.2017)**

## **PROGETTO DEFINITIVO**

### **PROGETTO** **IMPIANTI E LINEA AEREA**

#### Relazione tecnica sugli impianti

rev	data	descrizione	redatto	verificato RP	approvato DP	autorizzato RdP
-	Settembre 2015	Emissione per CdS	ing. L. Casilli	ing. M. Enchelli	ing. C. Pasquali	arch. M. Meloni
A	Ottobre 2017	PROGETTO ESITO CDS (AA n. 20)	ing. L. Casilli	ing. M. Enchelli	ing. C. Pasquali	arch. M. Meloni
B	Dicembre 2018	INTEGRAZIONI POST CDS	ing. L. Casilli	ing. M. Enchelli	ing. C. Pasquali	arch. M. Meloni
C						

scala

A4

COMMESSA

T D C A 1 P E

CODIFICA

tratta fase opera liv elab argom progress rev

T U D T D C P R L X 0 0 1 B

## INDICE

<b>1. IMPIANTI TECNOLOGICI.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1 Impianti di linea .....</b>	<b>2</b>
<b>1.1.1 Caratteristiche generali della linea aerea .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2 Pali di sostegno, fondazioni e sospensioni .....</b>	<b>3</b>
<b>1.2.1 Pali di sostegno .....</b>	<b>3</b>
<b>1.2.2 Fondazioni .....</b>	<b>3</b>
<b>1.2.3 Sospensioni .....</b>	<b>4</b>
<b>1.3 Impianti di alimentazione e sottostazioni elettriche .....</b>	<b>5</b>
<b>1.3.1 Dimensionamento di massima del sistema .....</b>	<b>6</b>
<b>1.3.2 Sistemi di Telecomando e Telecontrollo delle SSE e degli                 apparat di linea .....</b>	<b>7</b>
<b>1.3.3 Collegamento in fibra ottica della SSE .....</b>	<b>8</b>
<b>1.4 Ulteriori attrezzaggi impiantistici .....</b>	<b>9</b>
<b>1.5 Veicoli filoviari.....</b>	<b>9</b>



Corridoio EUR-Tor de Cenci

Variante di tracciato

# **1. IMPIANTI TECNOLOGICI**

## **1.1 Impianti di linea**

### **1.1.1 Caratteristiche generali della linea aerea**

Le caratteristiche generali della linea aerea prevista per l'intervento in oggetto sono analoghe a quanto in fase di realizzazione sul corridoio Laurentino; se ne riepilogano di seguito gli aspetti principali.

La distribuzione dell'energia lungo le tratte in esame in cui è prevista l'elettrificazione avverrà per mezzo di linea di contatto aerea costituita da un sistema bifilare per ogni senso di marcia. La tensione di alimentazione nominale della linea di contatto sarà di 750 Vcc.

Il sistema di alimentazione è formato da un bifilare in rame, avente interasse di 600 mm, costituente il polo positivo e il polo negativo. Ciascun bifilare di alimentazione sarà costituito da due fili di rame sagomato (uno per il polo positivo, uno per il polo negativo), aventi sezione nominale di 120 mmq cadauno.

Per la sospensione dei bifilari saranno utilizzati, come dettagliato nei paragrafi successivi, sistemi diversi in funzione delle diverse caratteristiche geometriche delle sezioni stradali interessate.

Nella scelta dell'ubicazione degli elementi di sostegno, laddove i vincoli imposti dallo sviluppo del tracciato e della sezione stradale ipotizzata non determineranno, in fase realizzativa, una necessaria richiesta di deroga, si è tenuto conto della necessità di garantire il franco minimo di 50 cm tra il filo esterno del palo ed il margine esterno del marciapiede, come previsto dalla normativa.

L'altezza media prevista dei conduttori a centro campata è stata considerata di norma pari a 5,60 m dal piano stradale. Eventuali variazioni di quota della linea aerea saranno ottenute rispettando il minimo gradiente stabilito dalla normativa vigente, con valori minimi registrabili nel sottopasso di via Pontina non inferiori a 4,80m.

Per la ripartizione della corrente nei conduttori dello stesso polo elettrico nei doppi bifilari è previsto, ogni 100 metri circa, un collegamento equipotenziale.

In corrispondenza dei sezionatori di linea, che serviranno ad alimentare dalla relativa sottostazione elettrica i tratti di sezione di lunghezza massima compresa fra gli 800 ed i 1000 metri, saranno posti gli isolatori di sezione, sospesi alle loro estremità mediante due trasversali paralleli portanti una sospensione isolata ciascuno. Il circuito elettrico di ritorno "negativo", esistente tra la linea di contatto e il collettore dei negativi in SSE, posto a terra, sarà realizzato conformemente a quanto previsto dalla norma CEI EN 50122-1.

L'aggancio dei trolley di captazione della corrente del filobus ai fili di contatto sarà agevolato, nelle zone di inizio elettrificazione, dall'installazione di tegoli di ingresso.



## 1.2 Pali di sostegno, fondazioni e sospensioni

### 1.2.1 Pali di sostegno

I pali di sostegno avranno la funzione di sorreggere la linea di contatto, di ormeggiare i tratti terminali delle condutture e di sorreggere gli impianti di illuminazione pubblica (attraverso le funi sintetiche trasversali od opportune mensole dei corpi illuminanti).

La soluzione prevista per l'intervento in oggetto è equivalente, dal punto di vista prestazionale, a quella del progetto definitivo approvato e prevede l'utilizzo della tipologia di pali già impiegati nel corridoio Laurentino.

Il palo impiegato sarà ricavato utilizzando 3 tubi di acciaio, senza saldatura, di diametro decrescente verso l'alto, tra di loro incastrati e saldati per una lunghezza complessiva di 11 m (9,55 m fuori fondazione). Particolari casistiche potranno prevedere l'utilizzo di pali "lunghi" da 13,50m. Dal punto di vista geometrico tale tipologia di palo risponde agli standard dei pali rastremati tipo "Mannesmann" senza saldatura largamente utilizzati in ambito ferroviario. In generale nel progetto definitivo approvato è stato previsto l'utilizzo di 5 tipologie diverse di palo denominate MS28, MS29, MS30, MS31 e MS32.

Le prime quattro tipologie presentano la medesima geometria (altezze e diametri), differendo solo per gli spessori dei tubolari:

- MS28  $sp1=sp2=6,3mm$ ,  $sp3=5,6$  ( $d1=273mm$ ;  $d2=219,1mm$ ;  $d3=152,4mm$ )
- MS29  $sp1=sp2=8mm$ ,  $sp3=5,6$  ( $d1=273mm$ ;  $d2=219,1mm$ ;  $d3=152,4mm$ )
- MS30  $sp1=sp2=10mm$ ,  $sp3=5,6$  ( $d1=273mm$ ;  $d2=219,1mm$ ;  $d3=152,4mm$ )
- MS31  $sp1=sp2=12,5mm$ ,  $sp3=5,6$  ( $d1=273mm$ ;  $d2=219,1mm$ ;  $d3=152,4mm$ )

L'ultima tipologia (MS32, utilizzata nel caso di carichi considerevoli come gli ormeggi), presenta le stesse altezze ma diametri e spessori maggiorati:

- MS32  $sp1=sp2=12,5mm$ ,  $sp3=5,6$  ( $d1=355,6mm$ ;  $d2=273,0mm$ ;  $d3=219,1mm$ )

Nel caso di sezioni di linea che richiedono l'impiego di pali flangiati, e quindi l'ancoraggio senza infissione a terra, saranno impiegati pali con caratteristiche costruttive analoghe a quelli con incastro precedentemente elencati.

### 1.2.2 Fondazioni

Le soluzioni previste per i blocchi di fondazione saranno analoghe a quelle del corridoio Laurentino e saranno costituite, principalmente, da plinti parallelepipedi a base quadrata in cls o da soluzioni equivalenti dal punto di vista strutturale, quali piastre di base e tirafondi, secondo i diversi vincoli e le diverse interferenze in termini di sottoservizi o particolari strutture incontrate.

Nel dimensionamento si è tenuto conto delle future sollecitazioni del realizzando impianto di illuminazione pubblica (a carico ACEA), i cui corpi



illuminanti saranno installati o su una specifica fune sintetica trasversale o sulle estremità dei sostegni mediante specifiche mensole.

La costruzione di tali manufatti rispetterà inoltre i franchi minimi imposti dalla normativa circa il distanziamento dalle linee di sottoservizi presenti lungo le tratte interessate.

### **1.2.3 Sospensioni**

Z progetto definitivo approvato; è pertanto previsto l'impiego delle seguenti tipologie di sospensione con parallelogramma elastico:

- Sospensioni in rettilo su trasversale;
- Sospensione in curva su trasversale;
- Sospensione in curva su traversale a Y;
- Sospensione in rettilo su reticolo;
- Sospensione in curva su reticolo;
- Sospensione in rettilo su mensola isolata;
- Sospensione in curva su mensola isolata;
- Sospensione sotto-ponte (rigidamente collegata alla volta del sottovia);

Il sostegno degli organi di sospensione mediante trasversale o reticolo in fune sintetica sarà costituito dai seguenti elementi:

- Collari di attacco;
- Funi sintetiche;
- Terminali per funi sintetiche;
- Anelli di poligonazione (per collegare più funi tra loro);
- Sospensioni elastiche del filo di contatto (sistema a "parallelogramma elastico").

Le funi che realizzano i trasversali di sospensione e di ormeggio saranno costituite in materiale isolante di tipo sintetico (Kevlar), tale da garantire allo stesso tempo le caratteristiche necessarie per la resistenza a trazione e quelle di isolamento.

In linea generale per il diametro esterno dei trasversali di sospensione si è considerato il valore di 8,5 o 11 mm, mentre per i trasversali di ormeggio e di sostegno dei cavi di alimentazione si è considerato un diametro esterno di utilizzo di 11 o 13 mm.

In tutti i casi si terrà conto delle distanze di sicurezza tra le parti in tensione della linea di contatto dalle opere fisse, come parti metalliche o manufatti murari, previste dalla normativa di riferimento vigente (CEI EN 50119 e 50122-1).



### **1.3 Impianti di alimentazione e sottostazioni elettriche**

Per la tratta Tor de' Cenci – Eur oggetto dell'intervento in esame il sistema di alimentazione elettrica sarà costituito da n. 3 sottostazioni di alimentazione filoviaria (di seguito SSE). La tipologia di apparecchiature impiegate per ciascuna delle SSE sarà la stessa prevista nel Progetto Definitivo approvato e nelle SSE realizzate per il corridoio Tor Pagnotta – Laurentina (SSE Tor Pagnotta ed SSE Laurentina).

Il posizionamento delle SSE previsto è il risultato di un compromesso tecnico – logistico connesso sia all'inserimento nel tessuto urbano dei manufatti sia alla posizione ideale dal punto di vista elettrico ai fini delle sezioni di impianto da alimentare. Le SSE previste sono le seguenti: SSE A (Spinaceto), SSE B (Maestrini) e SSE C (Colombo).

Le SSE saranno collegate tra loro mediante una dorsale di MT, di adeguata potenza, alimentata alle due estremità, mediante 2 punti di consegna ACEA, derivati da diverse cabine primarie, in modo da garantire la massima continuità di esercizio del sistema.

Gli impianti e gli apparati previsti all'interno di ciascuna SSE sono i seguenti:

- quadro di Media Tensione (Q\_MT)
- trasformatori di gruppo (TR1 e TR2)
- trasformatori servizi ausiliari (TRS1 e TRS2)
- quadro di Bassa Tensione (Q\_BT)
- quadro in Corrente Continua (Q\_CC)
- impianti luce e forza motrice
- impianto di rilevazione incendi
- impianto antintrusione
- impianto di telecontrollo e telecomando remoto
- impianto antincendio
- impianto di ventilazione.
- rete di terra e collegamenti equipotenziali, cavidotti e vie cavi, linee cavo di alimentazione
- eventuale collegamento con la rete di consegna ACEA MT

La rete in Media Tensione (MT) sarà costituita dagli allacciamenti ACEA presso le 2 SSE di estremità, dall'interconnessione ad anello tra le 3 SSE e dai collegamenti interni alle stesse per l'alimentazione dei trasformatori MT/BT. La struttura delle SSE garantirà margini di ridondanza oltre che per l'alimentazione lato MT anche rispetto alle apparecchiature principali mediante l'installazione di due gruppi di trasformazione / conversione (uno di riserva all'altro), e di due gruppi di trasformazione per l'alimentazione dei servizi ausiliari di SSE.



**Corridoio EUR-Tor de Cenci**

**Variante di tracciato**

### **1.3.1 Dimensionamento di massima del sistema**

Il dimensionamento di massima del sistema di alimentazione della linea di trazione è stato svolto sia in termini di verifica della potenza nominale delle SSE sia in termini di verifica della massima C.d.T. accettabile nelle tratte di bifilare più sfavorite. Inoltre le condutture di alimentazione della linea di contatto rispetteranno i valori massimi di densità di corrente ammissibili.

I dati di input considerati per il calcolo del sistema di alimentazione sono stati i seguenti:

- Lunghezza tratta elettrificata della variante di tracciato in oggetto: 16,5 km (andata e ritorno);
- Frequenza massima dei veicoli nella tratta elettrificata di competenza delle SSE Colombo e Maestrini: 3'
- Velocità commerciale media nella tratta elettrificata di competenza delle SSE Colombo e Maestrini: 27 km/h;
- Frequenza massima dei veicoli nella tratta elettrificata di competenza della SSE Spinaceto: 4'
- Velocità commerciale media nella tratta elettrificata di competenza della SSE Spinaceto: 16 km/h;
- Caratteristiche di massima dei filobus: lunghezza 18 m, peso a pieno carico 30 t circa, potenza specifica continuativa 168 kW, potenza quadratica media 223 kW, massimo assorbimento 600 A
- Numero massimo di veicoli presenti nella tratta elettrificata: 7 (SSE Spinaceto), 3 (SSE Maestrini), 5 (SSE Colombo).

Rispetto alle ipotesi di esercizio considerate nel presente documento, il dimensionamento elettrico considera parametri di input più restrittivi (e cautelativi) in termini di frequenze. Ciò per consentire nell'esercizio pratico una maggiore flessibilità dei servizi in funzione di quelle che saranno le effettive necessità del gestore, non prevedibili a priori. In tale ottica si è estesa a tutta la tratta Nervi-Maestrini l'ipotesi di frequenza a 3', ed è stata raddoppiata la frequenza prevista sul tratto Maestrini-Tor de Cenci.

L'intera tratta elettrificata è stata suddivisa in più sottotratte di lunghezza variabile tra 500 e 1000 m circa.

Dal punto di vista del dimensionamento elettrico la SSE maggiormente sfavorita è la SSE Spinaceto,. Infatti dall'analisi preliminare svolta è stato valutata in 1,42 MW la potenza massima richiesta dalla SSE, confermando pertanto la taglia prevista per i trasformatori di gruppo del progetto approvato (1600 kVA) ed i relativi gruppi di trazione (1500 kW).

Per quanto riguarda la verifica della massima caduta di tensione è risultato l'alimentatore più sfavorito quello SC4, della SSE Colombo, tenuto conto della distanza dalla SSE (1105m) e della lunghezza della tratta alimentata (890m)

Per il calcolo, considerando l'ipotesi della presenza di un filobus all'inizio ed uno alla fine di ogni bifilare (considerati come carichi concentrati posti alla estremità del sezionamento), sono stati adottati per la sezione SC4 i seguenti dati di input:



Corridoio EUR-Tor de Cenci

Variante di tracciato



- Corrente massima sul cavo del circuito di alimentazione del positivo (cavo 1x500 mm<sup>2</sup>, L<sub>p</sub>=1105 m) 750 Vcc: 2400 A (4x600)
- Corrente massima sul conduttore della linea di contatto per ciascun bifilare dal sezionatore di linea al trolley a 750Vcc, L<sub>b</sub>=890 m): 1200 A (2x600)
- Corrente massima sui 4 cavi del circuito di alimentazione negativo per i primi 125 m: 2400 A (4x600)
- Corrente massima sui 2 cavi del circuito di alimentazione negativo per i restanti 980 m: 2400 A (4x600)
- R<sub>t</sub> equivalente in cc del cavo 1x500 mm<sup>2</sup>: 0,0366 Ohm/Km
- R<sub>t</sub> equivalente in cc del conduttore della LdC 1x120 mm<sup>2</sup>: 0,162 Ohm/Km

Il calcolo per la tratta considerata dimostra che la massima caduta di tensione rilevabile alle estremità del trolley è pari a 229 V, inferiore al limite massimo di caduta di tensione di linea pari al 33% della tensione nominale V<sub>n</sub> (250V), come previsto dalla CEI EN 50119.

La densità di corrente sul filo di contatto è pari a  $\delta_{max} = I_{max}/120 = 5,55$  A/mm<sup>2</sup>, inferiore a 6 A/mm<sup>2</sup> massimi previsti.

### **1.3.2 Sistemi di Telecomando e Telecontrollo delle SSE e degli apparati di linea**

La soluzione prevista per il sistema di Telecomando e Telecontrollo degli impianti delle SSE è basata su una struttura modulare, espandibile e ridondata, che utilizza componenti HW e SW di primario fornitore; in particolare, i principali componenti sono:

- pacchetto software SCADA di supervisione;
- controllori programmabili (PLC) ridondati;
- unità remote di input/output (RIO);
- switch ethernet e collegamento ad anello ottico dei moduli di gestione I/O remoti;
- basi di interfaccia con morsettiere;

A livello di architettura del sistema in particolare è previsto:

- utilizzo di un PLC in configurazione ridondata, ovvero si prevedono 2 PLC per ogni SSE. La ridondanza è realizzata accoppiando mediante la rete di comunicazione i due PLC; in questo modo un evento distruttivo del PLC definito "primario" garantirà comunque il controllo della SSE a carico del PLC definito "secondario". Durante la commutazione dalla CPU primaria a quella di riserva nessun comando di SSE sarà interrotto.
- utilizzo di una rete Ethernet Modbus TCP/IP in configurazione ad anello ottico per la gestione dei gruppi di I/O. In questo modo si aumenta il livello di disponibilità delle comunicazioni di sottostazione. L'interruzione della fibra ottica sarà tollerata e non comporterà la perdita della capacità di gestione delle sezioni elettriche di sottostazione.



Corridoio EUR-Tor de Cenci

Variante di tracciato



- ogni "sezione elettrica" dispone di un proprio gruppo di I/O (in funzione della configurazione elettrica di sottostazione e alloggiati nei medesimi quadri elettrici), interfacciato con il PLC ridondato tramite switch ethernet con porte ottiche multimodali. Nel dettaglio, sono previsti i seguenti moduli:

- un gruppo di I/O remoti per: Comparto di MT
- un gruppo di I/O remoti per: Comparto CC
- un gruppo di I/O remoti per: Comparto BT e servizi ausiliari di SSE.

Il sistema di automazione di ciascuna SSE è completo di un sistema di supervisione locale, costituito da PC industriale, connesso alla rete locale mediante rete Ethernet Modbus TCP/IP.

Ciascuna postazione di controllo locale dovrà garantire anche il collegamento con il posto di supervisione centrale esistente, gestito dall'Esercente, al fine di permettere l'allineamento dei dati veloce e sicuro tra posto periferico ed il posto centrale. Infatti il sistema di supervisione e telecontrollo, oltre a permettere il controllo della SSE in locale, consentirà di eseguire le stesse manovre, telecomandate da remoto, attraverso l'interfacciamento con l'attuale sistema di telecomando e controllo dell'Esercente, collocato presso l'esistente Posto Centrale "Policlinico" di Viale del Policlinico 135. Si prevede di realizzare il collegamento dati tramite linea di comunicazione dedicata ADSL presente nelle SSE Spinaceto e Colombo.

I segnali previsti per il sistema di Telecomando e Telecontrollo sono relativi sia alle apparecchiature di campo delle SSE (Quadri MT, BT, CC e sezionatori di linea) che agli impianti speciali dei locali tecnici delle SSE (Antintrusione, Rivelazione incendi).

### **1.3.3 Collegamento in fibra ottica della SSE**

In analogia al progetto definitivo approvato, ed a quanto previsto nella tratta Laurentina – Tor Pagnotta, è prevista la posa di una dorsale di comunicazione realizzata con cavi in fibra ottica, posata all'interno delle polifore interrate costituenti le vie cavi principali lungo linea.

In generale tale collegamento in fibra ottica consentirà:

- La realizzazione di un eventuale collegamento proprietario delle SSE per il telecomando e telecontrollo da posto centrale;
- Il collegamento proprietario fra le 3 SSE per lo scambio dei segnali necessari al coordinamento delle protezioni della rete di alimentazione MT;
- Il collegamento proprietario tra SSE e gli enti di linea (sezionatori della linea aerea) per il loro telecomando e telecontrollo remoto;
- La realizzazione di un'infrastruttura dedicata predisposta per poter realizzare servizi aggiuntivi da parte dell'Esercente (come ad es. videosorveglianza remota).

Per quanto riguarda il sistema di Supervisione e Telecontrollo, come già anticipato, oltre a consentire il controllo delle SSE da locale (attraverso un terminale di tipo industriale installato all'interno delle SSE), questi permetterà di eseguire le stesse manovre, telecomandate, da remoto, attraverso l'interfacciamento con l'attuale sistema di telecomando e controllo



Corridoio EUR-Tor de Cenci

Variante di tracciato

dell'Esercente, collocato presso l'esistente Posto Centrale "Policlinico" di Viale Policlinico 135.

Pertanto, nell'ambito dell'intervento in oggetto saranno incluse, oltre alle attività di realizzazione e messa in servizio del posto periferico di SSE, anche quelle di aggiornamento del Posto Centrale Policlinico, consistenti nell'aggiornamento dei database e delle pagine video per integrazione delle nuove SSE, e nella verifica e battitura dei comandi e controlli anche dal posto centrale.

#### **1.4 Ulteriori attrezzaggi impiantistici**

Conformemente a quanto previsto nel progetto definitivo approvato si ricorda che:

- Nell'ambito dell'intervento in oggetto il progetto e la realizzazione degli interventi relativi all'illuminazione pubblica saranno eseguiti direttamente da ACEA S.p.A;
- Le pensiline di fermata e relativo attrezzaggio (ad es. paline intelligenti) saranno realizzate dall'Esercente; all'interno dell'intervento in oggetto sono state invece previste le realizzazioni delle predisposizioni delle OOCC (pozzetti e vie cavi);
- Infine anche il sistema di semaforizzazione preferenziale sarà realizzato a cura dell'Esercente indipendentemente dal presente intervento.

#### **1.5 Veicoli filoviari**

Il veicolo filoviario che sarà impiegato nella tratta relativa all'intervento in oggetto è stato realizzato con caratteristiche conformi al Progetto Definitivo approvato. I veicoli oggetto di fornitura nell'appalto in corso, hanno sistema di propulsione bimodale, ovvero motore elettrico con captazione della corrente da impianto fisso e generatore alimentato da motore endotermico ecocompatibile per la marcia autonoma.



Corridoio EUR-Tor de Cenci

Variante di tracciato